

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل

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



Mémoire de Fin d'Études en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'état en  
Sciences de la Mer

Option : Gestion et Protection du Littoral

Thème :

Etude d'impact des infrastructures portuaires sur  
le processus hydro-sédimentaire. Cas du port de  
pêche de Sidna Youchaa.W.de Tlemcen

Présenté par :

**BOULANOUAR Heba**

Soutenu le 28/09/2022 devant le jury :

M <sup>f</sup> MEZOUAR. K.	Professeur – ENSSMAL	Président
M <sup>me</sup> ABDEDDAIM. H.	Maitre-conférence B - ENSSMAL	Promotrice
M <sup>f</sup> HATTAB. A.	Ingénieur en chef- LEM	Co-Promoteur
M <sup>f</sup> DAHMANI. A.	Maitre-assistant A- ENSSMAL	Examineur
M <sup>me</sup> SALEM CHRIF. Y.	Doctorante – ENSSMAL	Examinatrice

Année universitaire: 2021-2022

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل

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



Mémoire de Fin d'Études en vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Terre et de l'Univers

Filière : Géologie et Aménagement du littoral

Spécialité : Gestion et Protection du Littoral

Thème :

Etude d'impact des infrastructures portuaires sur  
le processus hydro-sédimentaire. Cas du port de  
pêche de Sidna Youchaa.W.de Tlemcen

Présenté par :

**BOULANOVAR Heba**

Soutenu le 28/09 /2022 devant le jury :

M <sup>r</sup> MEZOUAR. K.	Professeur - ENSSMAL	Président
M <sup>me</sup> ABDEDDAIM. H.	Maitre-conférence B - ENSSMAL	Promotrice
M <sup>r</sup> HATTAB. A.	Ingénieur en chef- LEM	Co-Promoteur
M <sup>r</sup> DAHMANI. A.	Maitre-assistant A- ENSSMAL	Examineur
M <sup>me</sup> SALEM CHRIF. Y.	Doctorante - ENSSMAL	Examinatrice

Année universitaire : 2021-2022

## Remerciements

Tout d'abord, je remercie Allah le tout puissant pour nous avoir donné la santé, le courage et la volonté, pour réaliser ce modeste travail.

Je tiens aussi à remercier les membres du jury :

Je remercie **Mm ABDEDDAIM HAKIMA** d'avoir accepté d'encadrer et de diriger ce mémoire, et lui avoir accordé un intérêt tout au long de son élaboration.

Je remercie mon Co-promoteur, **Mr HATTAB.A** pour son Aide, ses conseils, ses recommandations

Je tiens à remercier **Mr MEZOUAR.K** qui m'a fait l'honneur de présider le jury de cette soutenance et pour ses aides et son soutien.

Je tiens à remercier Mme **SALEM CHERIF.Y** d'avoir pris le temps d'examiner ce travail.

Je tiens à exprimer mes sincères remerciements à **Mr DAHMANI.A** pour ses aides et son soutien, et d'avoir accepté d'examiner ce modeste travail.

Je me remercie mes enseignants, camarades et toute personne de près ou de loin, ayant pu aider à réaliser ce mémoire de fin d'études.

## **Dédicace**

Je dédie ce travail à :

A mes parents, Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour Dont ils ne cessent de me combler et aussi par leurs prières et leurs bénédictions m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études. Que dieu leur procure bonne santé et longue vie.

A mon frère Cheikh et mes sœurs : Bouchra, Leila et Manar.

A mes amis.

A tous ceux qui, par un mot ou une prière, m'ont donné la force de continuer

## Table des matières

Remerciements .....	i
Liste des abréviations : .....	ii
Listes des figures : .....	ii
Liste des tableaux : .....	vi
Liste des Annexes : .....	vii
Introduction générale .....	1
Chapitre I : Généralités .....	3
I.1 Cadre géographique : .....	4
I.2 Cadre géomorphologique : .....	5
I.2.2. les terrasses : .....	5
I.2.3 les collines : .....	5
I.2.4 la côte : .....	5
I.3 Cadre géologique : .....	6
I.4. Cadre sismique : .....	7
I.5. Cadre météorologique .....	8
I.5.1 Climat : .....	8
I.5.2 Température et précipitation .....	9
I.5.3 Vent : .....	11
I.6. Cadre hydrographique : .....	12
I.7. Cadre sédimentologique (sol et végétation) : .....	13
I.8. Cadre océanographique : .....	13
I.8.1 Houle : .....	13
I.8.2 Courants : .....	15
I.8.3 Marée : .....	17
I.9. Facteurs influent sur le site d'étude : .....	17
I.9.1 Impact anthropique : .....	17
I.9.2 Changement climatique : .....	18

Chapitre II : Étude diachronique de l'évolution du trait de côte.....	18
II.1. Introduction :.....	19
II.2. Matériel utilisé :.....	19
II.2.1. Système d'Information Géographique (SIG) :.....	19
II.3. Méthodologie du travail :.....	21
II.4. Présentation et interprétation des résultats obtenus du DSAS :.....	25
II.4.1. Évolution de la ligne de rivage entre 1992 et 2009 :.....	26
II.4.2. Evolution de la ligne de rivage entre 2009 et 2013 :.....	27
II.4.3. Evolution de la ligne de rivage entre 2013 et 2017 :.....	28
II.4.4. Evolution de la ligne de rivage entre 2017 et 2021 :.....	29
II.4.5. Analyse du bilan sédimentaire :.....	30
II.4.6. Conclusion:.....	31
Chapitre III : modélisation numérique du système hydro-sédimentaire de la zone d'étude ....	34
III.1. Introduction :.....	35
III.2. Méthode adoptée:.....	35
III.2.1. Etude bathymétrique :.....	35
III.2.2. Etude hydrodynamique :.....	36
III.3. Matériel utilisé :.....	38
III.3.1. Description du logiciel de calcul Mike Zéro :.....	38
III.3.2. Description du modèle de simulation MIKE21 :.....	39
III.2.3 Etude bathymétrique :.....	44
III.3. Résultats et discussions :.....	51
III.b. Période hivernale :.....	53
III.c. Période estivale :.....	57
III.a. Commentaire :.....	62
III.b. Période hivernale :.....	62
III.c. Période estivale :.....	66
III.4. Conclusion :.....	70
Chapitre IV : Impact des infrastructures et proposition des solutions.....	71
IV .1 Introduction :.....	72

IV.2 Historique du port : .....	72
IV.3 Impact de la construction du port : .....	74
IV.4 Techniques et solutions dures de protection du littoral :.....	74
IV.4.1. Méthode et solutions envisageables .....	74
IV.4.1.1. Stabilisateurs des fonds : .....	74
IV.5. Techniques et solutions souples de protection du littoral.....	75
IV.5.1. Méthodes souples .....	75
IV.5.1.1. Le rechargement de plage : .....	75
IV.5.2. Méthode et solutions souples envisageables : .....	76
IV.5.2.1. Le « by-passing » ou le rétablissement du transit littoral : .....	76
IV.5.3. Application de la loi littorale 02-02 : .....	76
Conclusion générale .....	78
Références Bibliographiques .....	81
Annexes .....	85

## **Liste des abréviations :**

**DHI:** Institut Hydraulique Danois

**DSAS:** Digital Shoreline Analysis System

**EPR:** End Point Rate

**GPS:** Global Positioning System

**HD:** (Hydrodynamic model) module d'hydrodynamisme

**Hs:** Hauteur significatives

**LEM:** laboratoire des études maritimes

**SIG :** système d'information géographique

**ST :** (Sand Transport model) module du transport sédimentaire

**SW:** (Spectral Waves model) module des ondes spectrales

**WGS 84 :** World Geodetic System 1984 (système géodésique mondial révision de 1984)

## Listes des figures :

### Chapitre I : Généralités

<b>Figure I- 1</b> : Situation géographique de la zone d'étude à partir d'une image satellitaire (SasPlanet). .....	4
<b>Figure I- 2</b> : Extrait de la carte géologique de la région de Tlemcen ( <b>LEM</b> ).....	6
<b>Figure I- 3</b> : carte d'intensité maximum de séisme observée en Nord d'Algérie ( <b>d'après Bezzeghoudetal.,1996</b> ).....	8
<b>Figure I- 4</b> : Classification de l'étage bioclimatique de la zone de SidnaYouchaa ( <b>LEM</b> ). .....	9
<b>Figure I- 5</b> : Variation des températures moyennes mensuelles (2017-2021). .....	10
<b>Figure I- 6</b> : Carte en isohyète de la région de Tlemcen ( <b>LEM,2016</b> ).....	11
<b>Figure I- 7</b> : la rose du vent (Puerto del estado). .....	12
<b>Figure I- 8</b> Carte du sous bassin versant d'Oued Moula ( <b>LEM,2016</b> ). .....	12
<b>Figure I- 9</b> : Carte de répartition spatiale de la médiane ( <b>LEM, 2016</b> ).....	13
<b>Figure I- 10</b> : Schéma représentatif de la houle à l'approche du littoral (plage barrée) ( <b>Kubler H et Sarlat O.,1998</b> ). .....	14

### Chapitre II : Étude diachronique de l'évolution du trait de côte

<b>Figure II- 1</b> : Certaines fonctionnalités de l'extension Arc-Map du logiciel Arc-Gis 10.3. ....	19
<b>Figure II- 2</b> : Barre d'outils de l'extension DSAS. ....	20
<b>Figure II- 3</b> : Digitalisation des traits de cote selon différentes périodes entre 1992 et 2021 (absence du port). .....	22
<b>Figure II- 4</b> : Digitalisation des traits de cote selon différentes périodes entre 1992 et 2021 (présence du port). .....	22
<b>Figure II- 5</b> : capture de la géodatabase personnelle.....	23
<b>Figure II- 6</b> : Carte représente la ligne de base par rapport à la zone tampon. ....	23
<b>Figure II- 7</b> : Fenêtre de dialogue de la création des transects sur logiciel ArcGIS/extension Dsas. ....	24
<b>Figure II- 8</b> : Transects et traits de côte de 1992, 2009, 2013, 2017, 2021. ....	24
<b>Figure II- 9</b> : Étapes de la méthodologie de suivi du trait de côte ( <b>OTMANI et al., 2019</b> , modifiée). .....	25
<b>Figure II- 10</b> : Evolution du trait de côte entre 1992 et 2009 mesurée par l'outil DSAS. ....	26
<b>Figure II- 11</b> : Evolution du trait de côte entre 2009 et 2013 mesurée par l'outil DSAS. ....	27
<b>Figure II- 12</b> : Evolution du trait de côte entre 2013 et 2017 mesurée par l'outil DSAS. ....	28
<b>Figure II- 13</b> : Evolution du trait de côte entre 2017 et 2021 mesurée par l'outil DSAS. ....	29
<b>Figure II- 14</b> : Carte représente l'évolution du bilan surfacique sédimentaire entre 1992 et 2021. ....	30
<b>Figure II- 15</b> : Bilan sédimentaire surfacique du la plage de Sidna Youchaa entre.....	31

## **Chapitre III : Modélisation numérique du système hydrosédimentaire de la zone d'étude**

<b>Figure III- 11</b> : Circulation générale de surface dans la mer méditerranée (d'après millot et taupier-letage, 2005). .....	17
<b>Figure III- 2</b> : Organigramme résumant l'étude bathymétrique. ....	36
<b>Figure III- 3</b> : Le concept du modèle de MIKE Spectral Waves FM. ....	38
<b>Figure III- 4</b> : Interface du logiciel Mike21. ....	39
<b>Figure III- 5</b> : Maillage triangulaire flexible adaptée au domaine de calcul (absence du port). .....	42
<b>Figure III- 6</b> : Maillage triangulaire flexible adaptée au domaine de calcul (présence du port). .....	43
<b>Figure III- 7</b> : Carte montre les points de la mesure de la bathymétrie dans la commune de Sidna Youchaa (LEM, 2006). ....	44
<b>Figure III- 8</b> : profils de la bathymétrie. ....	45
<b>Figure III- 9</b> : Bathymétrie de la commune littoral d'el GHAZAOUET, réalisée a par des un fichier XYZ de la bathymétrie réalisé par un relevé terrain par le LEM en 2006. ....	46
<b>Figure III- 10</b> : Carte des positions des échantillons prélevés (LEM,2016). ....	47
<b>Figure III- 11</b> : Répartition spatiale Médiane D50 (LEM, 2016). ....	48
<b>Figure III- 12</b> : Plage de SidnaYouchaa constitué de sable et de galets. ....	48
<b>Figure III- 13</b> : Répartition des pélites dans la zone d'étude (LEM, 2016). ....	49
<b>Figure III- 14</b> : Approche méthodologique de la modélisation par les codes MIKE 21.....	50
<b>Figure III- 15</b> : La série temporelle (Puerto del estado). ....	51
<b>Figure III- 16</b> : Représentation de la propagation des houles de secteur NW. ....	54
<b>Figure III- 17</b> : Zoom de la représentation de la propagation des houles de secteur NW. ....	54
<b>Figure III- 18</b> : Représentation du transport sédimentaire induit par les houles de secteur NW. ....	55
<b>Figure III- 19</b> : Zoom de la représentation du transport sédimentaire induit par les houles de secteur NW. ....	55
<b>Figure III- 20</b> : Représentation du transport sédimentaire induit par les houles de secteur NW. ....	56
<b>Figure III- 21</b> : Zoom de la représentation du transport sédimentaire induit par les houles de secteurNW. ....	56
<b>Figure III- 22</b> : Représentation de la propagation des houles de secteur NW.: ....	58
<b>Figure III- 23</b> : Zoom de la représentation de la propagation des houles de secteur NW. ....	58
<b>Figure III- 24</b> : Représentation du champ du courant induit par les houles de secteur NW. ...	59
<b>Figure III- 25</b> : Zoom de la représentation du champ du courant induit par les houles de secteur NW. ....	59
<b>Figure III- 26</b> : Représentation du transport sédimentaire induit par les houles de secteur NW. ....	60
<b>Figure III- 27</b> : Zoom de la Représentation du transport sédimentaire induit par les houles de secteur NW. ....	60
<b>Figure III- 28</b> : Représentation de la propagation des houles de secteur NW. ....	63
<b>Figure III- 29</b> : Zoom de représentation de la propagation des houles de secteur NW. ....	63

<b>Figure III- 30</b> : Représentation du champ du courant induit par les houles de secteur NW. ...	64
<b>Figure III- 31</b> : Zoom de la représentation du champ du courant induit par les houles de secteur NW.....	64
<b>Figure III- 32</b> : Représentation du transport sédimentaire induit par les houles de secteur NW. ....	65
<b>Figure III- 33</b> : Zoom de la représentation du transport sédimentaire induit par les houles de secteur NW.....	65
<b>Figure III- 34</b> : Représentation de la propagation des houles de secteur NE. ....	67
<b>Figure III- 35</b> : Zoom de représentation de la propagation des houles de secteur NE.....	67
<b>Figure III- 36</b> : Représentation du champ du courants induit par les houles de secteur NE. ...	68
<b>Figure III- 37</b> : Zoom de la Représentation du champ du courant induit par les houles de secteur NE.....	68
<b>Figure III- 38</b> : Représentation du transport sédimentaire induit par les houles de secteur NE. ....	69
<b>Figure III- 39</b> : Zoom de la représentation du transport sédimentaire induit par les houles de secteur NE.....	69

## **Chapitre IV : Impact des infrastructures et proposition des solutions**

<b>Figure IV- 1</b> : Situation géographique du port de SidnaYouchaa à partir d'une image satellitaire (SasPlanet) .....	73
<b>Figure IV- 2</b> : Type de solutions d'aménagement selon l'occupation côtière (ULCO, 2021). ....	75
<b>Figure IV- 3</b> : Photo de la partie ouest de la plage de SidnaYouchaa (prise par moi) .....	76
<b>Figure IV- 4</b> : Carte de répartition des habitations selon l'action à entreprendre par rapport à leur proximité de la ligne du rivage de village de SidnaYouchaa.....	77

## Liste des tableaux :

### Chapitre I : Généralités

<b>Tableau I- 1</b> : tableau présente les moyennes arithmétiques de la température interannuelle de la station de Ghazaouet codé (040106).....	9
<b>Tableau I- 2</b> : Données de vent enregistrées à la station climatique de GHAZAOUAT. ....	11

### Chapitre II : Étude diachronique de l'évolution du trait de côte

<b>Tableau II- 1</b> : Classification des valeurs changement du trait de côte à partir du paramètre EPR (Nassar K et al., 2018).....	21
--	----

### Chapitre IV : Impacte des infrastructures et proposition des solutions

<b>Tableau IV- 1</b> : Caractéristiques du port de Sidna Youchaa .....	74
--	----

## Liste des Annexes :

<b>Annexe-Tableau 1:</b> Variation des températures (minimales, moyennes, maximales) et la précipitation à Ghazaouet entre 2012 et 2022 (PUERTO DEL ESTADO).....	85
<b>Annexe-Tableau 2 :</b> La fiche technique du projet du la réalisation du port. ....	89
<b>Annexe-Tableau 3 :</b> Les coordonnées géographiques des stations de prélèvement avec le pourcentage des particules fines et le diamètre de grain moyen de la zone d'étude.....	91
<b>Annexe-Figure 1 :</b> Caractéristiques du port Sidna Youchaa. ....	90

# **Introduction générale**

## **Introduction générale**

Le littoral n'est pas seulement le rivage des océans, c'est aussi le point de contact entre les trois compartiments terrestres à savoir l'hydrosphère, la lithosphère et l'atmosphère. En ce point, les lois physiques de chacun des compartiments se cumulent et interagissent, l'étude de ce milieu devient plus complexe. C'est aussi un milieu très dynamique, la force des vagues et la vigueur des courants en témoignent, et le rendent parfois hostile et dangereux pour l'Homme. Pour cela, des études et des recherches sont alors entreprises pour une meilleure compréhension du fonctionnement du système littoral, prenant en considération la complexité des pressions qu'il les soumet et leurs influences sur les différents patrimoines de ce domaine (**CERTAIN, 2002**).

Le système côtier comprend une série de sous-systèmes interdépendants caractérisés par des paramètres et des processus variés à l'interface entre une unité morphologique et un agent dynamique. L'état particulier d'un système peut être défini par des paramètres clefs tels que la morphologie et la forme. Un des exemples les plus clairs d'une telle approche morpho dynamique appliquée aux études littorales a été la reconnaissance d'états des plages qui peuvent être définis en fonction de la forme du littoral, plage de la plage de la pac composition infrastructures sur d'autres paramètres (**Wright et Short, 1984**).

Les interactions de ces agents avec le substrat génèrent une grande diversité de courants et de flux conditionnant des mouvements sédimentaires qui se manifestent à plusieurs échelles spatio-temporelles. Ces interactions définissent la disponibilité du sédiment et sa dynamique de dépôt/ érosion. Le budget sédimentaire du littoral influence in fine les fluctuations de la ligne de rivage (**AMROUNI, 2008**).

A travers ce travail on va dresser un bilan général détaillé sur l'évolution du littoral de la zone de Sidna Youchaa vis-à-vis des impacts des infrastructures (port de pêche) sur le secteur ainsi que sur les activités anthropiques.

La côte de Sidna Youchaa de la Wilaya de Tlemcen a connu ces dernières années un problème d'accumulation et d'occupation de sol, ces dernières sont inévitables à toutes les échelles (locale, régionale, internationale, nationale).

Dans ce mémoire, nous répondons à deux questions qui sont à la base de la réalisation de cette recherche :

Quel est l'impact des infrastructures placées dans la zone côtière de Sidna Youchaa sur la dynamique des sédiments?

Quelles sont les décisions et les solutions envisageables pour orienter l'évolution de la situation vers un état durable ?

Une recherche bibliographique a été consacrée pour amasser le plus d'informations possible sur les travaux et recherches effectuées sur la zone d'étude (Ouvrages, Thèses de fin d'études, Articles Scientifiques,..) ainsi qu'une récoltes de différentes données dans plusieurs établissement et organismes étroitement liés aux travaux de gestion du littoral (E.N.S.S.M.A.L, S.O.G.R.E.A.H, L.E.M, ...).

La réalisation de ce mémoire s'est articulée sur quatre chapitres en commençant par une introduction générale et terminant par une conclusion générale, concernant le :

**Premier chapitre** est réservé à la présentation de la zone choisie pour la réalisation de ce mémoire. Cette zone est définie par son contexte géographique, géomorphologique, géologique, sismique, Météorologique, hydrographique, sédimentlogique et enfin océanographique.

**Second chapitre** est consacré à l'évolution diachronique du trait de côte.

**Troisième chapitre** vise à appliquer la modélisation numérique pour simuler le processus hydrosédimentaire de la zone d'étude.

**Quatrième chapitre**, son objectif est de cerner les impacts des infrastructures portuaires et de proposer des solutions d'aménagement.

# **Chapitre I : Généralités**

## I.1 Cadre géographique :

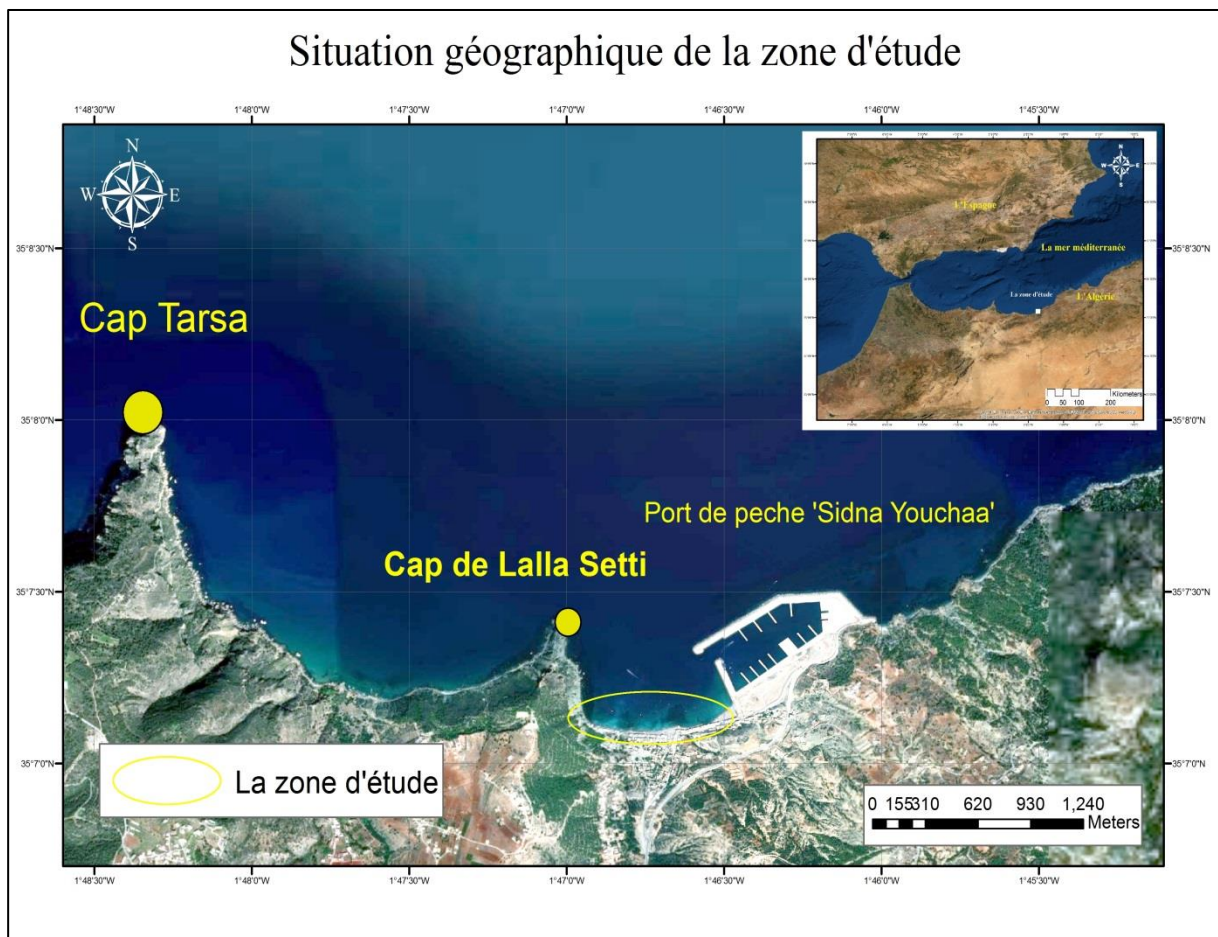
La zone d'étude est localisée dans la commune de DAR YAGHMORASSENE, à l'Est de la ville de Ghazaouat (wilaya de Tlemcen) occupée par une population qui a atteint en (*Statistiques RGPH 2008*) 6277 habitants pour une densité de 108 habitant/Km<sup>2</sup>.

C'est une zone littorale dans un village appelé Sidna Youchaa, considéré comme une station balnéaire et qui s'étend sur environ 1 kilomètre de côte.

Elle se compose essentiellement d'une plage d'une longueur de 800 mètres environ, à l'ouest du nouveau port de pêche, surplombée par une grotte appelée « Ghar Benmeni ».

Le périmètre d'étude est encadré par les coordonnées géographiques suivantes :

- Longitude entre  $1^{\circ}47'2.22''O$  et  $1^{\circ}45'55.48''O$ .
- Latitude entre  $35^{\circ}7'25.11''N$  et  $35^{\circ}7'2.86''O$ .



**Figure I- 1** : Situation géographique de la zone d'étude à partir d'une image satellitaire (SasPlanet).

## **I.2 Cadre géomorphologique :**

L'aspect morfo-pédologique peut mettre en évidence les contraintes majeures liées aux sols. De part son appartenance aux monts des Traras, l'espace communal de Dar Yaghmourassene reste dominé quasi intégralement par un relief montagneux.

On peut citer les unités morfo-pédologiques suivantes :

### **I.2.1. les versants :**

Cette Unité prédomine le paysage montagneux notamment à l'Est et au Sud de la zone d'étude, avec des sols hétérogènes et généralement peu profonds, alternant les sols très dégradés (à sub-affleurement rocheux) aux sols peu profonds, humifères, stabilisés sans couvert forestier.

### **I.2.2. les terrasses :**

Couvre les terrasses alluviales formées le long de la partie aval de Oued Moula en discontinuité avec des sols profonds limono-argileux, non caillouteux.

### **I.2.3 les collines :**

Cette unité se rapproche de l'unité à relief montagneux mais à déclivité relativement moins importante, avec des sols hétérogènes alternant les sols calcaires caillouteux avec des sols rouges plus profonds. Cette unité couvre une partie de la région Ouest et Sud-ouest de la commune.

D'une manière générale, la zone d'étude est touchée par l'érosion hydrique qui connaît une action très intense.

En final, l'aspect régional du relief de notre zone d'étude se caractérise par de petites entités topographiques dont les plus répandues sont les systèmes de versants.

### **I.2.4 la côte :**

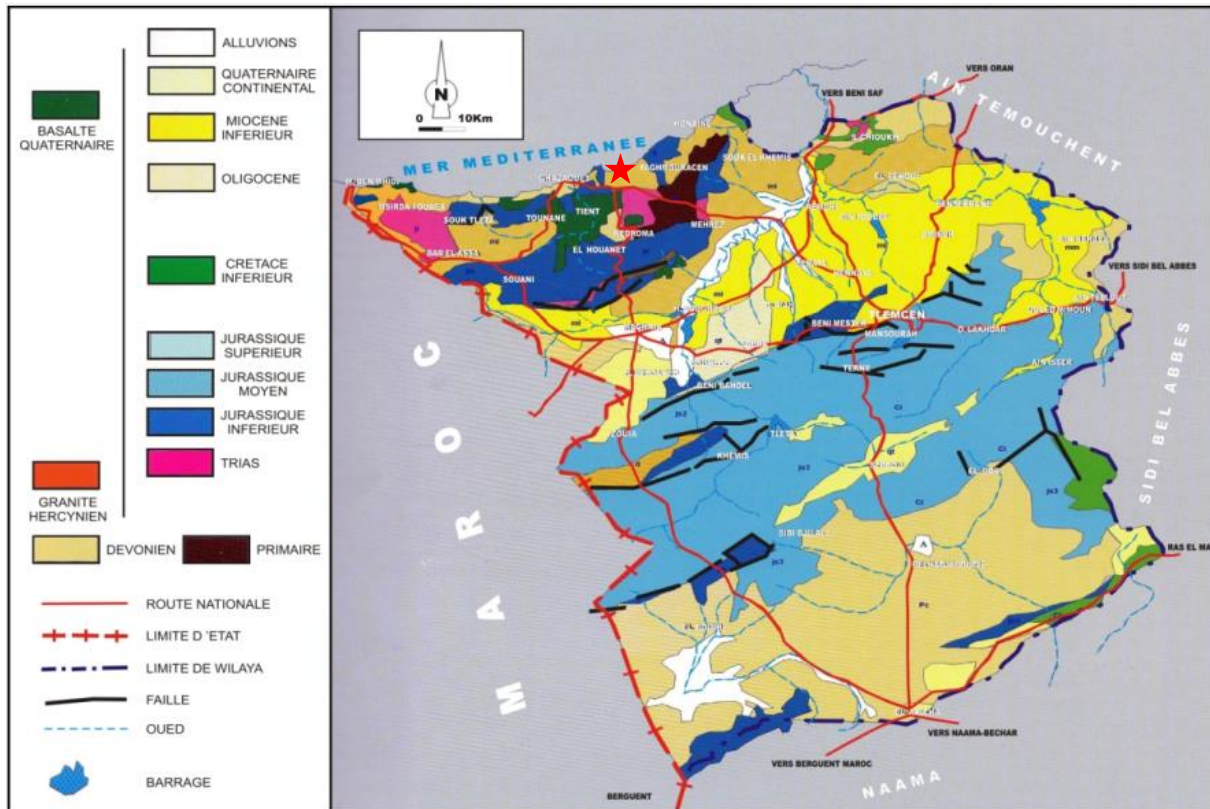
On distingue deux types de morphologies côtières sur la zone d'étude du rivage de Sidna Youchaa : les falaises et la plage.

- les falaises : Ces falaises sont entaillées dans des marnes du Miocène. Particulièrement sensibles, elles sont influencées par la gravité et l'infiltration d'eau et sont propices aux éboulements.

- la plage : d'une longueur d'environ 800 mètres, la plage de Sidna Youchaa et d'une dizaine de mètres de largeur, c'est une plage à hydrodynamisme moyen, sableuse dans une partie et à galet sur l'autre, élaborée avec des matériaux autres que la vase des sables fins enclavé entre la falaise et le nouveau port, positionnée à l'Est de l'embouchure de oued moula (LEM,2016).

### I.3 Cadre géologique :

La région de Ghazaouet et de SidnaYouchaa est située à l'extrémité occidentale du Tell méridional constitué par le massif des Traras. Les monts de Traras et la bande côtière de Ghazaouet font partie du domaine externe de l'orogénèse Nord Magrébin.



**Figure I- 2 :** Carte géologique de la wilaya de Tlemcen (extrait de la carte géologique d'Algérie, Ech. 1/500 000 ; modifié).

La zone sud comprend la chaîne de Fllaoucène, qui présente une série stratigraphique à peu près complète des schistes primaires aux calcaires du jurassique supérieur. Les épaisseurs des formations calcaires secondaires en font un petit château d'eau régional.

La zone centrale s'appuie à l'Est sur un petit batholite de granite dit « de Nedroma » ayant servi de matériau de base à une formation de poudingue d'âge permo-triasiques (des beniMenir). C'est une roche très dure dans laquelle il est particulièrement difficile d'effectuer des captages. Quelques petites sources en sont issues. Cette formation disparaît ensuite sous des épanchements basaltiques. Vers l'Ouest se trouve un bassin miocène dont seul le centre est susceptible de contenir une petite nappe (de Sidi Brahim à Bab El Assa).

Une zone côtière, qui est en fait le déplacement vers le sud et par chevauchement sur la zone précédente, de formations originellement situées à l'emplacement de la mer actuelle.

Les formations déplacées comprennent des lambeaux de trias de faciès germanique (marne, gypse, dolomie et roche verte) ayant servi de plan de glissement. Ils sont surmontés de lias calcaire (calcaires massifs parfois entrecoupés de schistes), puis de formations schisteuses attribuées au jurassique supérieur et au crétacé. De plus, quelques grès tertiaires transgressifs subsistent au voisinage même de la côte.

Enfin des épanchements basaltiques sont venus couronner l'ensemble à la suite des mouvements tectoniques.

A partir de la carte géologique de l'Algérie, nous avons procédé à établir une esquisse géologique. Cette esquisse, nous a permis d'observer les formations géologiques suivantes, des plus récentes aux plus anciennes.

- **Quaternaire** : représenté par des alluvions, gravier, sable, argile (terrains meubles) s'étendant sur la partie Ouest de cap Tarsa à l'ouest de la zone d'étude.

- **Tertiaire** : représenté par des marnes et grès du miocène moyen, ce faciès se trouve en grande partie à l'Est de la zone de Sidna Youchaa.

On note aussi la présence d'intrusions magmatiques constituées de Basalte et tuf datant du mio-pliocène.

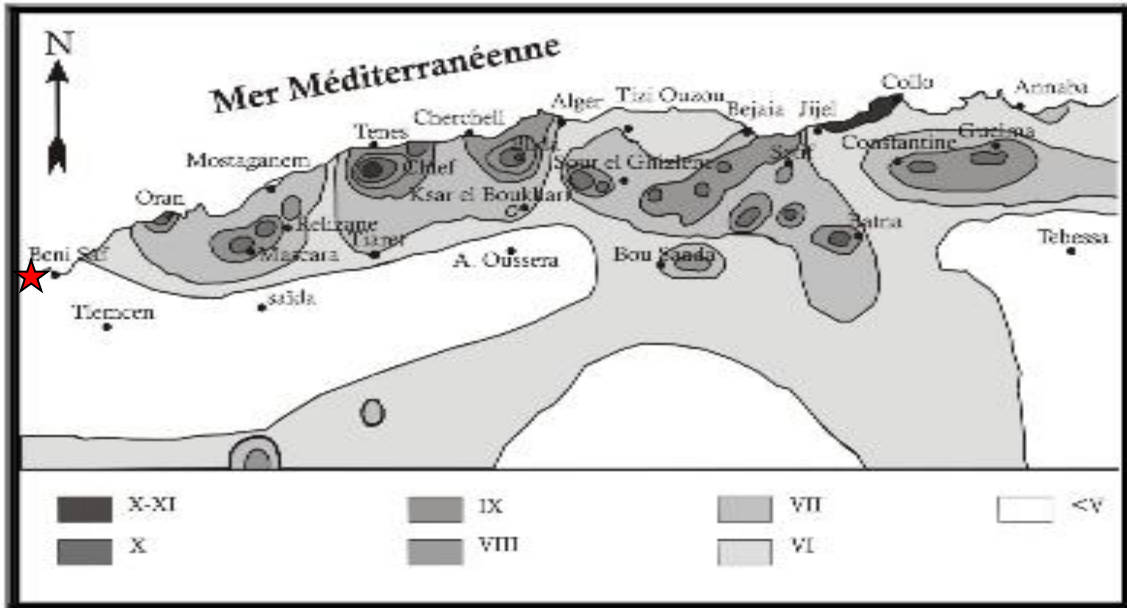
- **Secondaire** : représenté par des calcaires à silex et dolomie datant du jurassique.

Enfin, on note que les terrains en amonts de la zone d'étude sont très accidentés ainsi que, la présence de failles bien déterminées et qui séparent bien les faciès d'aires géologiques (LEM,2016).

#### **I.4. Cadre sismique :**

La première station de surveillance (technique) avait été installée au sein du barrage de Mafrouche entre 1978 et 1992 mais elle ne permettait pas de percevoir avec précision l'activité sismique réelle de la région. Les premières installations de la station sismologique GEOTECH par l'I.M.P.G.A à Tlemcen (Barrage d'Oued Fodda) en 1976.

Jusqu'à l'heure actuelle, aucune secousse sismique de forte magnitude dans la région de la wilaya de Tlemcen n'a été enregistrée.

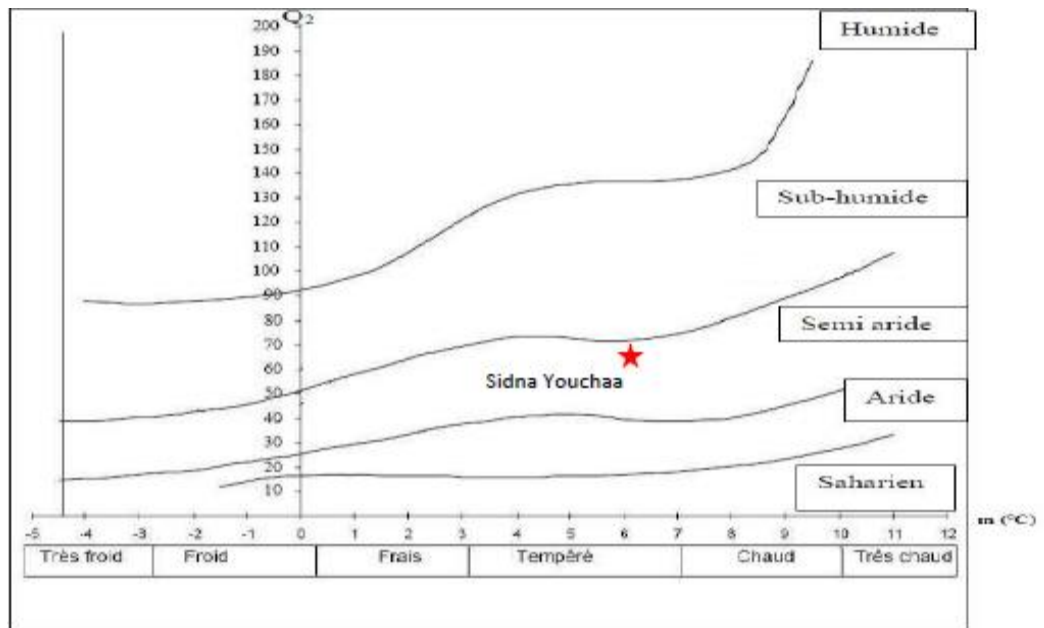


**Figure I- 3** : carte d'intensité maximum de séisme observée en Nord d'Algérie (d'après **Bezzeghoudetal.,1996**)

## I.5. Cadre météorologique

### I.5.1 Climat :

La région d'étude est soumise à l'influence conjuguée de la mer et du relief, elle présente un climat de type méditerranéen caractérisé par une saison hivernale tempérée et qui s'étale de la fin de l'automne jusqu'au début du printemps avec une irrégularité de la pluviométrie, et par une saison estivale chaude et sèche qui s'étend de la fin du printemps jusqu' à la fin de l'automne caractérisé par le manque de précipitation. Elle appartient à l'étage bioclimatique semi-aride (**SERKANE, 2013**).



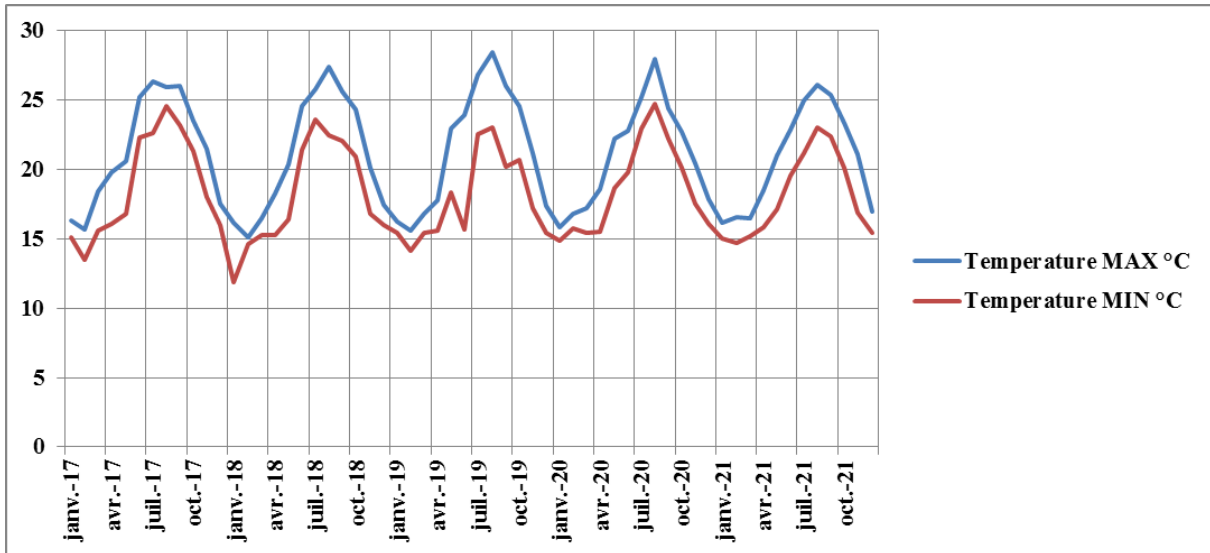
**Figure I- 4** : Classification de l'étage bioclimatique de la zone de Sidna Youchaa (LEM,2016).

### I.5.2 Température et précipitation

D'après l'ouvrage : Evaluation de la performance des barrages de protection contre les inondations cas de la ville de Ghazaouet « Université de Tlemcen », la température moyenne mensuelle varie entre 5 °C et 29.8°C, avec une moyenne annuelle de 18.12 °C.

**Tableau I- 1** : tableau présente les moyennes arithmétiques de la température interannuelle de la station de Ghazaouet codé (040106).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Moy
Minima	19.1	15.0	10.3	7.0	5.0	7.8	11.4	12.2	15.3	19.0	21.7	22.4	13.9
Maxima	27.1	22.5	20.9	19	17.1	17.7	19.0	21.3	22.8	24.5	27.3	29.8	22.4
T° Moy	23.1	18.8	15.6	13	11.1	12.8	15.2	16.8	19.1	21.8	24.5	26.1	18.8



**Figure I- 5** : Variation des températures moyennes mensuelles (2017-2021).

La variation des températures moyennes mensuelles de la région de Ghazaouet montre que le mois de Janvier est le mois le plus froid de l'année avec une température de 11°C et le mois d'Aout est le mois le plus chaud avec une température de 26°C. La température moyenne annuelle du bassin est de 18°C.

La région de Ghazaouet est caractérisée par une irrégularité spatiotemporelle de la pluviométrie avec une succession alternée des périodes sèches et humides. La carte pluviométrique de la figure 14 montre que la région de Ghazaouet et de SidnaYouchaa est située entre les isohyètes 300 mm et 400 mm (**LEM,2016**).

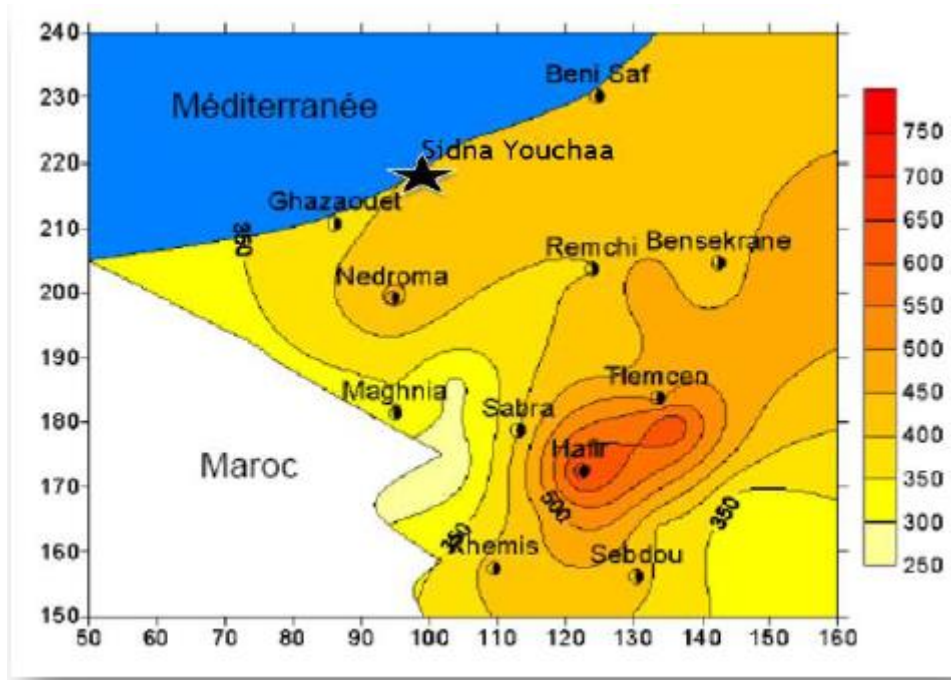


Figure I- 6 : Carte en isohyète de la région de Tlemcen (LEM,2016).

### I.5.3 Vent :

Les données disponibles sont celles de la station de Ghazaouet. Elles ne reposent que sur la mesure de la vitesse.

Tableau I- 2 : Données de vent enregistrées à la station climatique de GHAZAOUAT.

mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout
Vent m/s	2.25	2.06	1.82	1.65	1.74	1.80	1.93	2.15	2.36	2.41	2.28	2.05

La vitesse moyenne du vent dans la région étudiée est de l'ordre de 2.04 m/s. cette valeur est relativement constante au cours de l'année, cependant elle est plus forte en été (2.41 m/s), alors qu'elle diminue en hiver jusqu'à 1.65 m/s en décembre.

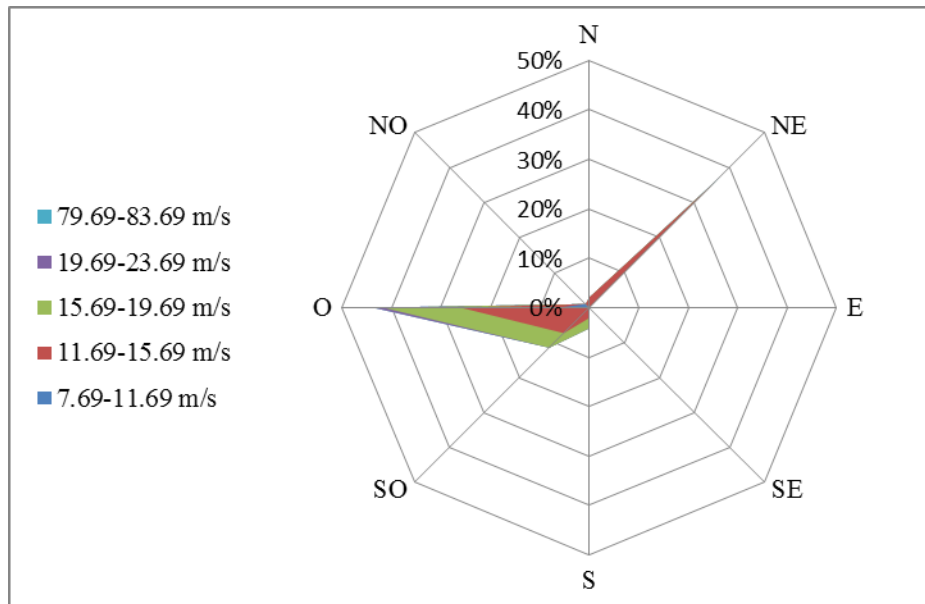


Figure I- 7 : la rose du vent 2014-2021 (Puerto del estado).

### I.6. Cadre hydrographique :

L'hydrographie de la localité de Sidna Youchaa est caractérisée par un thalweg principal « Moula » à écoulement important et à régime irrégulier formant un cours d'eau qui se caractérise par un large lit et une pente moyenne. Ce cours d'eau se localise à l'ouest du port de pêche, la menace d'inondation du site du port provient des cours d'eau où les exutoires déversent au niveau des terre-pleins du port (LEM,2016).



Figure I- 8 Carte du sous bassin versant d'Oued Moula (LEM,2016).

### I.7. Cadre sédimentologique (sol et végétation) :

Les sols dans la région de Sidna Youchaa peuvent être subdivisés en trois classes :

- les sols calcaires couvrant une grande partie du bassin où se développent une arboriculture non irriguée et un élevage de montagne.
- Les sols constitués par des croûtes calcaréo-gréseuses ou marno-gréseuses ainsi que des argiles de décalcification où l'on retrouve un couvert forestier bien développé. La végétation dans le bassin reste étroitement liée à la pluviométrie.

En effet, dans la troisième classe « secteur Sud », les zones en cours de reboisement. L'érosion, correspond à la partie du bassin où la pente dépasse 25%. Celle-ci constituerait une zone où l'activité érosive serait très importante.

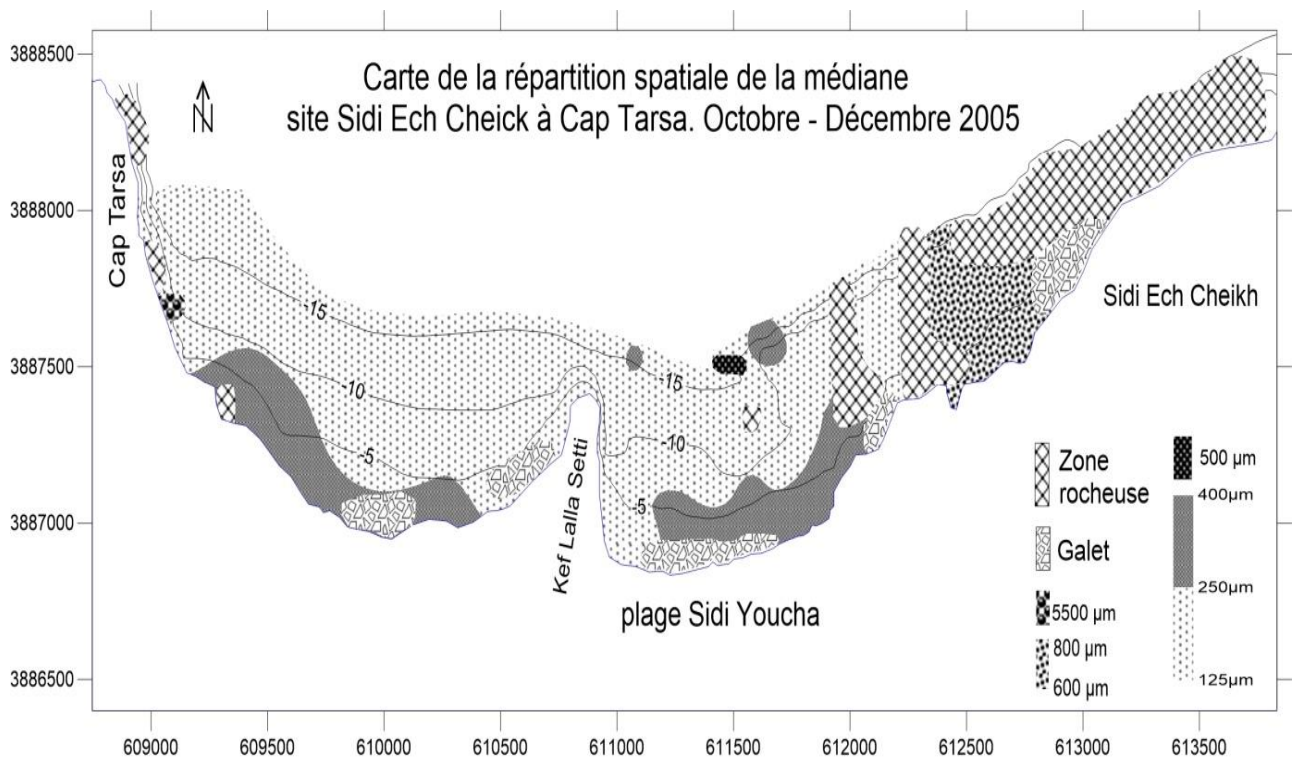


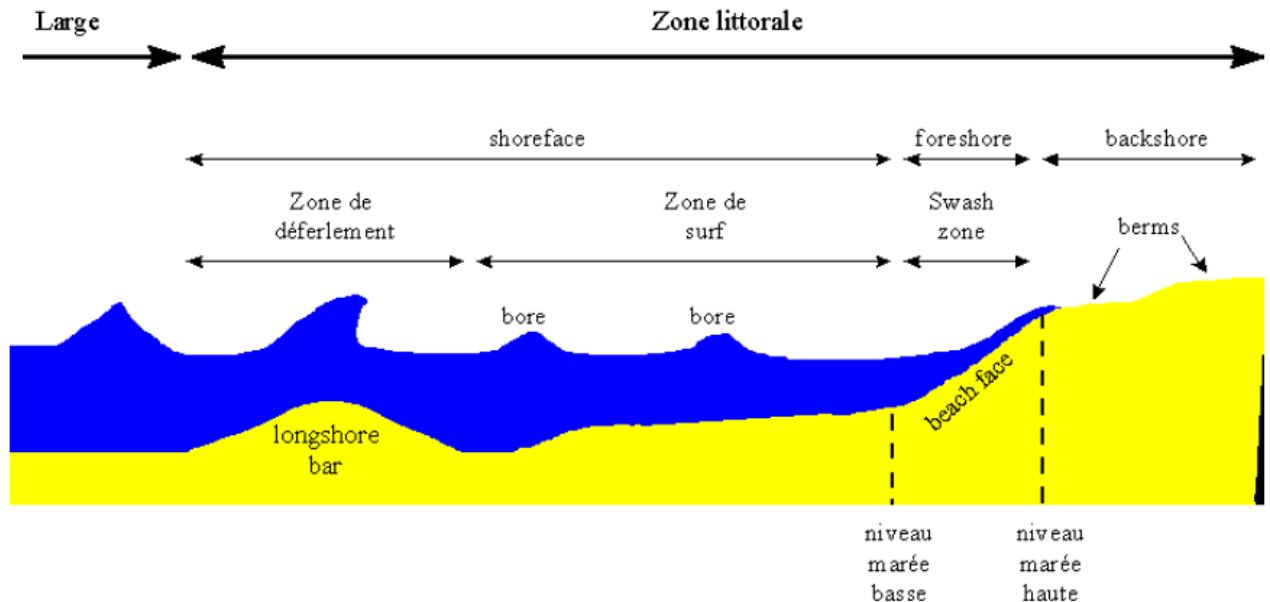
Figure I- 9 : Carte de répartition spatiale de la médiane (LEM, 2016).

### I.8. Cadre océanographique :

#### I.8.1 Houle :

La surface de la mer présente généralement une suite indéfinie d'ondulations parallèles presque identiques qui se propagent de façon sensiblement uniforme vers le rivage. On appelle *houle* cet ensemble d'ondulations ou de vagues.

La houle est le facteur le plus important dans la dynamique sédimentaire des petits fonds, la direction de propagation de la houle est liée à celle du vent, tant que la profondeur est supérieure à la longueur d'onde de la houle (**BONNEFILLE, 1992**).



**Figure I- 10** : Schéma représentatif de la houle à l'approche du littoral (plage barrée) (**Kubler H et Sarlat O.,1998**).

Les données sont tirées du manuel Summary of Synoptic Meteorological Observations (S.S.M.O) de l'US.NAVAL WEATHER-SERVICE s'étalant de 1963 à 1970 au large d'Oran. Ces données de houle sont analysées trimestriellement, semestriellement et annuellement.

➤ **Analyse trimestrielle :**

- **Durant le trimestre hivernal**, les houles proviennent essentiellement des secteurs SW, de l'Ouest et du NE où elles représentent respectivement 26.13 %, 21.61 % et 17.75 %. La fréquence d'apparition des autres secteurs n'excède pas les 10 %.

Il a été observé suivant les secteurs NE, Nord et SW respectivement : 0.43, 0.36, et 0.30 % de houle dont la hauteur est supérieure à 4 m. Pour les autres secteurs, les hauteurs des houles observées sont égales ou inférieures à 4 m. L'état calme représente 13.73 % des observations.

- **Pendant le trimestre printanier**, les houles prédominantes sont de direction : SW pour 24.76 %, NE pour 18.36 %, et Ouest pour 17.88 % des observations, alors que les fréquences des houles des autres secteurs n'excède pas 9.29 %.

Les houles d'Ouest (0.26%), d'Est (0.20 %) et de SW (0.13 %) atteignent des hauteurs supérieures à 4 m. L'état calme représente 13.67 % des observations.

- **Durant le trimestre estival**, les houles de NE (32.65%), d'Est (15.68 %) et de SW (14.95 %) sont prédominantes. La fréquence d'apparition des houles suivant chacune des autres directions est inférieure à 11 %.

A l'exception des houles de NE et de SW, les houles présentent des hauteurs inférieures ou égales à 4 m. Les calmes représentent 14.98 % des observations.

- **Durant le trimestre automnal**, on notera la prédominance des houles de NE (28.28 %), d'Est (15.59%) d'Ouest (14.50 %).

Des hauteurs supérieures à 4 m sont observées pour les houles venant de secteurs SW (0.16 %), d'Ouest (0.13 %) et d'Est (0.8 %). L'état calme représente 11.7 % des observations.

➤ **Analyse semestrielle :**

- **Durant la période hivernale**, les houles dominantes proviennent des secteurs SW (25.43 %), Ouest (19.74 %) et NE (18.04 %). Les houles de SE, Sud et NE présentent des hauteurs inférieures à 3 m. Pour les autres secteurs, la fréquence des houles ne dépassent pas 9.59 %. Les calmes pour ce semestre représentent 13.7 % des observations.
- **Durant la période estivale**, les houles dominantes proviennent des secteurs NE (30.42 %), de l'Est (15.63 %), du SW (14.72 %) et de l'Ouest (11.05 %) ; c'est pour ces quatre directions précitées que sont notées des amplitudes de houle supérieures à 4 m. Les houles de SE, présentent des hauteurs de 3 m, alors qu'en semestre hivernale elles n'excèdent pas 2 m. L'état calme pour ce semestre représente 13.34 % des observations.

➤ **Analyse annuelle :**

La rose annuelle des houles met en évidence la prédominance des houles de secteur NE (25.20 %), de SW (19.40 %) et d'Ouest (12.40 %). La fréquence d'apparition des houles d'amplitude supérieure à 4 m est de l'ordre de 0.1 %. Les calmes sur l'année représentent 14.5 % des observations (**LEM,2016**).

### **I.8.2 Courants :**

Un courant par définition est une masse d'eau qui se déplace sur de très longues distances, à la surface ou en profondeur, suivant une direction donnée.

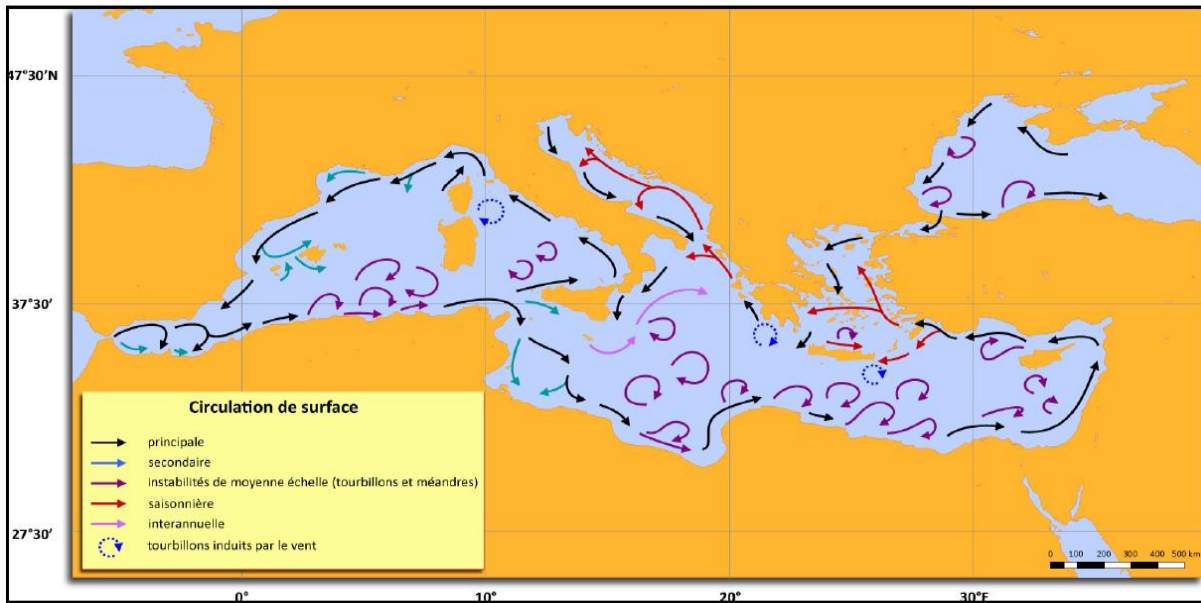
Les courants sont responsables de l'état dynamique des sédiments (érosion, transport et sédimentation) (OTMANI, 2014).

Le courant Atlantique (pénétration des eaux par le détroit de Gibraltar) longe, d'Ouest en Est, les côtes d'Afrique du nord, sa vitesse est de l'ordre de 1,5 à 2 nœuds. Ce courant s'étale sur plusieurs milles nautiques et son action se fait sentir jusqu'à une profondeur de 200 m. Encore très sensible au large de l'Algérois (vitesse = 0,7 nœud), son action va en diminuant vers l'Est du bassin occidental de la Méditerranée.

Ce courant de surface est compensé en profondeur par un contre-courant qui longe les côtes espagnoles. La vitesse de ces courants peut augmenter par régime de vent d'Ouest pour atteindre 2,5 à 3 nœuds.

Les transferts côtiers sont surtout conditionnés par les différentes dérives littorales engendrées par la houle ; pendant l'hiver ils ont une direction Ouest - Est du fait de la houle dominante du NW, le reste de l'année les courants ont plutôt une direction Est – Ouest.

En effet, sur les côtes algériennes les courants de marée, du fait du faible marnage des marées, sont négligeables voire même inexistants. Les courants de houle sont localisés dans la zone comprise entre le déferlement et la côte, lorsque la houle déferle avec une certaine obliquité par rapport au rivage. Lorsque la houle est frontale, des échanges importants peuvent se faire entre la côte et le large par des courants orientés vers le large, appelés courants de retour ou « rip currents » ; ces courants traversent la zone de déferlement. Ces courants peuvent être très importants et dépasser le (01) m/s (2 nœuds).



**Figure III- 11** : Circulation générale de surface dans la mer méditerranée (d'après millot et taupier-letage, 2005).

### I.8.3 Marée :

L'amplitude de la marée est généralement faible en Méditerranée, elle présente d'importants écarts suivant l'époque lunaire et est le plus souvent masquée par la surélévation ou l'abaissement du niveau de l'eau engendré par des variations de conditions climatologiques.

En moyenne, la marée de pleine lune est de 25 à 30 cm et celle de la nouvelle lune de 5 à 15cm.

D'autres phénomènes peuvent se superposer à cet effet astronomique tels que la pression atmosphérique, les seiches, ....

De forts vents marins locaux peuvent aussi, par action directe sur la surface de la mer, entraîner au rivage un gonflement du plan d'eau.

Le niveau de la surface de la mer pourrait ainsi atteindre une surélévation maximale de 1 m environ.

## I.9. Facteurs influent sur le site d'étude :

### I.9.1 Impact anthropique :

Depuis quelques années le terme d'anthropisation est utilisé de façon extrêmement courant dans les textes relatifs à l'impact de l'Homme sur le littoral ainsi qu'au sujet du développement durable, ce terme est présente :

- L'urbanisation.

- Construction du front de mer : la structure rigide constitue un support de réflexion de la surtension, provoquant l'érosion et l'agitation de l'eau.

### **I.9.2 Changement climatique :**

Le réchauffement climatique est un phénomène global de transformation du climat caractérisé par une augmentation générale des températures moyennes (notamment liée aux activités humaines), et qui modifie durablement les équilibres météorologiques.

Effet du réchauffement climatique sur le littoral se traduira par une forte montée du niveau marin. Il est clair désormais que les actions d'atténuation du changement climatique ne suffiront pas et que les communautés des zones basses littorales ainsi que les gestionnaires d'infrastructures devront s'adapter au changement climatique pour envisager un avenir prospère.

Augmentation de la température de l'eau, montée du niveau marin, intensification et augmentation de la fréquence des tempêtes : telles sont les conséquences à redouter du changement climatique sur le littoral, les ports et les estuaires.

**Chapitre II : Étude  
diachronique de l'évolution du  
trait de côte**

## II.1. Introduction :

La notion de trait de côte est à la fois évidente (séparation terre/mer) et éminemment mouvante puisqu'elle varie en fonction du temps, quelle qu'en soit l'échelle. D'où la difficulté de définir le trait de côte ou comment 'représenter le variable dans sa variabilité, le fixer tout en laissant le mouvement être un mouvement'(HEIDEGGER).

Selon J.P. PINOT, le trait de côte proprement dit est la limite la plus extrême que puissent atteindre les eaux marines, c'est-à-dire l'extrémité du jet de rive lors des fortes tempêtes survenant aux plus hautes mers de vives-eaux.

Dans ce chapitre, on va étudier l'évolution du trait de côte de la plage de Sidna Youchaa avant et après la présence du port, pour mieux comprendre la dynamique de la côte vis-à-vis l'impact de l'infrastructure.

## II.2. Matériel utilisé :

### II.2.1. Système d'Information Géographique (SIG) :

**Arc-Gis :** est un système complet qui permet de collecter, organiser, gérer, analyser, communiquer et diffuser des informations géographiques. 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 (Asbai, 2013).

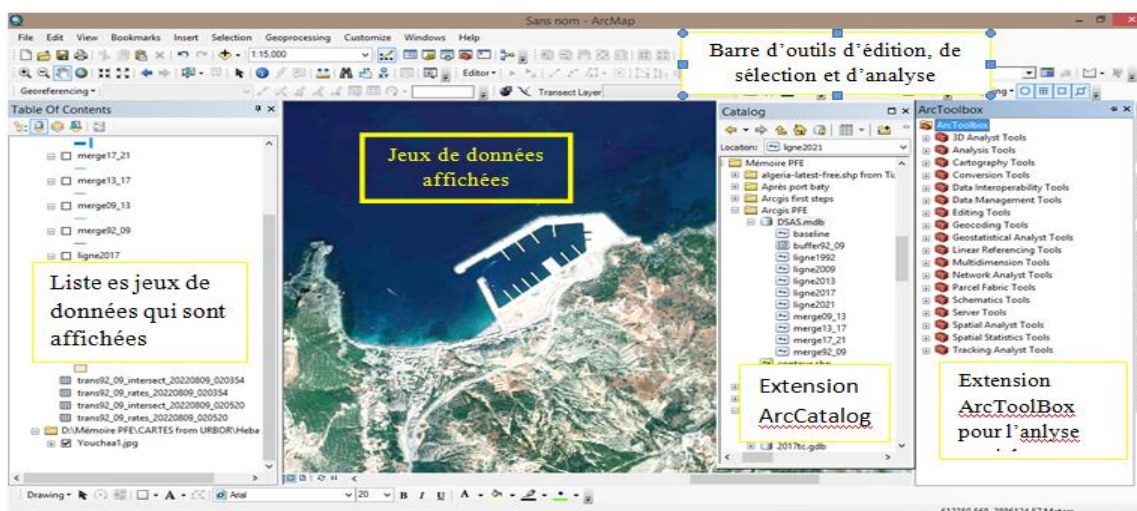


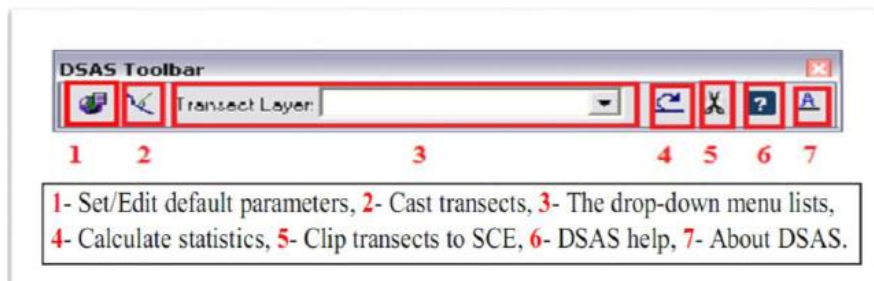
Figure II- 1 : Certaines fonctionnalités de l'extension Arc-Map du logiciel Arc-Gis 10.3.

Le logiciel Arc GIS 10.3 comprend trois applications principales : ArcCatalog, ArcMap, et ArcToolbox.

- **ArcCatalog**: Est un explorateur de données tabulaires et cartographiques offrant des outils de gestion et d'organisation analogues à ceux offerts par les systèmes d'exploitation comme WINDOWS ou DOS (copier, renommer, effacer, créer des icônes, etc.). Il permet aussi de visualiser les données tabulaires et des couches géographiques ainsi que leur exploration.
- **ArcMap**: Est l'application fondamentale du logiciel Arc GIS. Elle contient une boîte à outils, organisés sous forme de modules indépendants (extensions), permettant de gérer, manipuler, analyser et éditer les différentes couches d'informations de la base de données.
- **ArcToolbox**: Est une boîte à outils permettant d'effectuer des conversions et de transferts de format et aussi de projection (ASBAI, 2013 in NADIR M., 2016).

### Interface Dsas4.3 (Digital Shoreline Analysis System):

Ce système d'analyse digitale du trait de côte, est une extension gratuite d'ArcGis, qui étudie l'évolution de la bande côtière en calculant des statistiques sur taux de changement pour une série temporelle de vecteurs de traits de cote. Développe depuis les années 1990 par l'US Geological Survey, DSAS fournit une méthode normalisée qu'on peut répéter pour le calcul de l'évolution statistique tout en analysant les changements passés, présents et futurs du littoral (Thieler et al., 2009).



**Figure II- 2:** Barre d'outils de l'extension DSAS.

Cet outil a pour avantage de donner une évolution graphique et statistique du trait de côte. Il fournit une méthode normalisée qui peut être répétée pour le calcul de l'évolution statistique tout en analysant le changement passé, présent et futur du littoral.

L'utilisation de l'extension DSAS nécessite au préalable la préparation des traits de côte au format vecteur au sein d'une géo-data base personnelle dans ArcCatalog et la numérisation d'une ligne de base imaginaire à partir de laquelle DSAS crée des transects qui viendront couper les différents traits de côtes.

- **EPR (End Point Rate)** : Est le rapport de la distance entre le trait de côte le plus ancien et le plus récent sur le temps (nombre d'années) écoulé entre les deux dates.

$$EPR = \frac{NSM}{\text{Durée entre l'ancienshoreline et le récent}}$$

A partir du paramètre EPR, on peut classer la progression d'érosion ou d'accrétion selon le résultat obtenus par le paramètre :

**Tableau II- 1** : Classification des valeurs changement du trait de côte à partir du paramètre EPR (Nassar K et al., 2018).

	Taux de changement de trait de côte (m/ans)	Classification
1	> -2	Erosion très élevée
2	> -1 à <-2	Erosion élevée
3	> -1 à <-0	Erosion modérée
4	0	Stable
5	> 0 à <+1	Accrétion modérée
6	> +1 à <+2	Accrétion élevée
7	> +2	Accrétion très élevée

- **LRR (LinearRegression Rate)** : qui traduit également le taux d'évolution annuelle de la ligne de référence le long de chaque transect, est intéressant si l'on analyse la cinématique littorale pour plus de deux dates, car la méthode de calcul tient compte de la tendance évolutive du trait de côte sur toute la période considérée.
- **NSM (Net Shoreline Mouvement)** : le mouvement du littoral net indique une distance et non un taux. Le NSM est associé aux dates de seulement de deux rivages.
- **WLR** : taux de régression linéaire pondéré.

### II.3. Méthodologie du travail :

Dans le cadre de cette étude, des images satellitaires des années allant de 1992 à 2021 ont été utilisées, leurs traitement est fait à l'aide de logiciel de cartographie Arc Gis 10.3 sous le system de projection WGS84 UTM zone30N.

Ce travail s'est déroulé suivant ces étapes :

1. On commence tout d'abord par le téléchargement d'images satellitaire de 1992-2021.
2. le géoréférencement des images satellitaires de Google Earth Pro.

3. La digitalisation du trait de côte :

- Entre 1992 et 2013 (avant la réalisation du port).

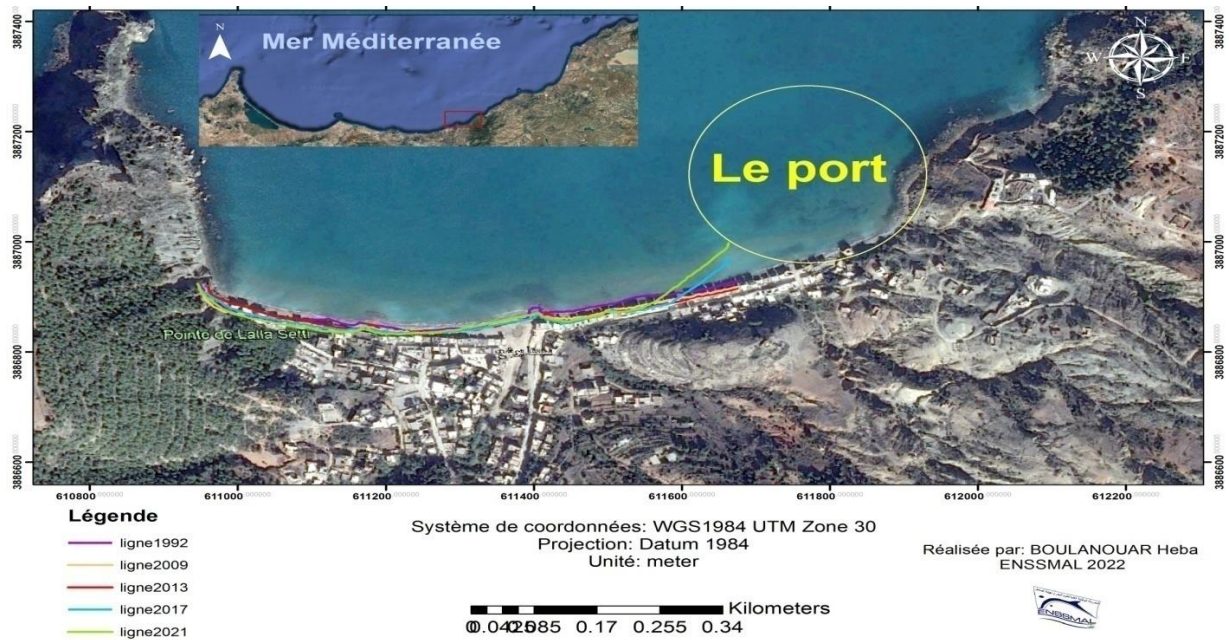


Figure II- 3 : Digitalisation des traits de cote selon différentes périodes entre 1992 et 2021 (absence du port).

- Entre 2017 et 2021 (après la réalisation du port).

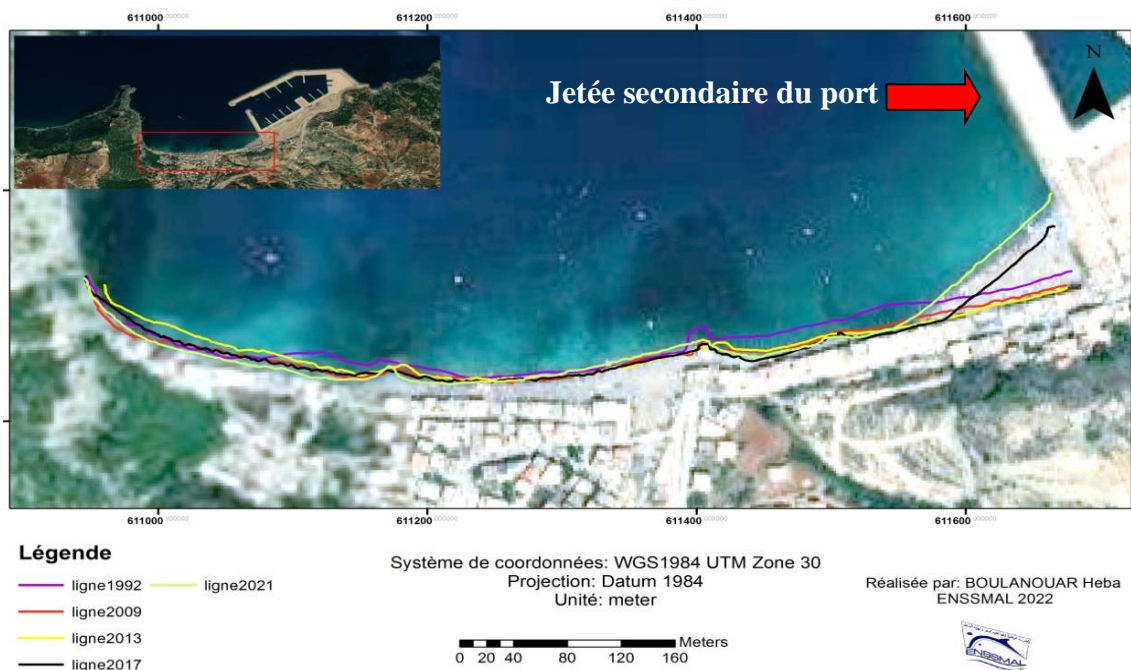


Figure II- 4 : Digitalisation des traits de cote selon différentes périodes entre 1992 et 2021 (présence du port).

4. Création d'une géodatabase personnelle.

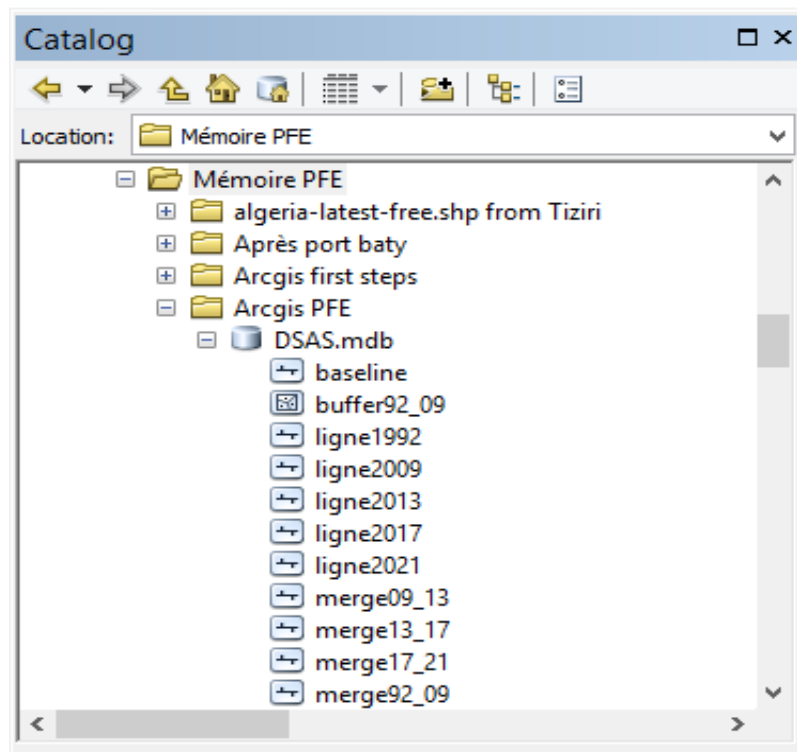


Figure II- 5 : capture de la géodatabase personnelle

5. Remplir les champs de la table attributaire de la couche des traits côte selon la référence DSAS.

6. Création de la ligne de base à partir de la zone tampon.

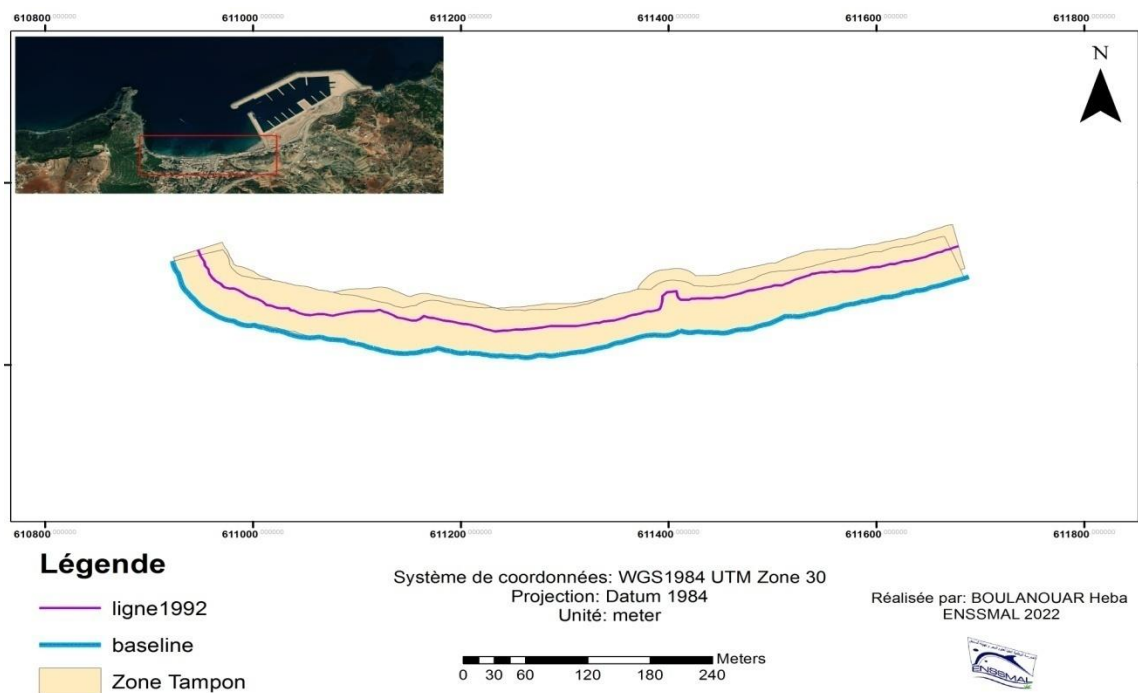


Figure II- 6 : Carte représente la ligne de base par rapport à la zone tampon.

7. Remplir les champs de la table attributaire selon la référence de DSAS.
8. Création des transects.

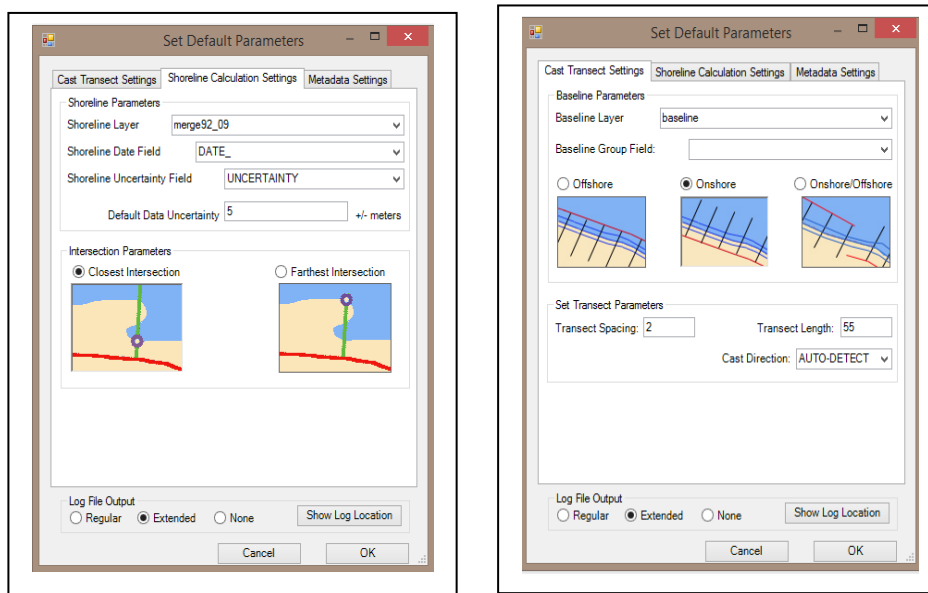


Figure II- 7 : Fenêtre de dialogue de la création des transects sur logiciel ArcGIS/extension Dsas.

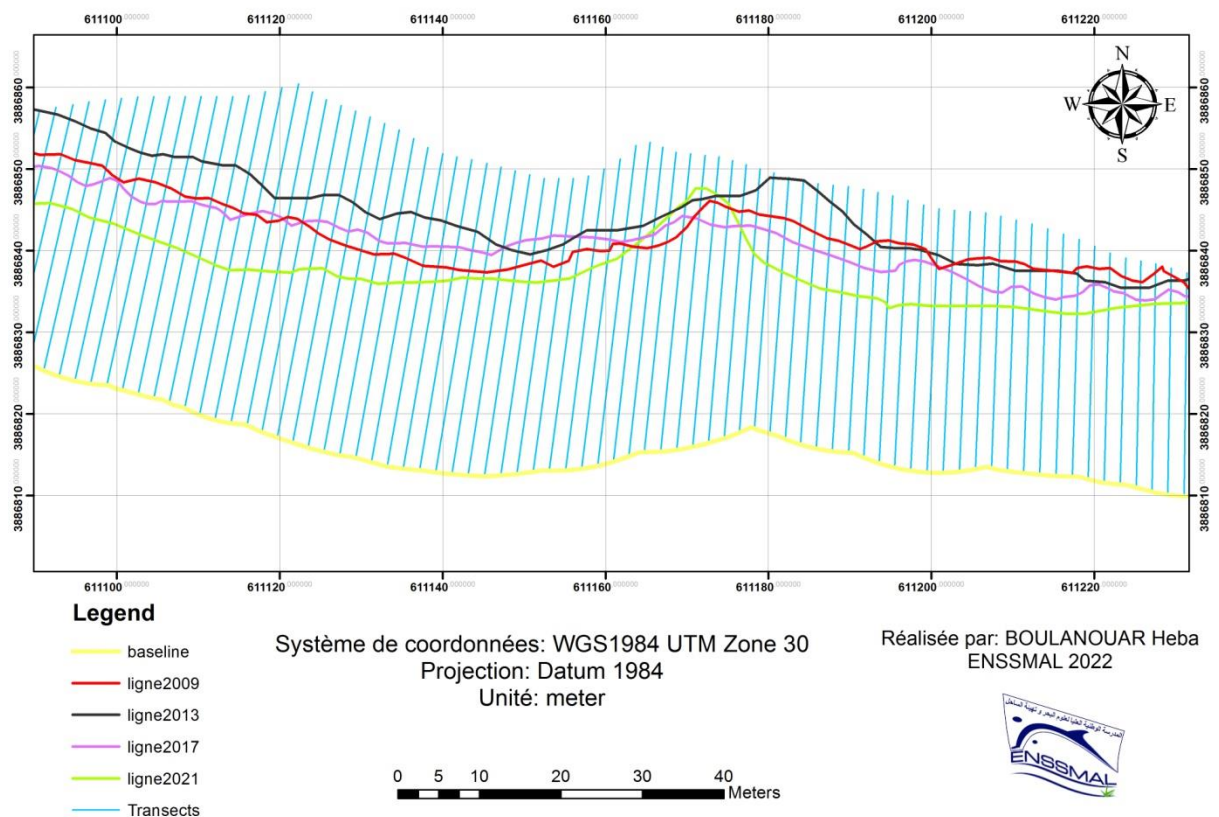


Figure II- 8 : Transects et traits de côte de 1992, 2009, 2013, 2017, 2021.

9. Lancement des calculs des paramètres statistiques des vitesses d'érosion (EPR), des taux d'évolution(LRR) et aussi les distances entre la ligne de rivage la plus ancienne (1992) et la plus récente (2021) (NSM) à partir des traits de côtes.

Le calcul statistique consiste, en fonction des indices considérés, à faire ressortir les données tabulaires calculées automatiquement par DSAS, En effet, c'est l'analyse automatique de tous les transects qui permet de définir des secteurs d'évolution et d'en calculer les valeurs moyennes (Faye et al., 2010).

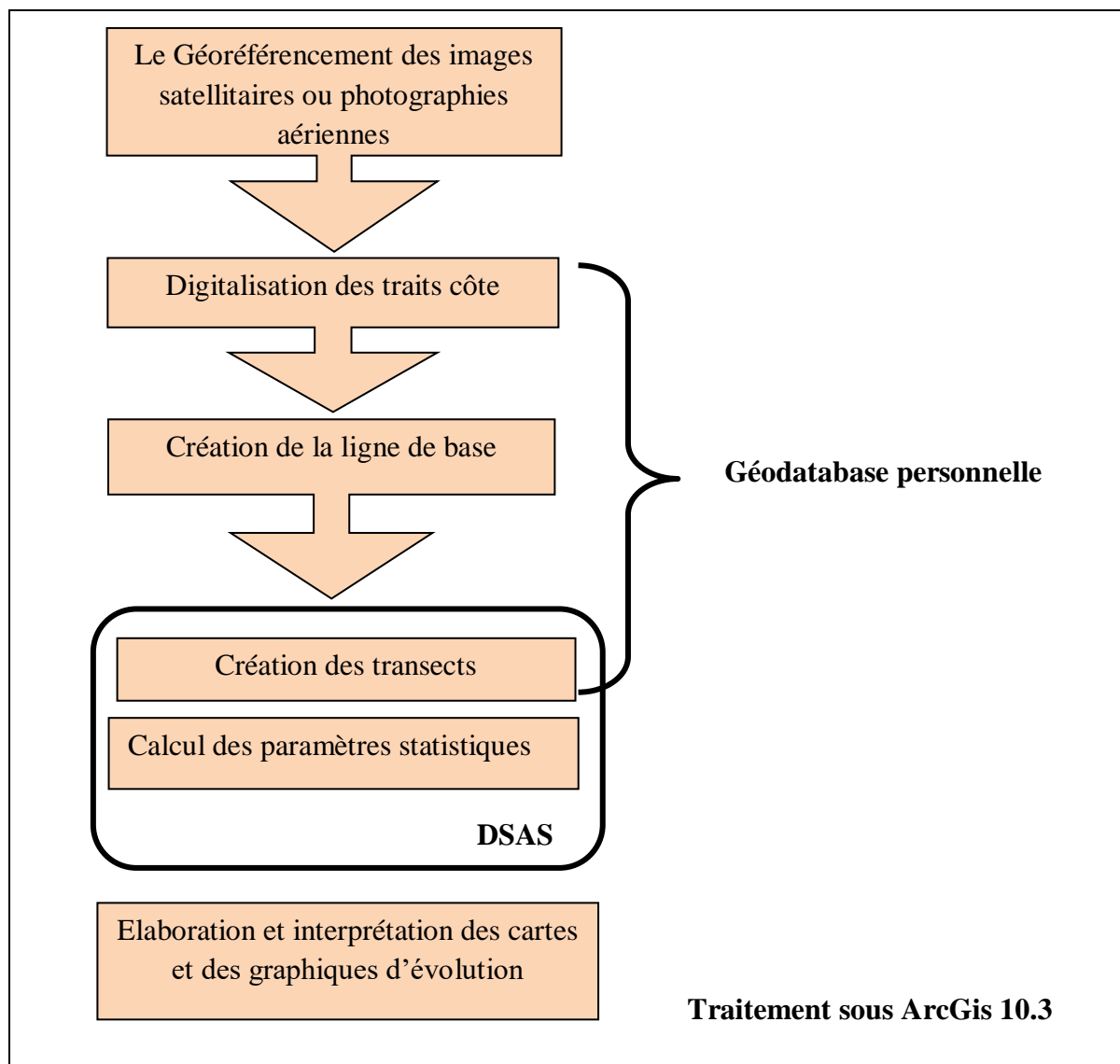


Figure II- 9 : Étapes de la méthodologie de suivi du trait de côte (OTMANI et al., 2019, modifiée).

#### II.4. Présentation et interprétation des résultats obtenus du DSAS :

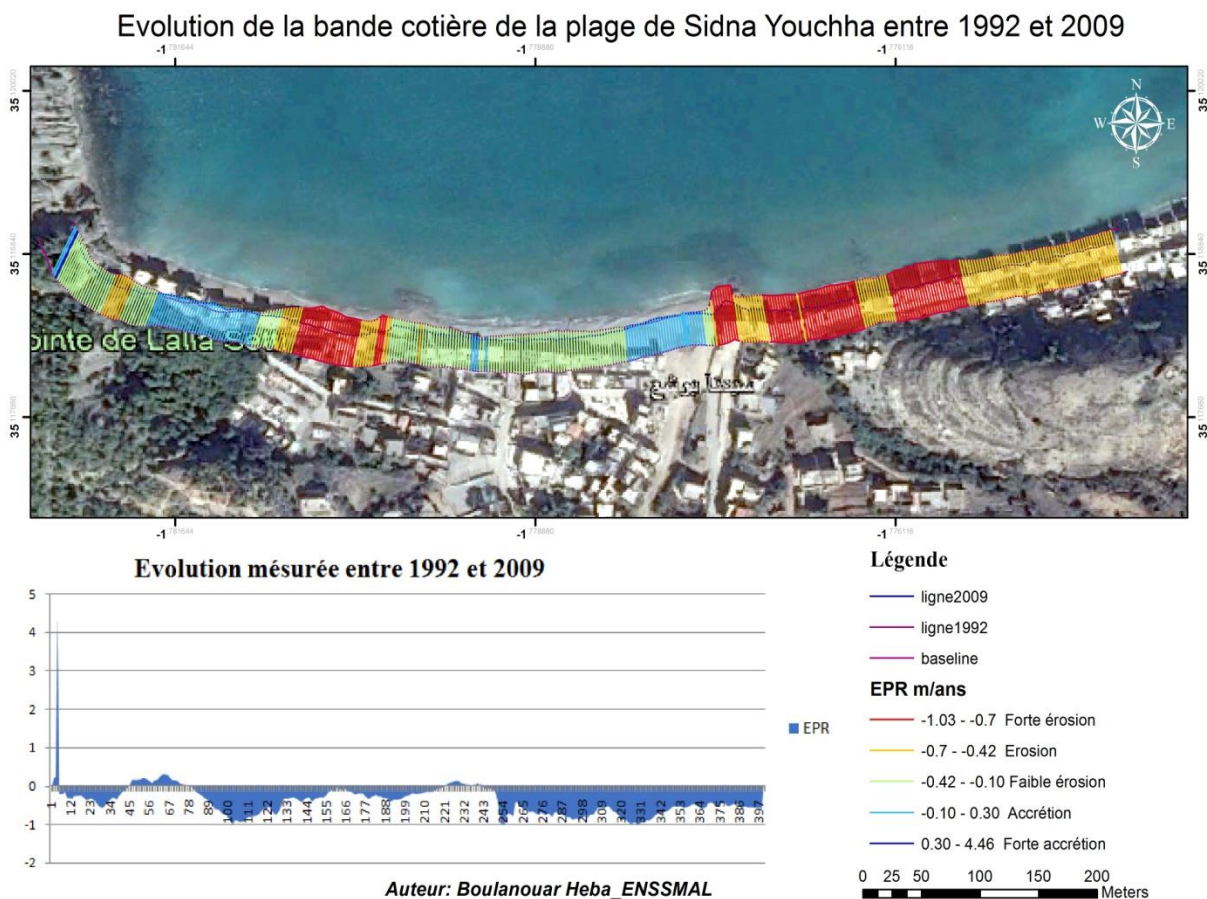
Pour pouvoir analyser la tendance évolutive diachronique de la plage de Sidna Youchaa, il est nécessaire de collecter des données sur une échelle de temps large, pour pouvoir embrasser

la complexité du phénomène, ainsi qu'identifier les nouveaux facteurs influant de manière réversible ou pas, selon le degré d'influence, sur la dynamique côtière d'érosion/accrétion.

La représentation des résultats est faite sur la base de deux échelles temporelles. La première correspond à l'écart entre deux dates (deux traits de côte) et la seconde présentation correspond à l'échelle globale qui prend en compte tous les traits de côte (1992, 2009, 2013, 2017, 2021).

Pour bien apprécier la dynamique hydro-sédimentaire qui se traduit par les phénomènes d'accrétion/érosion sur une échelle spatio-temporelle, le support des statistiques de l'indicateur **EPR** ont été projetés pour l'élaboration de cartes représentatives des tendances selon les périodes suivantes :

#### II.4.1. Évolution de la ligne de rivage entre 1992 et 2009 :



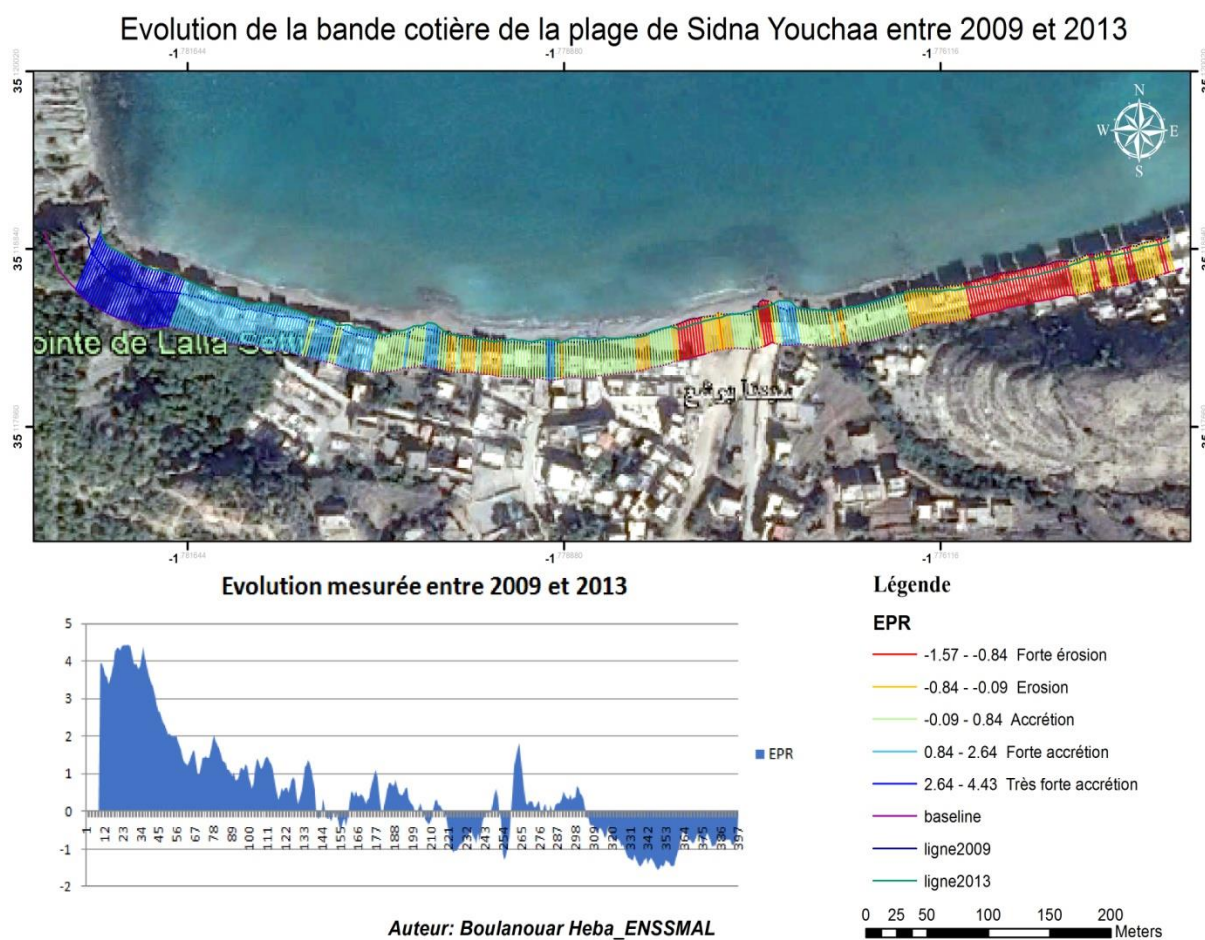
**Figure II- 10 :** Evolution du trait de côte entre 1992 et 2009 mesurée par l'outil DSAS.

La période entre 1992 et 2009 est caractérisée par une évolution spatio-temporelle de la ligne de rivage qui tend vers une érosion généralisée sauf quelques exceptions comme l'accrétion visualisée au niveau du transect numéro 3, situé au niveau d'ouest de la plage, avec un engraissement de l'ordre de 4.46 m/ans.

La tendance vers l'érosion est vérifiée avec une moyenne d'évolution de l'ordre de (-0.4) m/ans, avec un maximum d'érosion au niveau de transects incluant le (102-254-322-330) avec une valeur de l'ordre de (-1) m/an.

Les causes de ce recul peuvent être dues à la fois à des facteurs naturels et anthropiques. Les causes naturelles d'érosion sont dues principalement aux effets répétés et cumulés des tempêtes et la hausse relative du niveau moyen de la mer.

#### II.4.2. Evolution de la ligne de rivage entre 2009 et 2013 :



**Figure II- 11** : Evolution du trait de côte entre 2009 et 2013 mesurée par l'outil DSAS.

Cette période allant de 2009 à 2013 est caractérisée par une forte augmentation du phénomène d'accrétion par rapport à la période précédente (1992/2009).

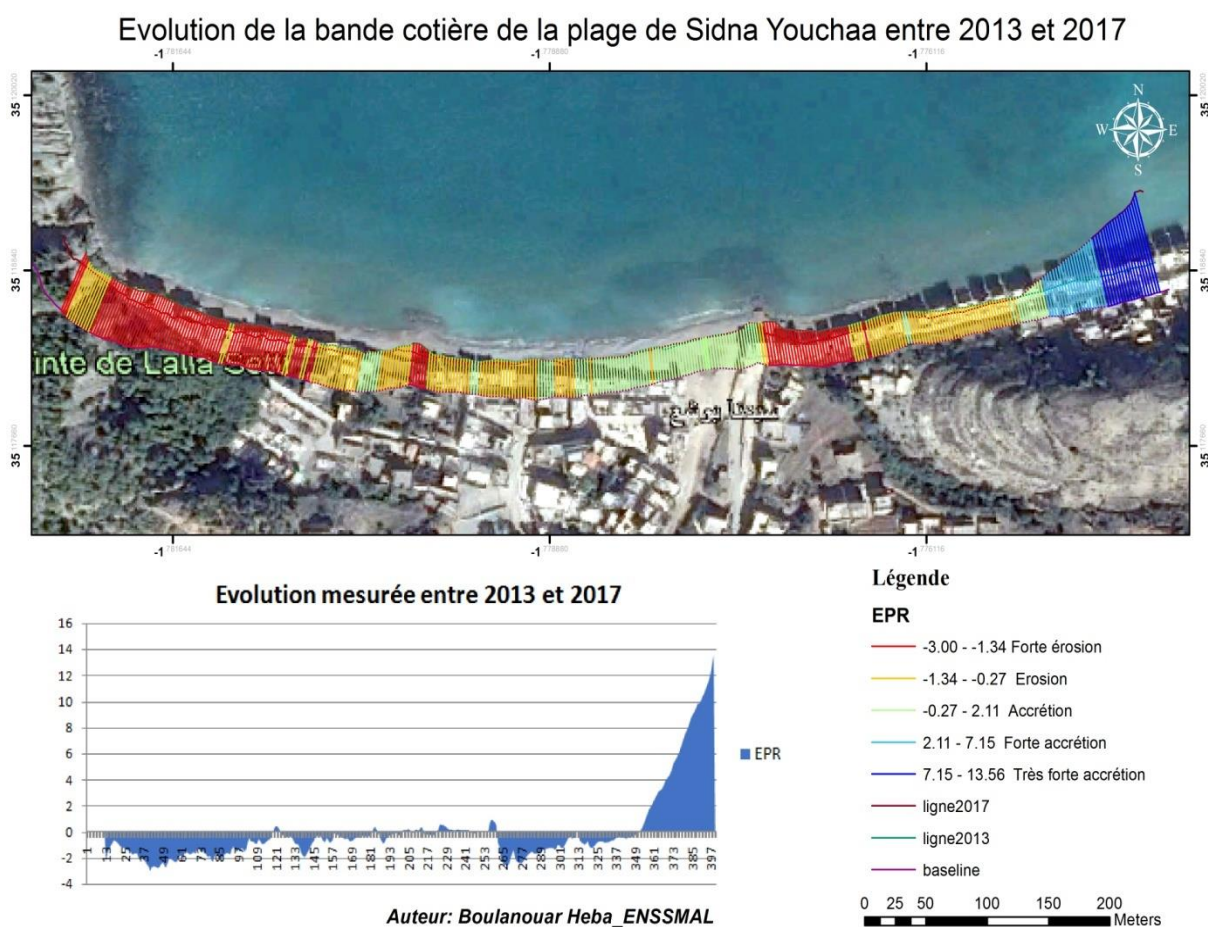
Les résultats de l'analyse statistique des changements du trait de côte affichent une avancée moyenne d'EPR de +0.48 m/an sur la totalité du rivage de la plage.

Dans la partie Ouest de la plage (transect 1 à 142), les résultats affichent une tendance vers l'accrétion avec une moyenne d'évolution de l'ordre +1.95 m/ans, avec un maximum d'accrétion au niveau de transect numéro 27 avec une valeur de l'ordre de +4.43 m/ans.

La partie Est de la plage (transect 305 à 396), les résultats sont complètement différentes à la partie Ouest, elles affichent une tendance vers l'érosion avec une moyenne d'évolution de l'ordre -0.92 m/ans, avec un maximum d'érosion au niveau de transect numéro 348 avec une valeur de l'ordre de -1.57 m/ans.

Dans la partie Centre, une variation du trait de côte irrégulière entre accrétion d'un coté et une érosion de l'autre coté, les résultats affichent une tendance faible vers l'accrétion avec une moyenne d'évolution de l'ordre +0.1 m/ans.

### II.4.3. Evolution de la ligne de rivage entre 2013 et 2017 :



**Figure II- 12** : Evolution du trait de côte entre 2013 et 2017 mesurée par l'outil DSAS.

Au cours de cette période, le trait de côte affiche une position recul-avancée à partir de transect 1 jusqu'à le transect 352, avec une vitesse de recul moyenne de l'ordre de -0.9 m/an, avec une valeur maximale d'érosion de l'ordre de -3 m/ans.

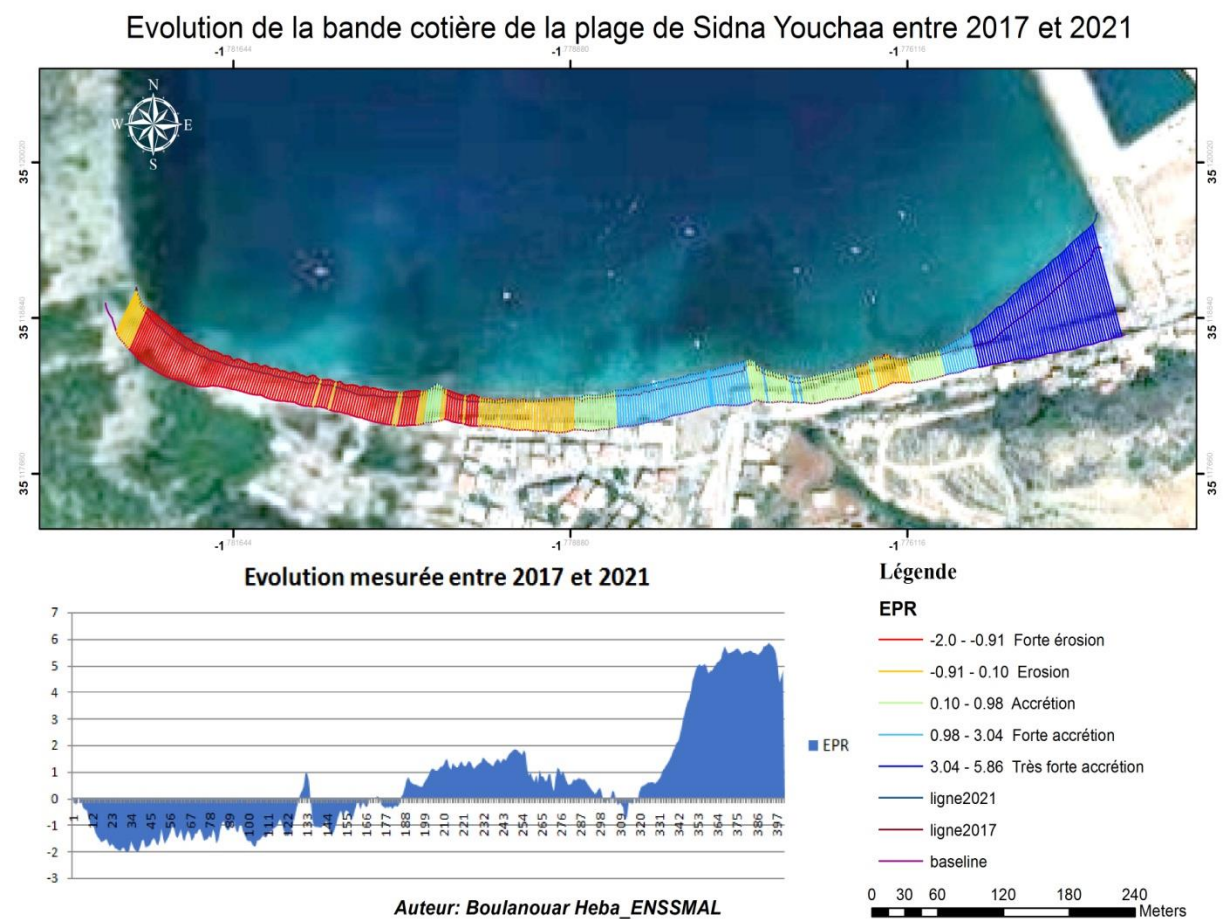
A par quelques exceptions d'accrétion comme le transect (121, 184, 213, 226,258), ces valeurs sont assez faibles par rapport à la tendance générale qui est de -0.9 m/ans.

De transect numéro 353 jusqu'à le dernier à l'est, on observe une accrétion remarquable d'une manière ascendante, le taux d'accrétion est de d'ordre de +6.19 m/ans avec une valeur maximale d'accrétion qui atteint les 13.56 m/an. Cette valeur est expliquée par l'installation du port qui a eu lieu en cette période.

En générale, la tendance vers l'érosion est vérifiée avec une moyenne d'évolution de l'ordre de (-0.04) m/ans.

Cette tendance érosion/accrétion est expliquée par la présence infrastructures maritime (port de Sidna Youchaa) en s'ajoutant les agents naturels qui sont à leurs tours susceptibles de perturber la dynamique du rivage.

#### II.4.4. Evolution de la ligne de rivage entre 2017 et 2021 :



**Figure II- 13** : Evolution du trait de côte entre 2017 et 2021 mesurée par l'outil DSAS.

Ceci représente la période la plus récente de l'évolution de notre trait de côte, cette période est caractérisée par une tendance à l'engraissement au niveau de la partie comprise entre le transect numéro 317 et le transect numéro 410 (partie est).

La partie ouest (du transect 1 à 128), c'est la partie la plus touchée par le phénomène d'érosion, il affiche des vitesses de recul d'ordre de - 1.32 m/an. Le transect 31 enregistre une vitesse de recule maximale (- 2 m/ans).

La partie centre, les valeurs des taux d'érosion/accrétion varie entre - 0.91 m/ans et + 3.04 m/ans d'une manière irrégulière.

Avec une moyenne d'avancée et de recul du trait de côte de l'ordre de +0.6 m/ans, il semble que la tendance générale soit vers l'accrétion, mais il ne faut pas oublier que le système littoral est en continuel mouvement, et de ce fait changement. Que c'est un système extrêmement sensible à toute modification, surtout s'il est générée par l'Homme. C'est pourquoi cet engraissement aujourd'hui peut vite disparaître, selon l'échelle de l'évolution spatio-temporelle du trait de côte, le lendemain. C'est pourquoi, une surveillance sur le long terme, et un rafraichissement dans la collecte des données, doit être effectuée, pour mieux détecter et comprendre les différents phénomènes, et les inter-relations entre eux qui régissent l'évolution de la ligne du rivage.

#### II.4.5. Analyse du bilan sédimentaire :

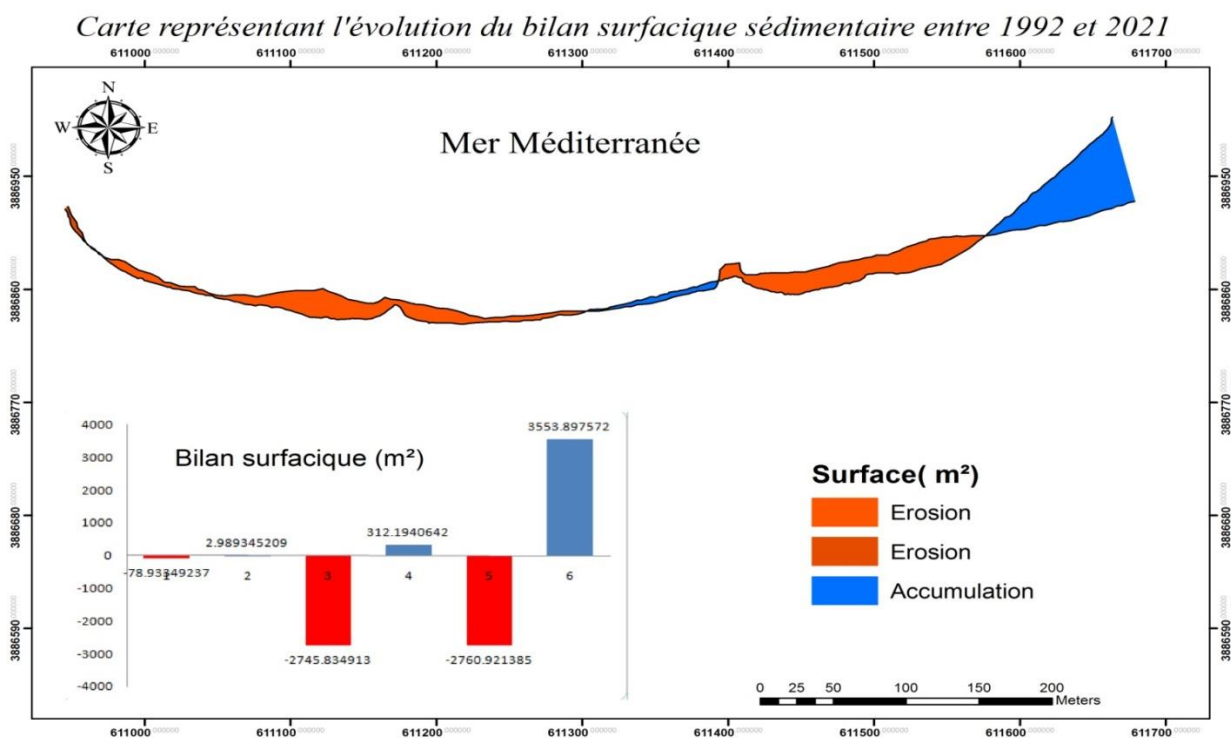
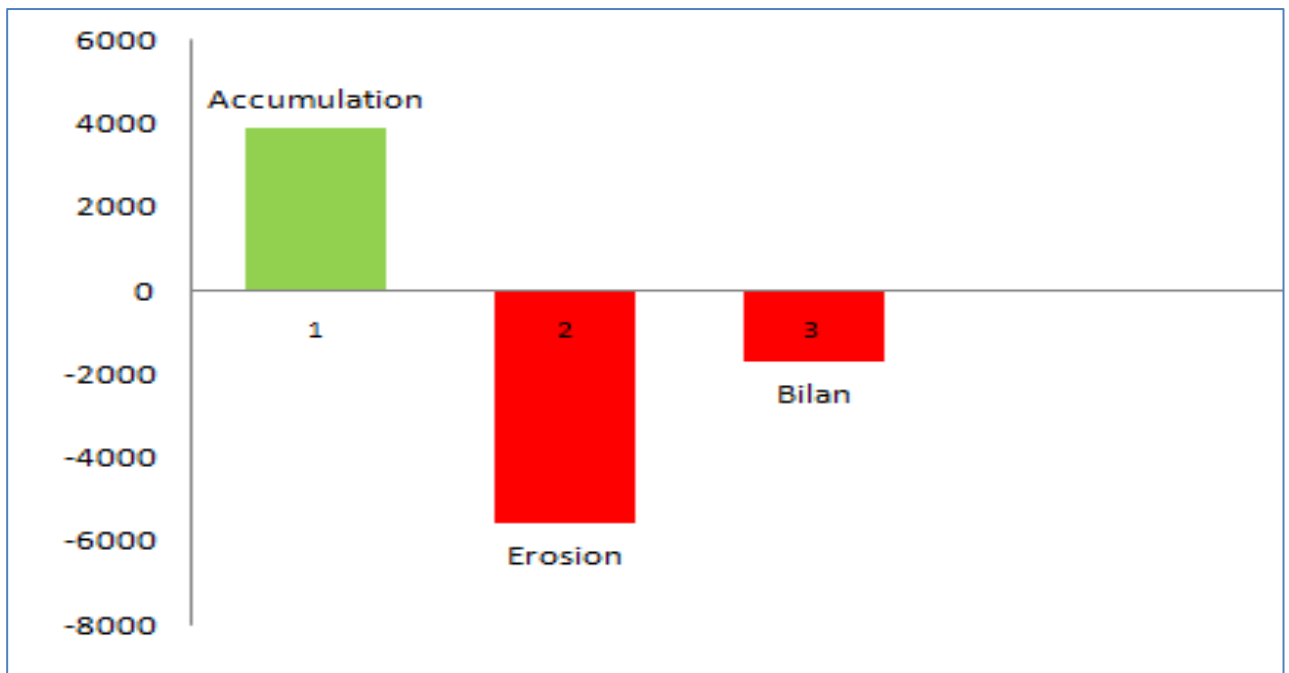


Figure II- 14 : Carte représente l'évolution du bilan surfacique sédimentaire entre 1992 et 2021.



**Figure II- 15** : Bilan sédimentaire surfacique du la plage de Sidna Youchaa entre 1992 et 2021.

Pour quantifier les pertes et les gains en sédiments le long de la plage, les déplacements du trait de côte ont été exprimés en termes de surfaces.

La cartographie de l'évolution surfacique de notre zone d'étude sur une période de 29 ans, a permis de définir un bilan surfacique sédimentaire négatif de l'ordre de  $-1716.61 \text{ m}^2$ . Ce qui indique que la tendance générale est plus à l'érosion qu'à l'accumulation.

La carte précédente montre que la partie Ouest de notre zone d'étude est enregistrée  $2824.77 \text{ m}^2$  de surface perdu, au centre nous remarquons une accumulation qui atteint une surface d'environ  $312.19 \text{ m}^2$ .

A l'est, une érosion de surface environ  $2760.92 \text{ m}^2$  suivi par une accrétion remarquable d'une surface de  $3553.89 \text{ m}^2$ . Cette action mutuelle d'érosion/accrétion dans une distance de 300 m, est expliquée par une conjugaison des agents naturels (forçages hydrodynamiques) et des actions anthropiques (infrastructures...).

#### **II.4.6. Conclusion:**

D'après l'analyse diachronique des changements de position des traits de côte de la plage de Sidna Youchaa, on peut dire que notre zone d'étude est une zone soumise à une érosion dans la partie ouest et centre, et une forte accrétion dans la partie est.

Avant la présence du port, allant de 1992 à 2013, le taux d'accrétion/érosion était plus ou moins équilibré par la dynamique sédimentaire. Mais à partir de l'année où la construction du port a commencé, et cela apparaît clairement dans l'année 2017 où les travaux sont terminés, les sédiments a commencé à s'accumuler dans la partie est de la plage (partie ouest par rapport au port), cela se traduit par le fait que le port a un rôle d'un obstacle contre les mouvements des sédiments, et cela crée un déséquilibre le long de la côte.

Cette accumulation représente une menace pour la fermeture de la passe d'entrée du port.

**Chapitre III : modélisation numérique  
du système hydro-sédimentaire de la  
zone d'étude**

### **III.1. Introduction :**

Les modèles numériques reposent sur la description des phénomènes physiques à l'aide (De systèmes) d'équations mathématiques. Celles-ci sont ensuite résolues numériquement, pour chaque paramètre étudié, par un programme informatique. (DAHMANI A., 2016).

De nombreux modèles numériques destinés à des applications hydrauliques comportent des équations de continuité et de mouvement ou d'énergie. Les modèles de ce type simulent par exemple le mouvement de l'eau ou l'interaction entre l'eau et les ouvrages hydrauliques. (DAHMANI A., 2016).

Les estimations du transport sédimentaire doivent reposer sur des études analytiques prenant en compte le régime des houles et des courants dans le secteur d'étude à long terme et comme étant une donnée de base pour cette étude hydro sédimentaire, une carte bathymétrique demeure indispensable (BENALLOU I.,2020).

L'objectif principal de ce chapitre est de reconstituer le climat hydro-sédimentaire qui domine la zone d'étude dans une échelle de temps précise, en appliquant un modèle numérique calibré par les données acquises au niveau des stations de mesure.

### **III.2. Méthode adoptée:**

Pour cerner l'impact de la réalisation du port de Sidna Youchaa sur l'hydrodynamisme de la zone d'étude et ses abords environnants, nous avons adopté la démarche suivante :

- L'examen de l'état initial, ou l'on tente de reproduire numériquement les phénomènes hydro-sédimentaires régnant sur le site.
- L'examen de l'état en présence du port ou l'on tente également de reproduire numériquement les phénomènes hydro-sédimentaires régnant sur le site.

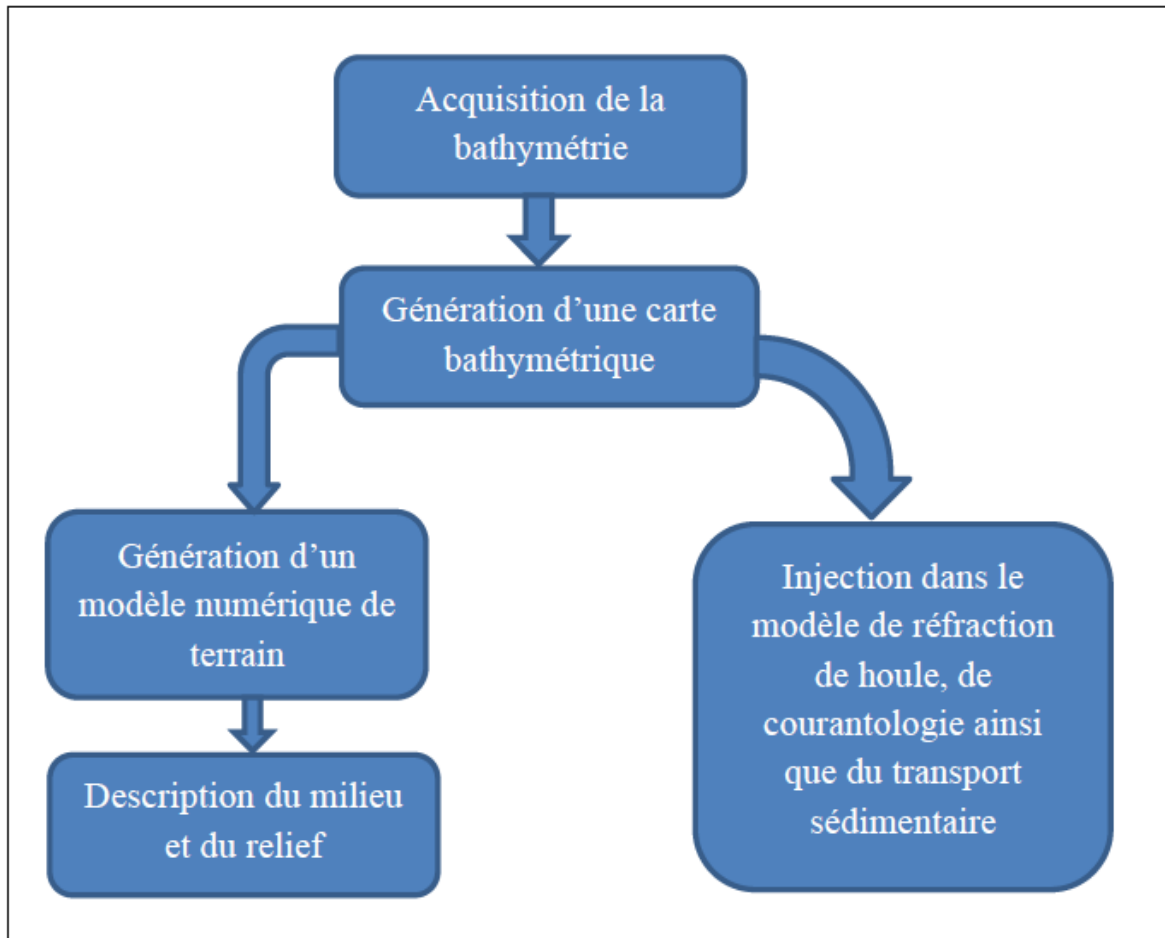
Cet examen consiste à restituer successivement le champ de la houle, les courants induits, la capacité théorique de transport solide pour chaque état considéré.

#### **III.2.1. Etude bathymétrique :**

##### **Introduction**

La morphologie des fonds marins est soumise à l'action hydrodynamique qui entraîne des modifications dans l'ensemble du système littoral sableux (Iffour, 2016). Comme le contraire est très souvent le cas, une bathymétrie précise est donc un élément clé pour arriver à une

bonne connaissance de l'hydrodynamisme côtier. On peut ainsi comprendre l'évolution géomorphologiques en résultant au court du temps.



**Figure III- 2 :** Organigramme résumant l'étude bathymétrique.

### III.2.2. Etude hydrodynamique :

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

Les phénomènes en jeu étant très complexes, des outils ont été développés pour améliorer la connaissance des processus hydrodynamiques et sédimentologiques et pouvoir mieux étudier la conception et les impacts des aménagements maritimes. Les modèles constituent l'essentiel de ces outils (**AlSidChikh, 2022**).

Le modèle numérique nous permet d'illustrer les houles, le courant et les vagues et les modes de transport du littoral. Le modèle morphodynamique repose sur un couplage des

modèles de propagation de la houle, du modèle de circulation et du modèle de transport sédimentaire dans Mike21 (**Than, 2015**).

Les modèles numériques reposent sur la description des phénomènes physiques à l'aide (De systèmes) d'équations mathématiques. Celles-ci sont ensuite résolues numériquement, pour chaque paramètre étudié, par un programme informatique. Un modèle numérique ne prend en compte qu'un nombre limité de phénomènes (Marée, courant, houle, run-up, franchissement de la houle et morphologie). Seul le respect des critères suivants permet d'obtenir des résultats fiables (**CETMEF, 2009**) :

- La description mathématique des phénomènes étudiés (Equations, géométrie, bathymétrie, paramètres physiques, conditions initiales, conditions aux limites) doit être suffisamment précise ;
- La précision numérique doit être suffisante (Pour limiter les différences entre les équations mathématiques et les équations discrétisées) ;
- Le post-traitement et l'interprétation des résultats doivent être exacts ;
- Le modèle numérique doit avoir été calibré correctement ;
- Le modèle numérique doit avoir fait l'objet d'une validation suffisante.

Plusieurs types de données sont nécessaires pour cette étude. Celles-ci seront insérées en entrée du modèle de MIKE 21 Spectral Waves FM (**Figure III-3**). Les différentes données utilisées sont mentionnées ci-dessous :

- Bathymétrie.

- Des séries temporelles (de 20 ans) fournies par **PUERTO DEL ESTADO** (temps d'enregistrement, date, heure et élévation Hs).

- **Puerto del Estado** : est une entité commerciale publique sous la tutelle du ministère espagnol des transports, de la mobilité et de l'urbanisme (appelé ministère des travaux publics jusqu'en 2020), qui a la responsabilité globale de l'ensemble du système portuaire appartenant à l'état. Elle est responsable de l'exécution de la politique portuaire de gouvernement national et de la coordination et du contrôle de l'efficacité du système portuaire, composé de 28 autorités portuaire qui gèrent les 48 ports d'intérêt général.

- Directions des houles dominantes.

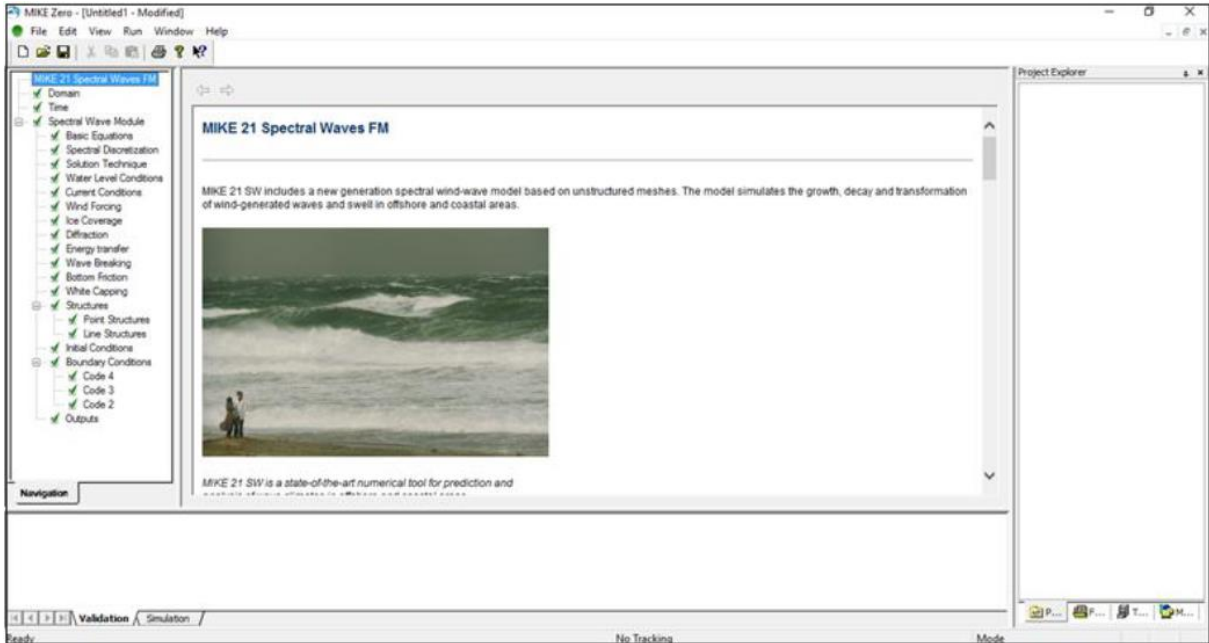


Figure III- 3 : Le concept du modèle de MIKE Spectral Waves FM.

### III.3. Matériel utilisé :

#### III.3.1. Description du logiciel de calcul Mike Zéro :

MIKE Zéro est le nom commun des implémentations Windows de DHI intégrant l'interface utilisateur graphique pour la mise en place des simulations, la pré-analyse et le post-traitement, la présentation et la visualisation dans un environnement de projet orienté (DHI,2014).

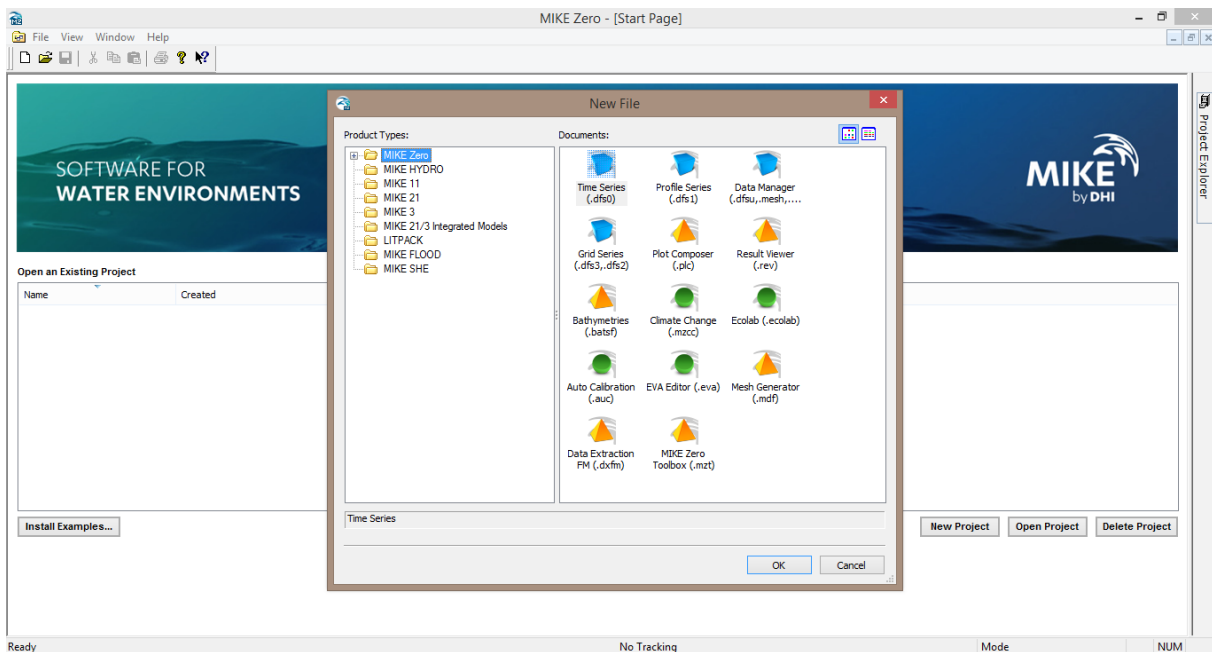


Figure : Interface de Mike Zéro.

### III.3.2. Description du modèle de simulation MIKE21 :

Le **MIKE21** est un progiciel destiné aux professionnels du génie côtier, il comporte plusieurs codes de calculs et de modélisation numérique en **2D**, il est développé par le **Danish Hydraulics Institut** et se base sur un maillage structuré (grille rectangulaire ou curviligne) ou pour certains modules, sur un maillage non structuré (grille triangulaire) (**DHI, 2014**).

La modélisation de la dynamique sédimentaire en milieu côtier, doit tenir compte des courants induits par la marée et les houles. Il s'ensuit que l'approche modélisatrice doit faire appel à un système de modélisation intégré comprenant 3 modèles numériques : un modèle hydrodynamique, un modèle de houle et un modèle de transport sédimentaire de particules non-cohésifs, sous l'effet de l'action combinée des vagues et des courants. Dans ce contexte, le module **MIKE21**, comprend les calculs suivants :

- **MIKE 21-SW** (Spectral Waves Flexible Mesh).
- **MIKE 21-HD** (Hydrodynamic model).
- **MIKE 21-ST** (Non-Cohesive sediment transport).

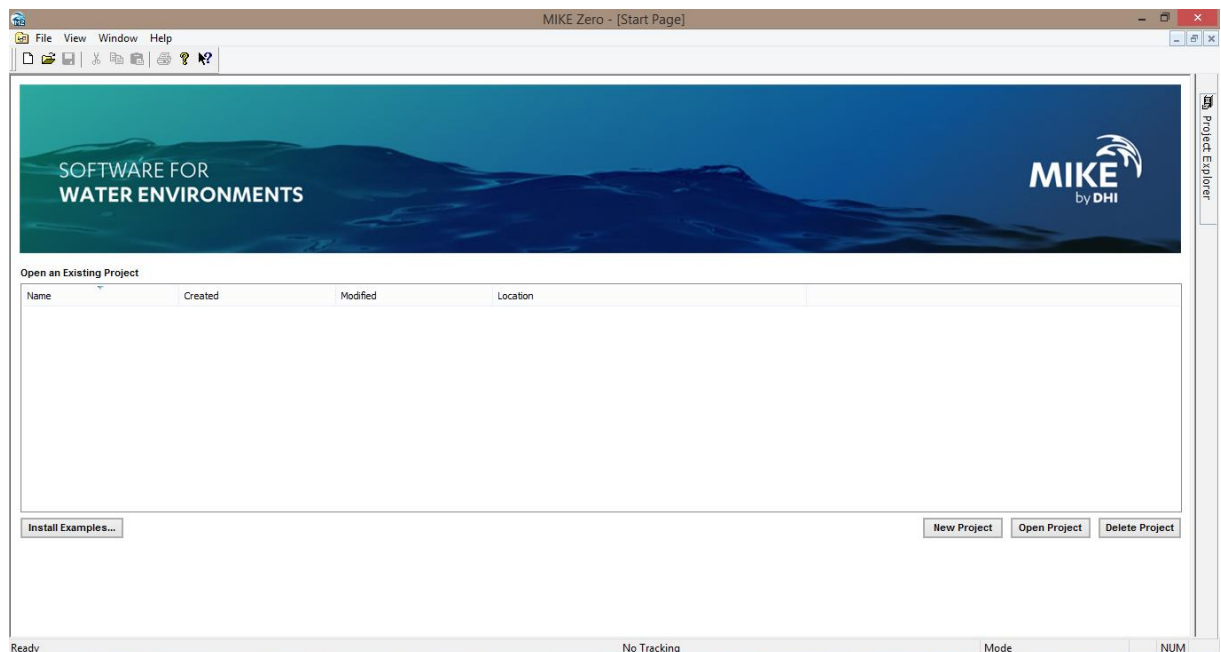


Figure III- 4 : Interface du logiciel Mike21.

#### ➤ **Modèle numérique spectral Wave (MIKE 21-SW):**

Modèle spectral de vague de 3ème génération similaire au SWAN, avec certaines améliorations. Il simule : la croissance des vagues en présence du vent, l'interaction vague-vague non-linéaire, la dissipation par le déferlement et par la friction sur le fond, la réfraction

par les changements de profondeur et l'interaction vague-courant. Les calculs du modèle **MIKE21-SW** utilisent une grille à maillage flexible. Le modèle équivalent sur maillage en différence finie est le modèle **MIKE21-NSW**.

L'équation de base : l'équation de base de ce modèle est l'équation de conservation de l'action de vague (**Komen, et al, 1996**).

L'équation de conservation pour l'action des vagues peut être écrite comme :

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \nabla \cdot (\vec{v}N) = \frac{S}{\sigma} \dots \dots \dots (1)$$

Avec :  $N(\vec{x}, \sigma, \theta,)$  densité d'action,

t le temps,

$\vec{x} = (x, y)$  Les coordonnées cartésiennes,

$\sigma =$  Pulsation,

$\vec{v} = (cx, xy, c\sigma, c\theta)$  est la vitesse de propagation d'un groupe de vagues dans l'espace de phase à quatre dimensions,

Et S est le terme source pour l'équation de l'équilibre énergétique.

$\nabla$  est l'opérateur différentiel à quatre dimensions dans l'espace x, y,  $\sigma, \theta$  et S.

Les quatre vitesses de propagation caractéristiques sont données par :

$$(cx, cy) = \frac{d\vec{x}}{dt} = \vec{c}g + \vec{U} \dots \dots \dots (2)$$

$$c\sigma = \frac{d\sigma}{dt} = \frac{\partial \sigma}{\partial d} \left[ \frac{\partial d}{\partial t} + \vec{U} \cdot \nabla \vec{x} d \right] - Cg\vec{k} \cdot \frac{\partial \vec{U}}{\partial s} \dots \dots \dots (3)$$

$$c\theta = \frac{d\theta}{dt} = -\frac{1}{k} \left[ \frac{\sigma}{\partial d} \frac{\partial d}{\partial m} + \vec{k} \cdot \frac{\partial \vec{U}}{\partial m} \right] \dots \dots \dots (4)$$

Ici, S est coordonné de l'espace dans la direction de l'onde  $\theta$ , et m est une coordonnée perpendiculaire à S.  $\nabla_x$  est l'opérateur différentiel bidimensionnel dans l'espace **x, y**. (**DHI, 2014**).

➤ **Modèle numérique hydrodynamique (MIKE 21-HD) :**

Traite le frottement sur le fond, l'effet des événements météorologiques (vents et pression atmosphérique), et la force de Coriolis, etc.... Il nous permet de simuler les courants côtiers dû à l'action de la houle dans la zone de déferlement.

Il fournit aussi les conditions hydrodynamiques aux autres modules de ce système tel que le Module **MIKE 21-ST**.

Les équations suivantes, la conservation de la masse et la dynamique intégrée à la verticale, décrivent les variations du débit et de l'eau :

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = \frac{\partial d}{\partial t} \dots \dots \dots (5)$$

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{gp\sqrt{(p^2 + q^2)}}{C^2 \cdot h^2} - \frac{1}{\rho w} \left[ \frac{\partial}{\partial x} (h\tau_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (h\tau_{xy}) \right] - \Omega q - fV V_x + \frac{h}{\rho w} \frac{\partial}{\partial x} (p\alpha) = 0 \dots \dots \dots (6)$$

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{q^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{gp\sqrt{(p^2 + q^2)}}{C^2 \cdot h^2} - \frac{1}{\rho w} \left[ \frac{\partial}{\partial y} (h\tau_{yy}) + \frac{\partial}{\partial x} (h\tau_{xy}) \right] - \Omega p - fV V_y + \frac{h}{\rho w} \frac{\partial}{\partial y} (p\alpha) = 0 \dots \dots \dots (7)$$

Les symboles suivants sont utilisés dans ces équations (DHI, 2014):

- $h(x, y, t)$ : Profondeur de l'eau (m).
- $(x, y, t)$ : Variation temporelle de la profondeur de l'eau (m).
- $\zeta(x, y, t)$ : L'élévation de surface (m).
- $p, (x, y, t)$ : Densités de flux dans les directions x et y (m<sup>3</sup>/s/m).
- $(x, y)$ : Coefficient de Chezy (m<sup>1/2</sup>/s).
- $g$ : L'accélération de la pesanteur (m/s<sup>2</sup>).
- $(V)$ : Facteur de frottement de vent.
- $V, V_x, (x, y, t)$ : Vitesse et composantes du vent dans les directions x et y (m/s).
- $\Omega(x, y)$ : Paramètre de Coriolis (s<sup>-1</sup>).
- $Pa(x, y, t)$ : Pression atmosphérique (kg/m/s<sup>2</sup>).
- $\rho w$ : Masse volumique de l'eau (kg/m<sup>3</sup>).
- $\tau_{xx}, \tau_{xy}, \tau_{yy}$ : composantes de l'effort de cisaillement effectif.

➤ **Modèle numérique de transport de sable (MIKE 21-ST) :**

Le modèle MIKE 21-ST est un modèle numérique qui calcule les taux de transport de sédiment non cohésifs (Sable) sur le fond et en suspension sous l'action combinée des courants et des vagues.

Ce modèle n'utilise que le modèle STPQ3D en cas de houle et des courants combinés. Les transports de sables sont déterminés par l'interpolation dans les tableaux de transport (DHI, 2014). Ces tableaux doivent être générés au préalable par « MIKE 21 Toolbox » avec le choix

de « Generation of Q3D Sediment Tables ». Ils doivent intégrer une condition quelconque de bathymétrie, courant, houle, ou sédiment prédite par le module intégré (DHI, 2014).

On est amené à résoudre cette équation de transport-diffusion pour calculer la concentration des sédiments transportés.

$$\partial C \partial t + \text{div}((\vec{U} + W \vec{s})C) = \text{div}(\gamma t * \nabla C)$$

Avec :  $\vec{U}$  : étant le champ de vitesse 3D.

$W \vec{s}$  : vecteur vitesse de chute des particules dirigées vers le bas.

$\gamma t$  : le coefficient de diffusivité turbulente des sédiments (DHI, 2014).

### Les principales étapes de l'approche intégrée de la modélisation par le MIKE 21 :

Avant d'entamer la simulation, il est important de créer un mesh file, ce dernier relie la profondeur des eaux, extraite des données bathymétriques, à chaque point du domaine. Il contient donc les informations concernant la profondeur des eaux, les boundary (les limites de mesh file) et les éléments du maillage qui sont de type triangulaire pour les deux cas de simulation (avant, et après la réalisation du port).

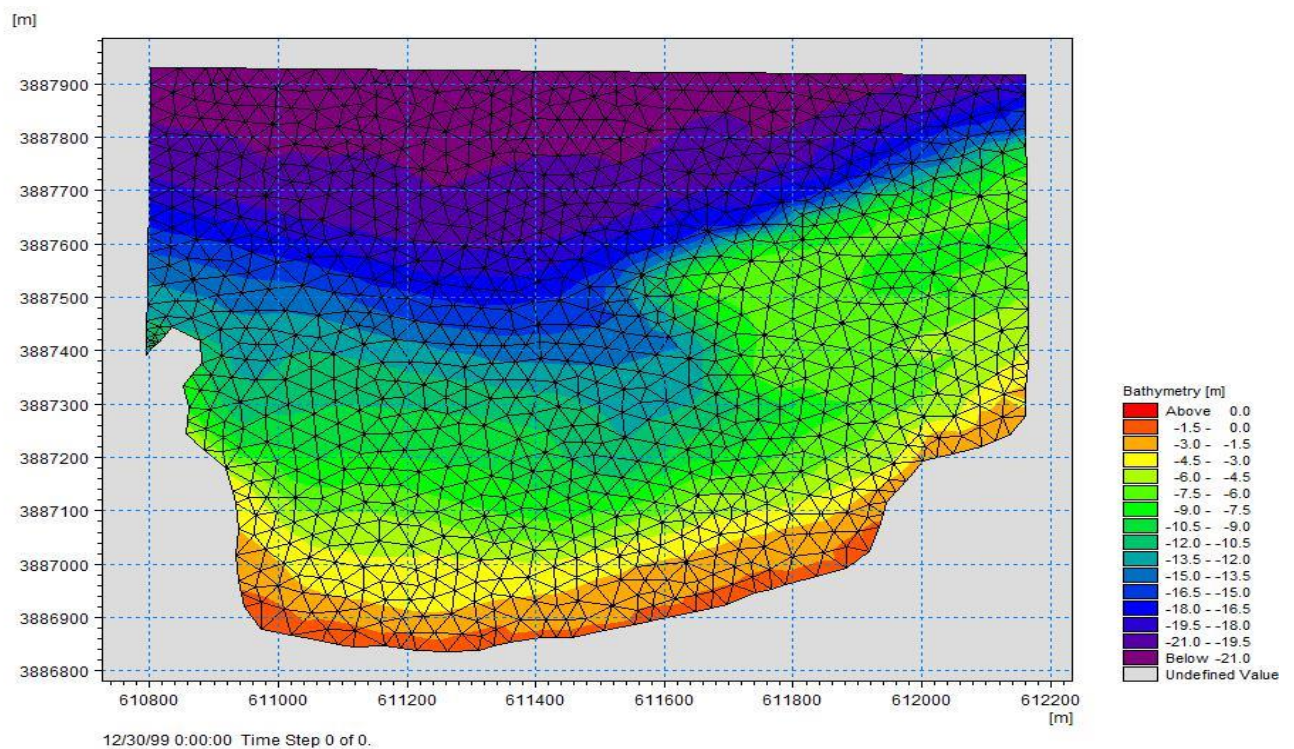
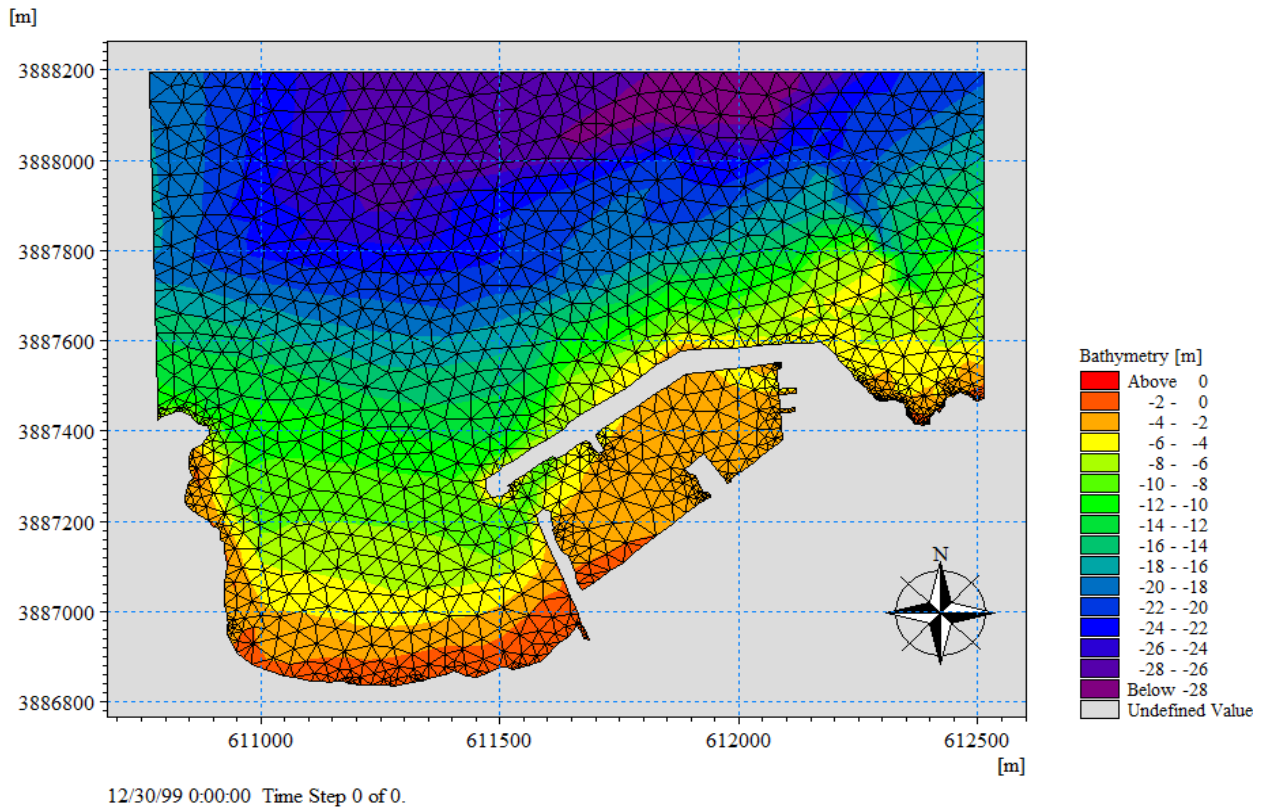


Figure III- 5 : Maillage triangulaire flexible adaptée au domaine de calcul (absence du port).



**Figure III- 6 :** Maillage triangulaire flexible adaptée au domaine de calcul (présence du port). Après la création du mesh file, on passe à la réalisation du SETUP qui contient les données de base de la simulation :

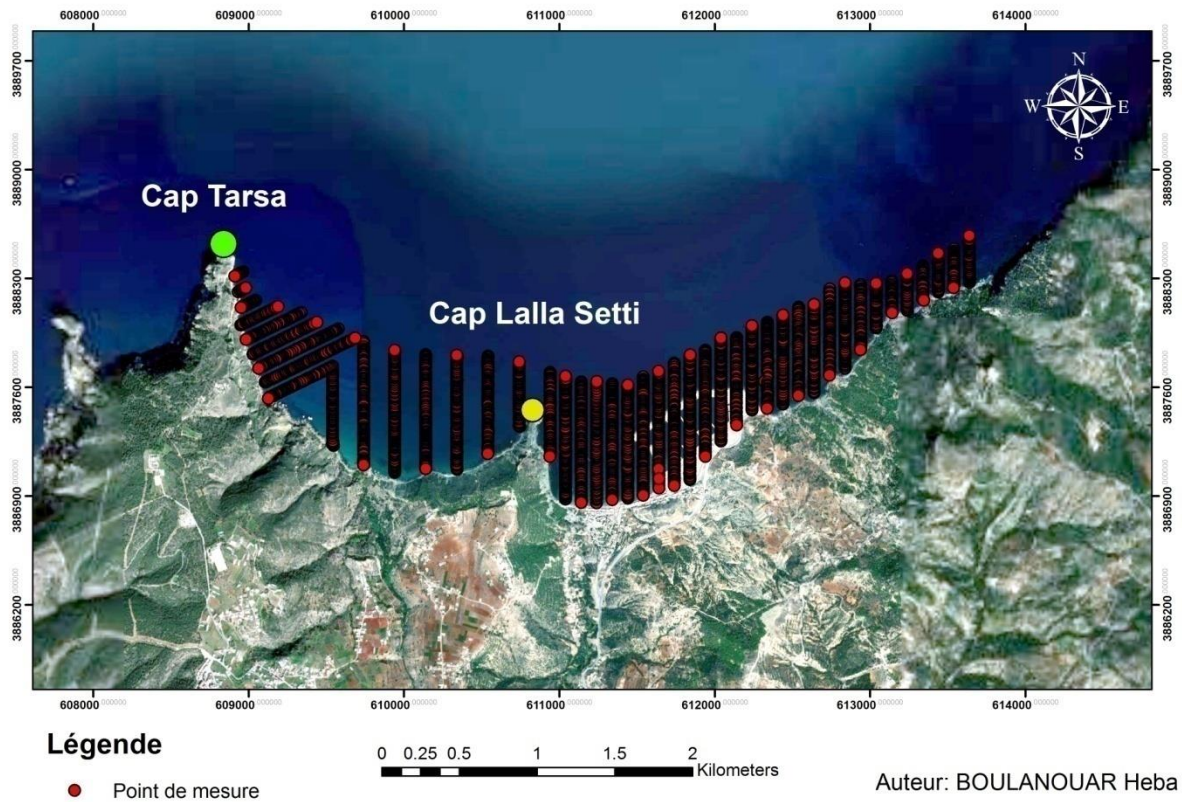
- En premier lieu, on fait rentrer notre domaine d'étude (mesh file), puis on précise la durée de simulation.
- Puis on génère la table sédimentaire (Q3D Sediment Transport Table) qui permet de calculer les taux de transport des sédiments non cohésifs ( $m^3/s/m$ ) en utilisant l'effet combiné des vagues et du courant, ceci pour le modèle numérique de transport de sable MIKE 21-ST.
- Enfin on termine la préparation des données de simulation en rentrant la hauteur, la direction et la période de différentes houles au niveau du modèle numérique Spectral Waves (MIKE 21-SW).

#### **Données bathymétriques :**

Les données bathymétriques de notre zone d'étude ont été obtenues par :

-Levé bathymétrique : réalisé par le laboratoire des études maritimes (**LEM**) et permettant d'avoir une précision importante près de la côte ainsi qu'une vision détaillée de l'évolution des petits fonds.

L'interpolation de ces données issues de différentes sources nous a permis d'établir la carte bathymétrique de la zone d'étude (**Figure III-7**).



**Figure III- 7** : Carte montre les points de la mesure de la bathymétrie dans la commune de Sidna Youchaa (LEM, 2006).

### III.2.3 Etude bathymétrique :

L'analyse de la bathymétrie de la zone d'étude est faite sur la base du levé bathymétrique réalisé par le LEM durant la première campagne de mesure. Ce dernier reflète une morphologie sous-marine qui se divise en deux zones distinctes à savoir :

- La partie Ouest au droit de la plage de Sidna Youchaa présente des fonds réguliers, les isobathes sont plus en moins parallèles à la côte avec un replat assez important entre les isobathes -5m et -10m, sauf dans la partie où se trouve la falaise rocheuse, on observe un resserrement des lignes d'isobathes ce qui suggère une rupture de pente assez importante dans cette partie.
- La partie Est au droit et à l'Est du nouveau port de pêche en cours de réalisation, présente des fonds assez irréguliers avec un resserrement des isobathes et une rupture brutale de la pente entre l'isobathe -10m et la profondeur de -15m, cela est dû à la présence de fonds de nature rocheuse dans cette zone (**Figure III-8**).

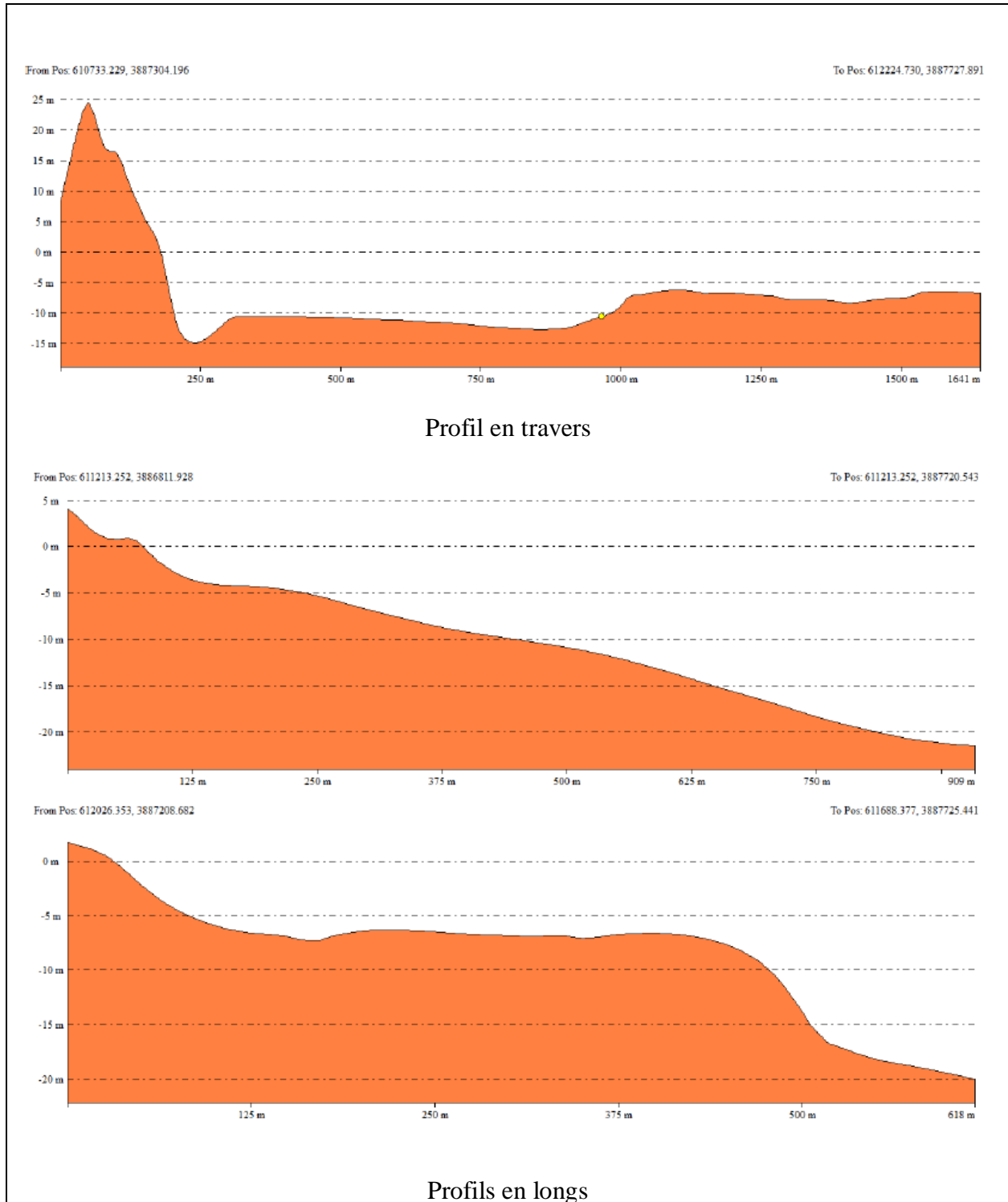
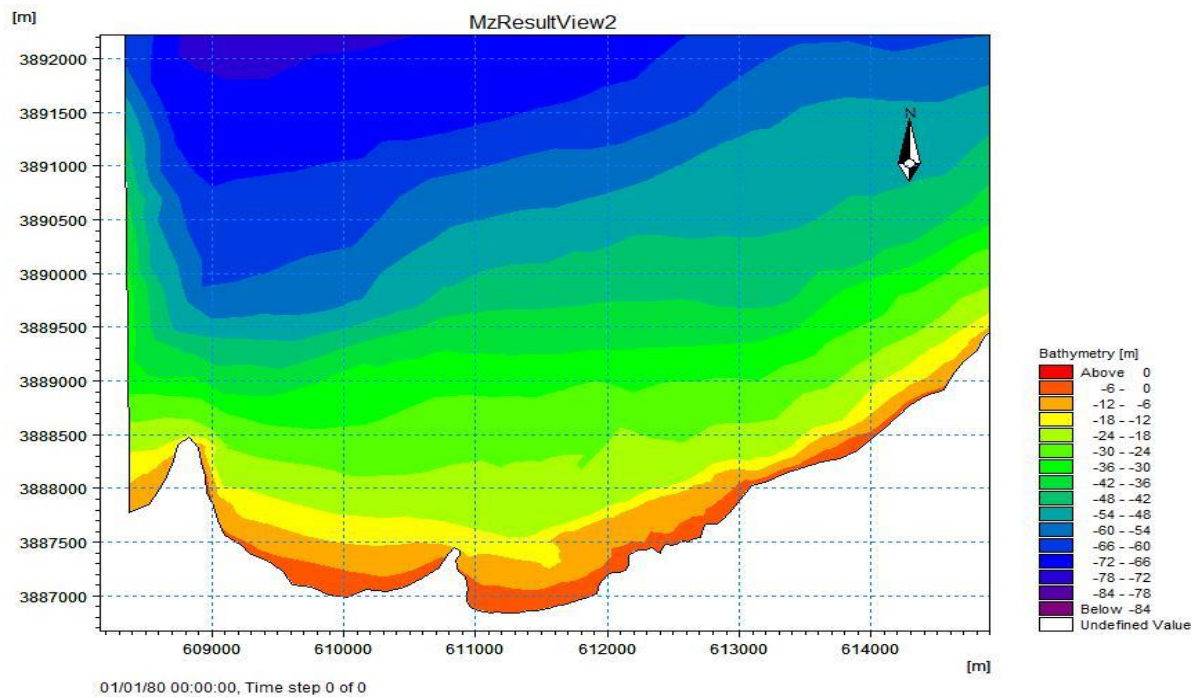


Figure III- 8 : profils de la bathymétrie.



**Figure III- 9** : Bathymétrie de la commune littoral d’el GHAZAOUET, réalisée a par des un fichier XYZ de la bathymétrie réalisé par un relevé terrain par le LEM en 2006.

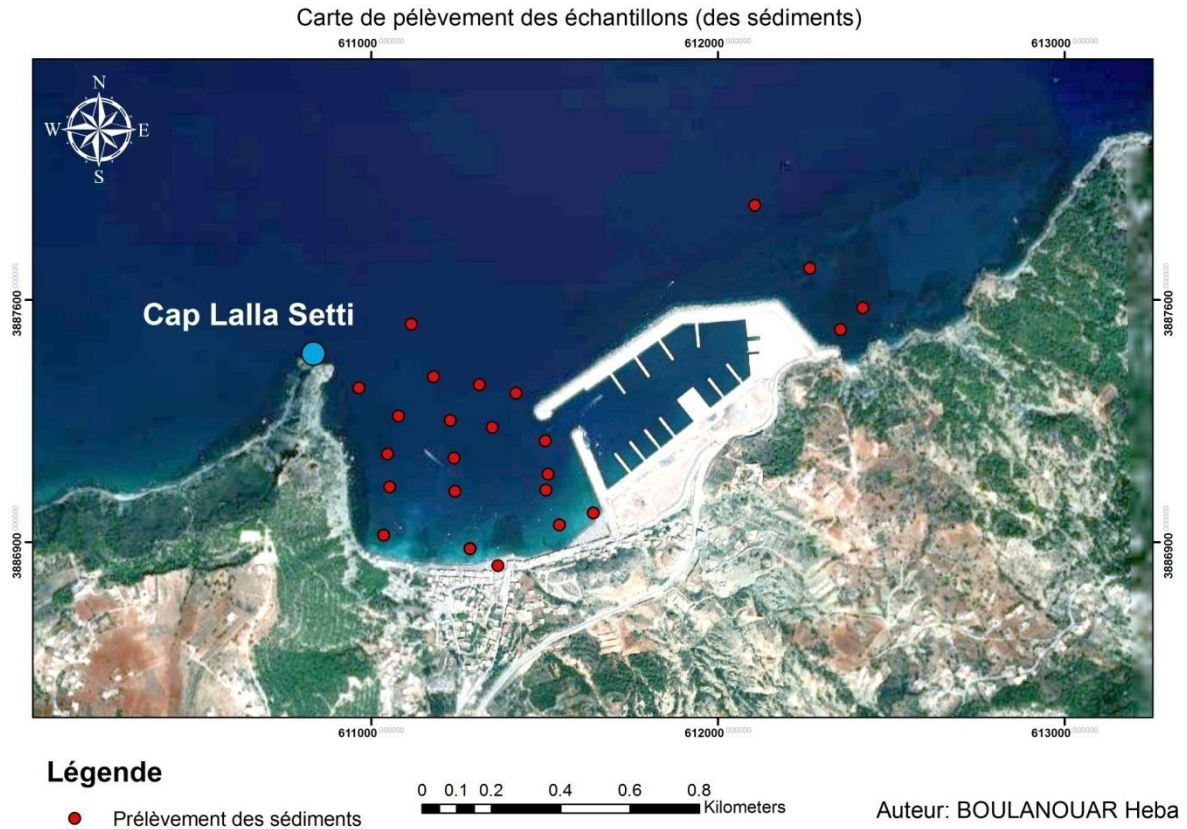
**Commentaire :**

La bathymétrie obtenue présente des valeurs comprises entre -6 m et -84 m. Bien que l’étude bathymétrique nécessite une précision assez importante pour les calculs hydrodynamiques. L’analyse de la carte bathymétrique montre des isobathes plus au moins régulières et parallèles à la côte. La zone présente un fond marin assez régulier dont les isobathes sont un peu plus espacées.

**Données sédimentologiques :**

Pour les besoins de l’étude et afin de déterminer la nature des fonds marins, une campagne d’échantillonnage de sédiments superficiels a été réalisée. Ainsi 25 points ont été prélevés sur site.

La **Figure III-10** ci-dessous montre la position des points d’échantillonnages de sédiments dans la zone d’étude.



**Figure III- 10** : Carte des positions des échantillons prélevés (LEM,2016).

Les résultats de cette expertise sédimentologique ont été utilisés comme données d'entrée dans notre modèle de calcul de transport sédimentaire ST de la suite logicielle de Mike 21 FM (voir l'Annexe).

#### **Répartition du grain médian :**

La carte de répartition de la médiane granulométrique (**figure III-11**) ci-dessous montre une distribution classique des sédiments en milieu marin, avec une diminution du diamètre des grains de la côte vers le large.

En ce qui concerne la zone à l'Est du port, cette dernière se caractérise par l'existence de sable grossier ( $500 \mu\text{m} < D_{50} < 1000 \mu\text{m}$ ) entre le trait de côte et l'isobathe -6m NGA et du sable très grossier ( $1000 \mu\text{m} < D_{50} < 2000 \mu\text{m}$ ) entre l'isobathe -6m NGA et -15m NGA.



**Figure III- 11** : Répartition spatiale Médiane D50 (LEM, 2016).

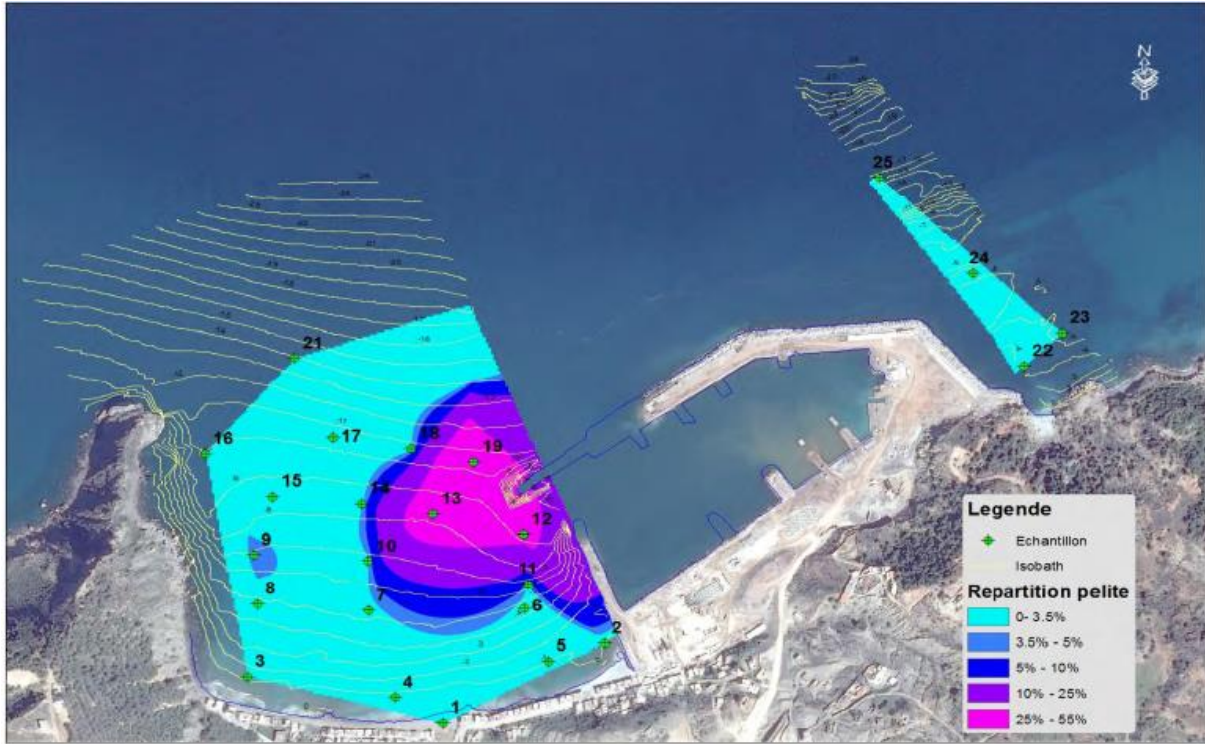
Concernant la plage (**Fig.III-11** et **Fig.III-12**), elle est constituée de sables moyens à grossiers et de galets centimétriques roulés, sur laquelle débouche oued Moula, le cours d'eau le plus important dans la zone.



**Figure III- 12** : Plage de Sidna Youchaa constitué de sable et de galets (15/08/2022).

### Répartition du grain médian :

La répartition spatiale des pélites (**Figure III-13**) ci-après, montre qu'en général le pourcentage de cette fraction est faible sur toute la zone d'étude sauf pour la zone où les travaux de réalisation du port de pêche sont en cours où enregistre des valeurs importantes d'éléments fins (TVC) supérieur à 50%.



**Figure III- 13** : Répartition des pélites dans la zone d'étude (LEM, 2016).

Le principe général de la simulation par les codes de calcul MIKE est résumé dans le schéma suivant :

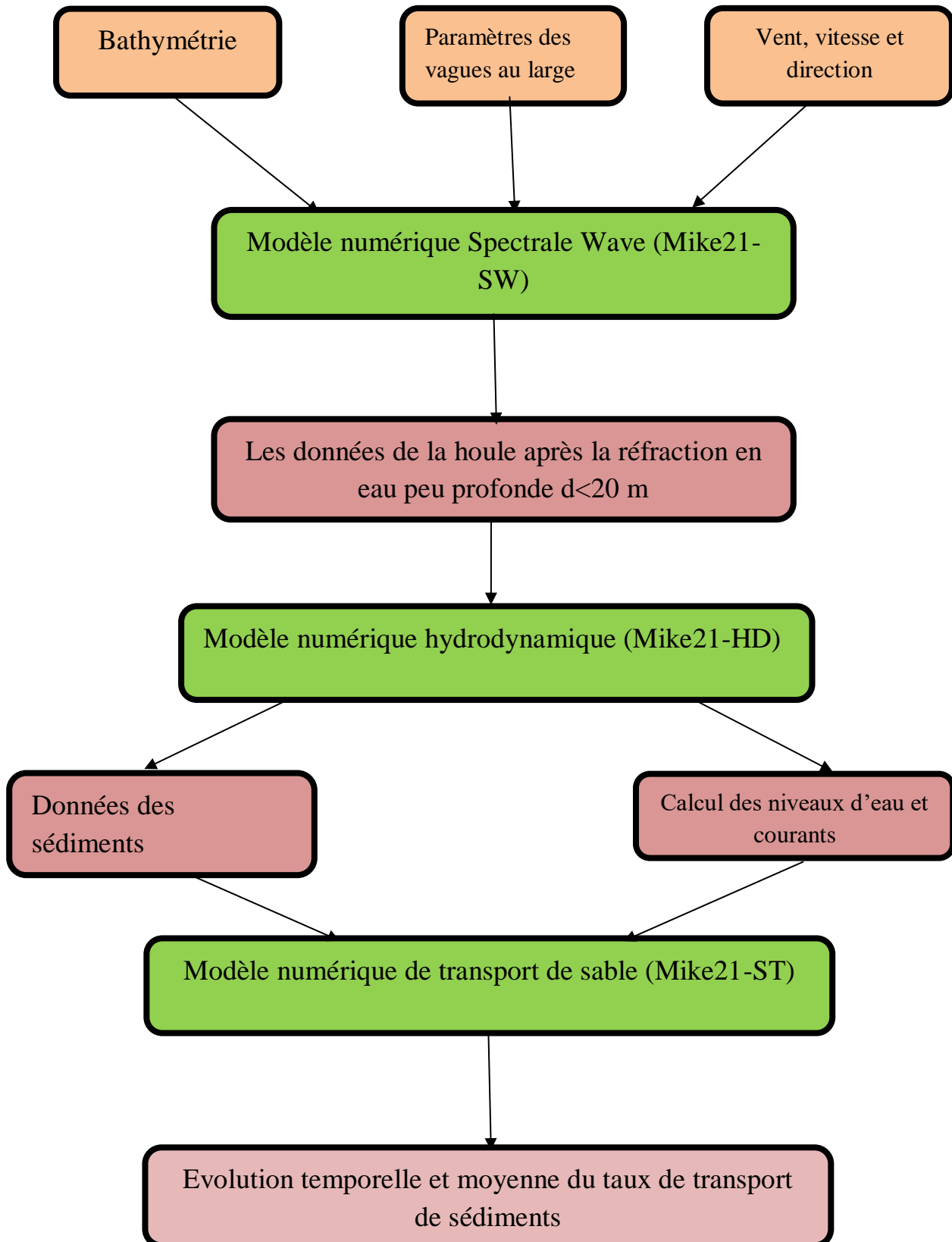


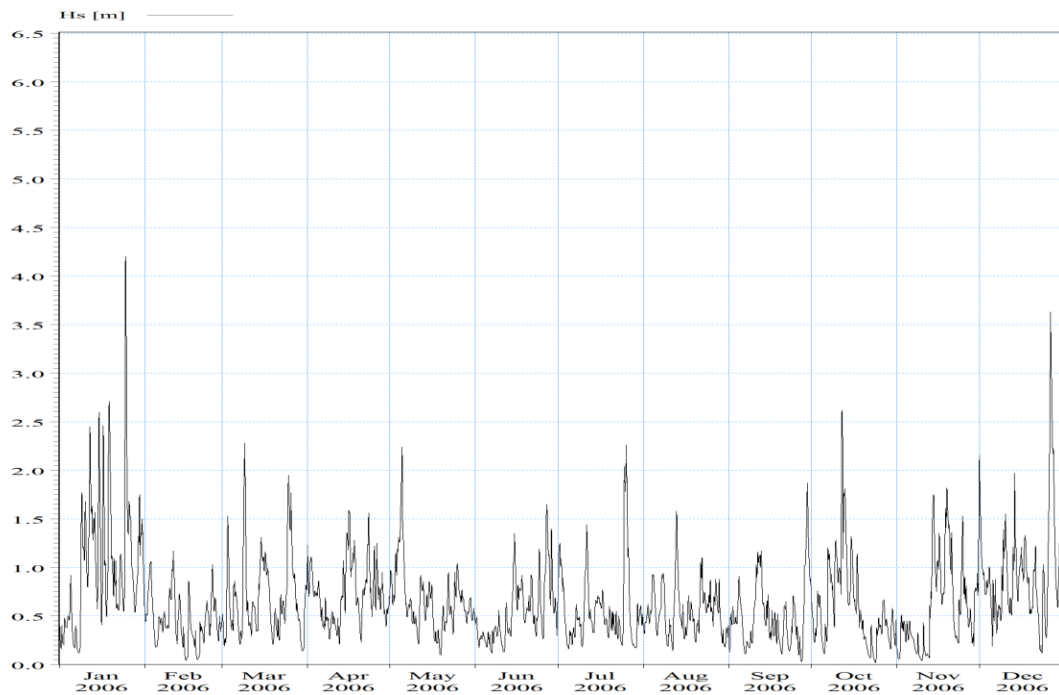
Figure III- 14 : Approche méthodologique de la modélisation par les codes MIKE 21.

### III.3. Résultats et discussions :

#### Introduction :

Après avoir introduit la bathymétrie et la série temporelle (**Figure III-15**) et définir les conditions limites, la simulation a été lancée. La durée d'un effort de simulation varie entre 1 à 2 jours, selon la complexité des objectifs, des processus impliqués et de leur saisonnalité.

La figure suivante représente la série temporelle de la hauteur significative de la houle durant l'année de 2006 avant la réalisation du port, on voit clairement qu'il y a deux valeurs maximales de la hauteur, une au moins de janvier (période hivernale), et l'autre au moins de juillet (période estivale). A partir de ces deux valeurs, on a focalisés sur l'étude à restituer successivement le champ de la houle, les courants induits, la capacité théorique de transport solide pour chaque période considérée.



**Figure III- 15** : La série temporelle (Puerto del estado).

Pour l'année 2017, où le port est déjà existé, on choisit une période hivernale et une période estivale pour le champ de la houle, les courants induits, la capacité théorique de transport solide.

## Partie 1 : Cas initial « Absence du port »

### **III.a. Commentaire :**

Le paramètre  $H_s$  représente la hauteur de la houle en mètre qui varie globalement entre 0.25 et 3.50 m au niveau du site, les vecteurs représentent par leurs sens la direction de propagation de la houle, leurs longueurs étant proportionnelles à la hauteur de la houle.

Au large, les houles ne subissent aucune modification et gardent leurs caractéristiques initiales, mais au fur et à mesure qu'elles se propagent vers la côte l'effet du fond commence à être ressenti, la hauteur de la houle diminue en se rapprochant de la cote pour atteindre des valeurs inférieures qui varient en fonction de la profondeur et de la présence d'obstacles.

La partie Ouest de la zone d'étude se caractérise par la présence de **CapLallaSetti** qui constitue une sorte d'obstacle naturel qui provoque la diffraction des houles et déclenche leur déferlement bien avant l'arrivée à la côte et plus rapidement que la partie Est. La zone derrière elle semble être plus ou moins naturellement abritée contre l'action marine. D'après les résultats de l'étude hydrosédimentaire, **Cap LALLA Setti** n'influe pas vraiment sur le régime du transport sédimentaire près du littoral. De ce fait, sa faible contribution va être négligée.

### **III.b. Période hivernale :**

Les houles provenant du secteur NW, dont la hauteur significative de 2,5m à 3.25m avec une période de 7s, sont très fréquentes durant la période hivernale. A l'arrivée à la côte, elles enregistrent des valeurs de 1m à la plage de Sidna Youchaa et 1.25 à 2.75 m à la partie est de la zone d'étude.

Ces houles engendrent un courant long shore dirigé de l'Ouest vers l'Est et dont l'intensité diminue au fur et à mesure de sa progression, avec des vitesses qui enregistre un maximum de 0.6m/s à l'Est et un minimum de 0.3m/s à l'Ouest de la zone d'étude. Cette tendance évolutive des courants induit un transport sédimentaire de l'Ouest vers l'Est. La quantité de sédiments arrachés est inférieure à 283.824 m<sup>3</sup>/an/m, c'est une estimation de la capacité du transport de ces courants.

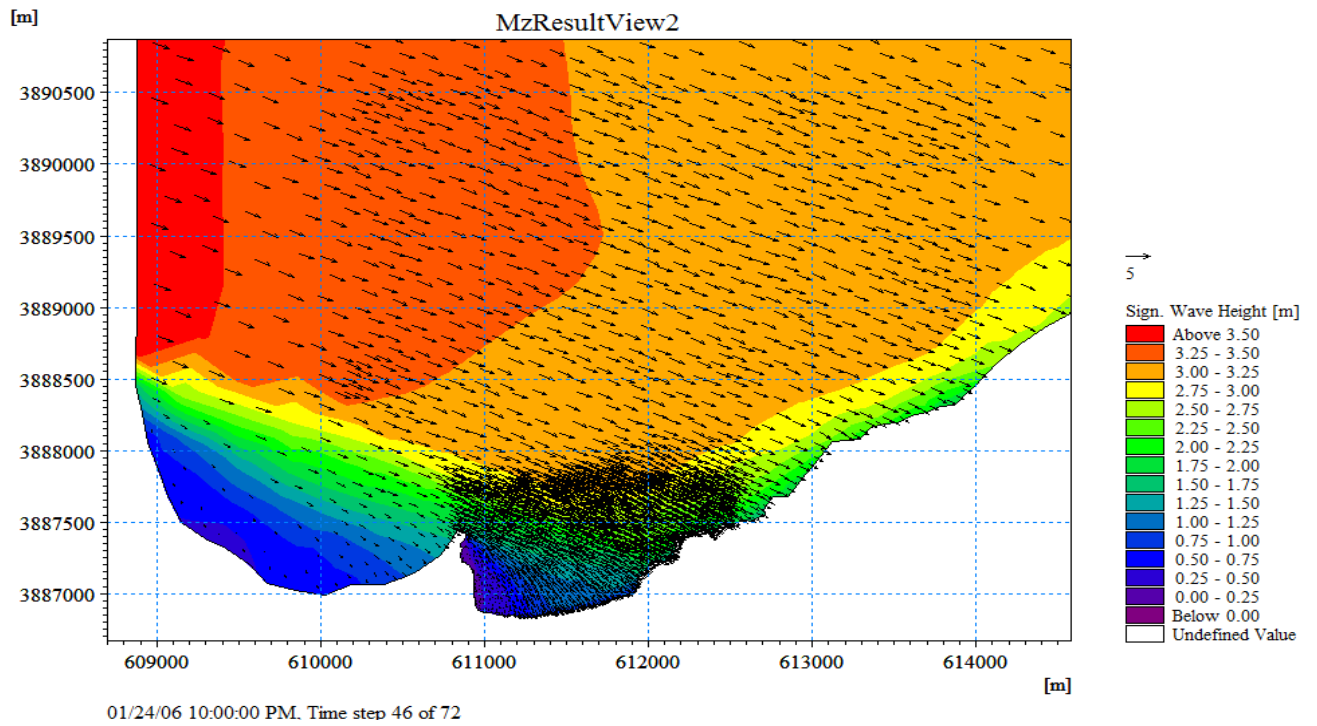


Figure III- 16 : Représentation de la propagation des houles de secteur NW.

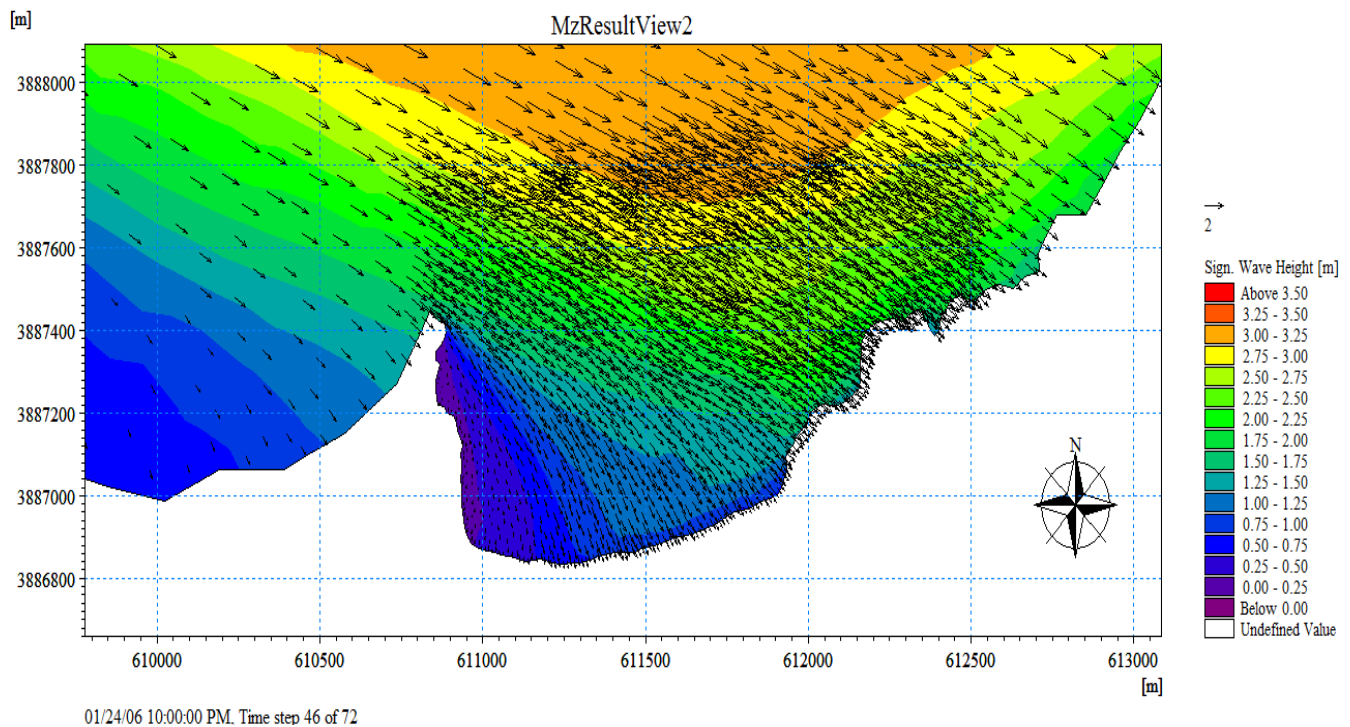
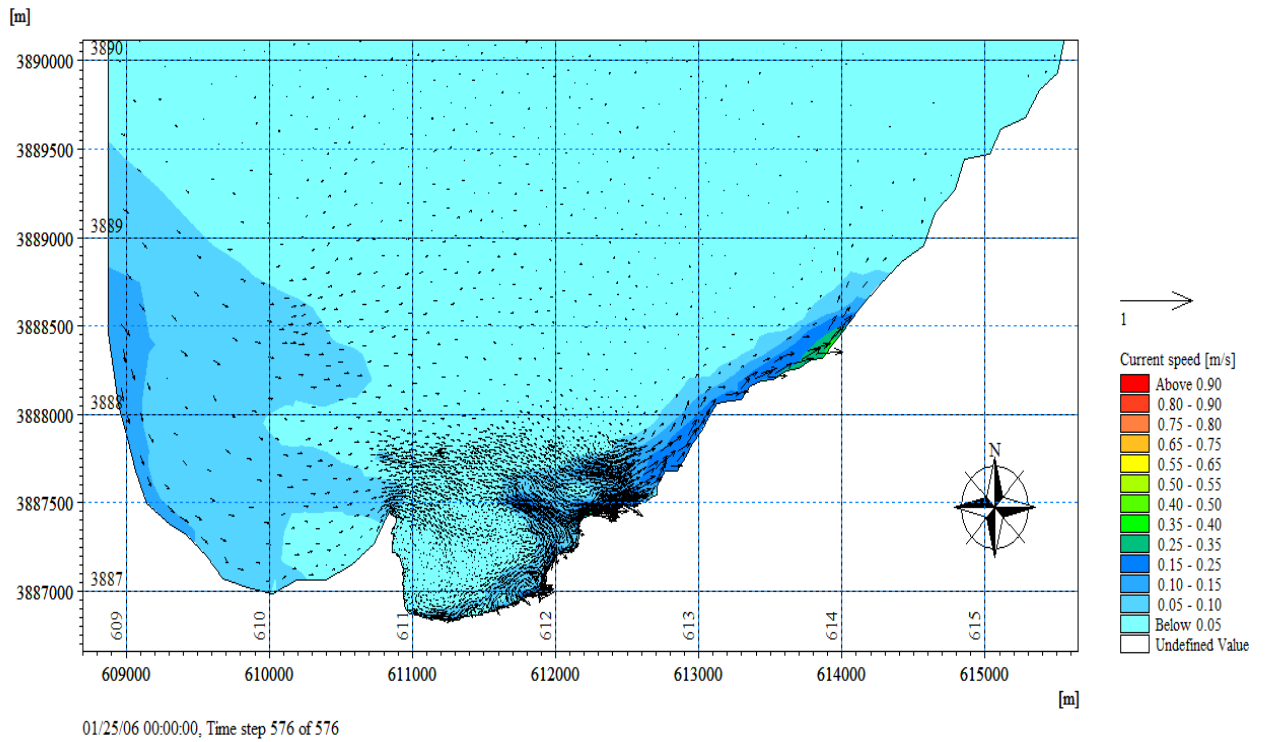
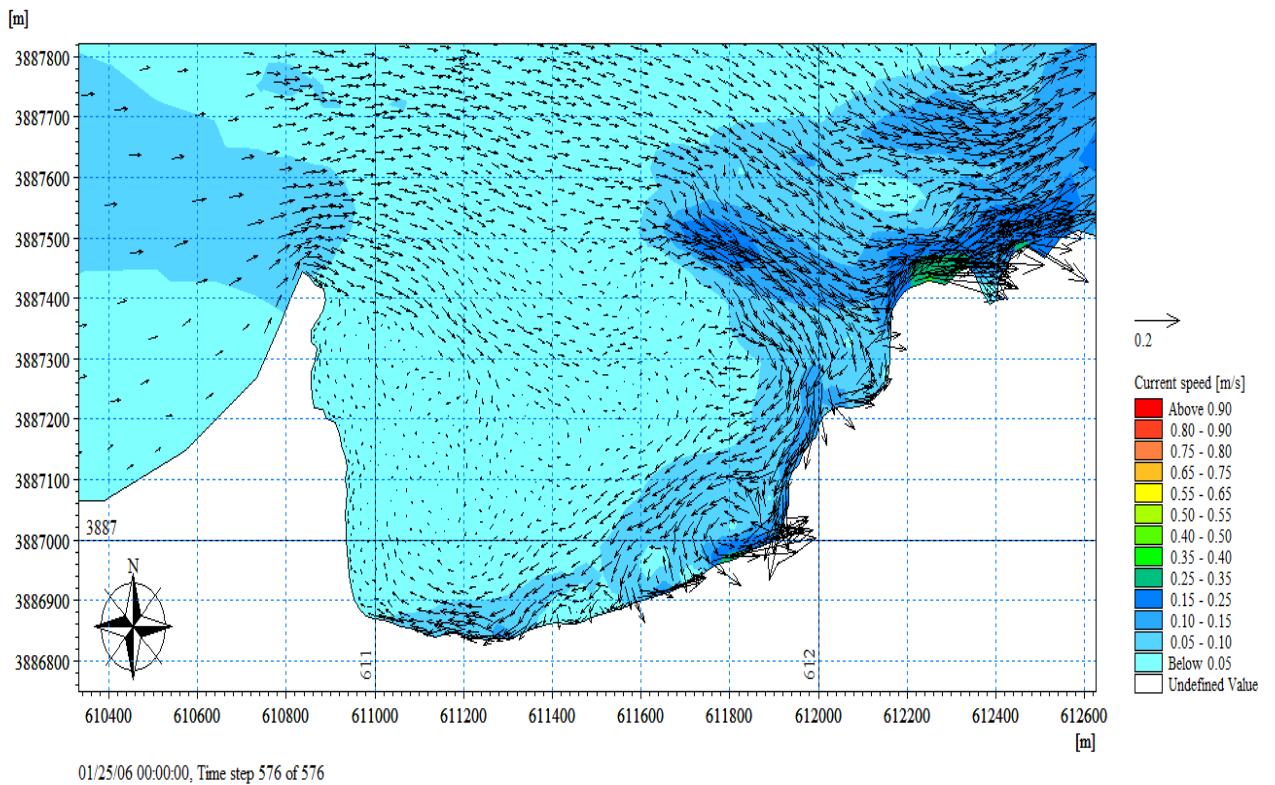


Figure III- 17 : Zoom de la représentation de la propagation des houles de secteur NW.



**Figure III- 18** : Représentation du transport sédimentaire induit par les houles de secteur NW.



**Figure III- 19** : Zoom de la représentation du transport sédimentaire induit par les houles de secteur NW.

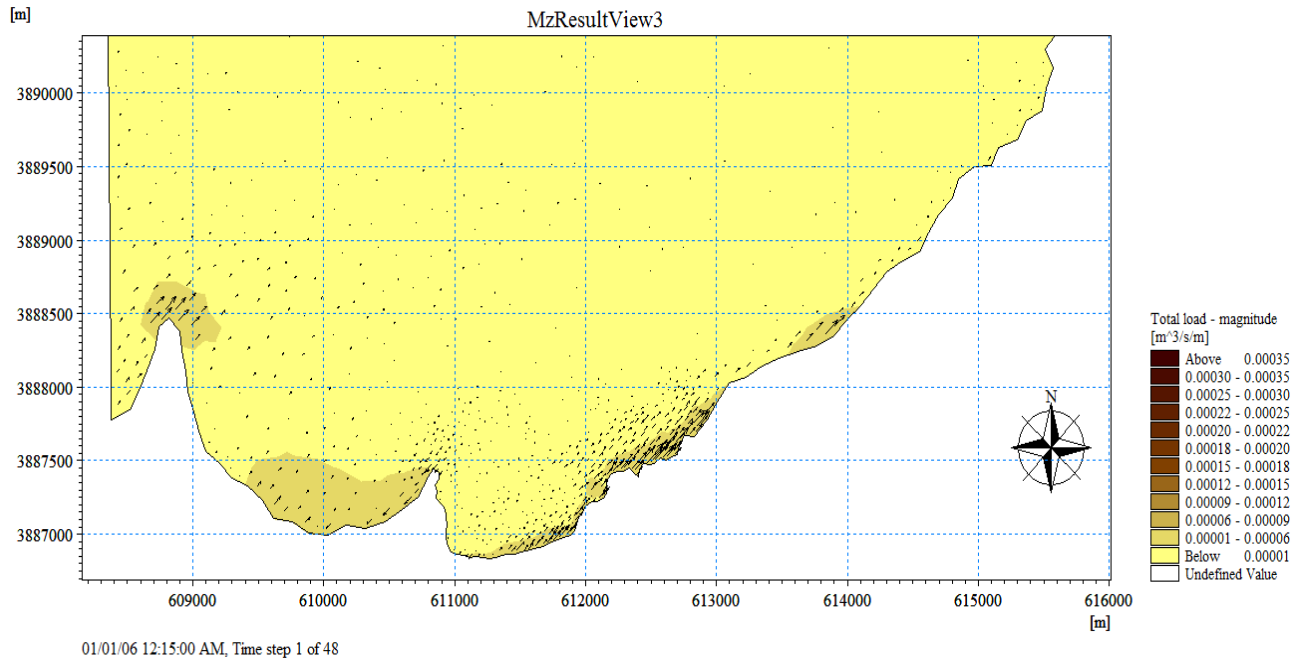


Figure III- 20 : Représentation du transport sédimentaire induit par les houles de secteur NW.

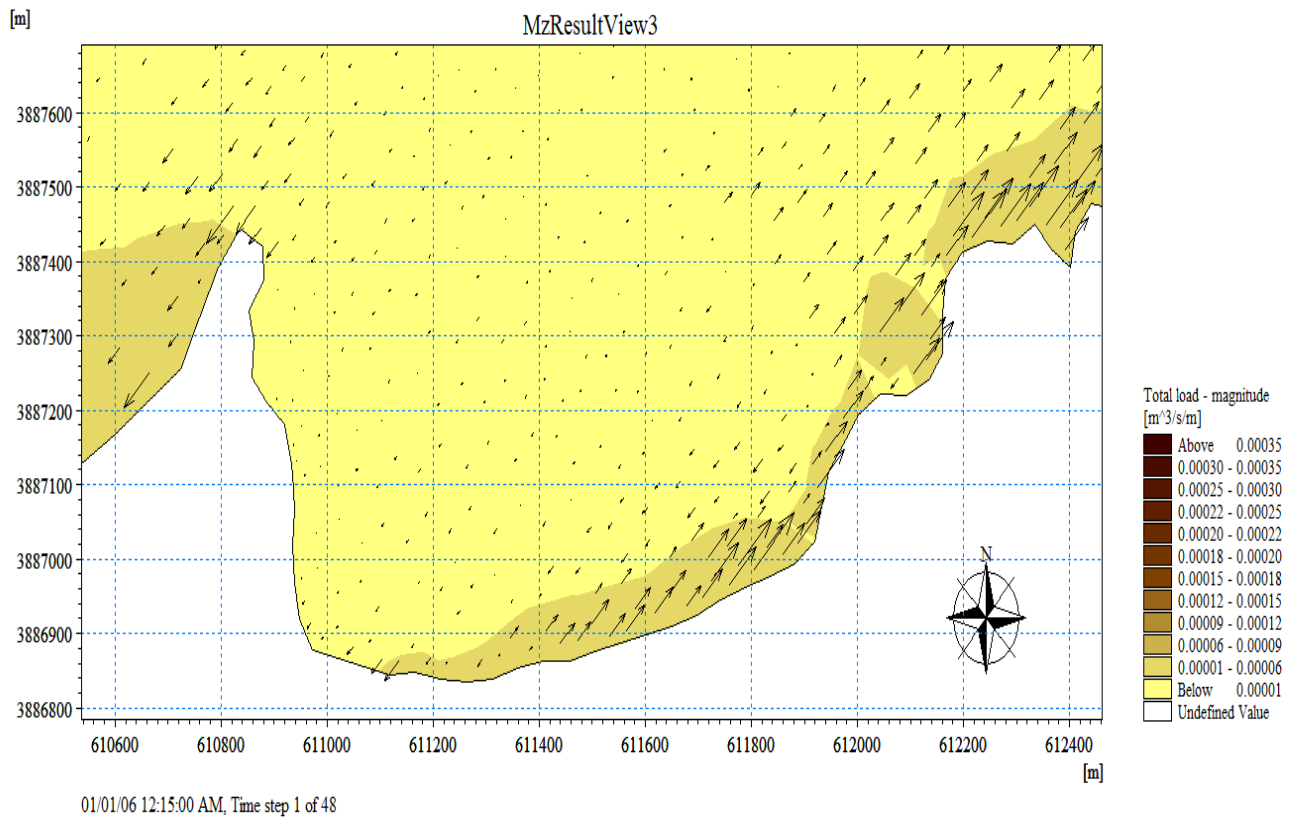


Figure III- 21 : Zoom de la représentation du transport sédimentaire induit par les houles de secteur NW.

### **III.c. Période estivale :**

La figure suivante montre que les houles venant du secteur NW, avec une hauteur significative de  $>2$  m. A l'arrivée à la côte, elle enregistre une hauteur qui ne dépasse pas 0,8m à l'est et 0.2m à l'ouest.

Au niveau de la plage, ces houles induisent un courant parallèle à la côte dont les vitesses moyennes peuvent atteindre 0,25m/s. Ceci est accompagné par une dérive littorale de l'Est vers l'Ouest dont l'intensité est de 220.75m<sup>3</sup>/an/m. Le transport sédimentaire continuera son déplacement vers l'Ouest mais avec un débit moins important qui ne dépasse pas 110,7m<sup>3</sup>/an/m. Cette diminution de la quantité de sédiments transportées témoigne d'un dépôt potentiel de sédiments dans ce secteur.

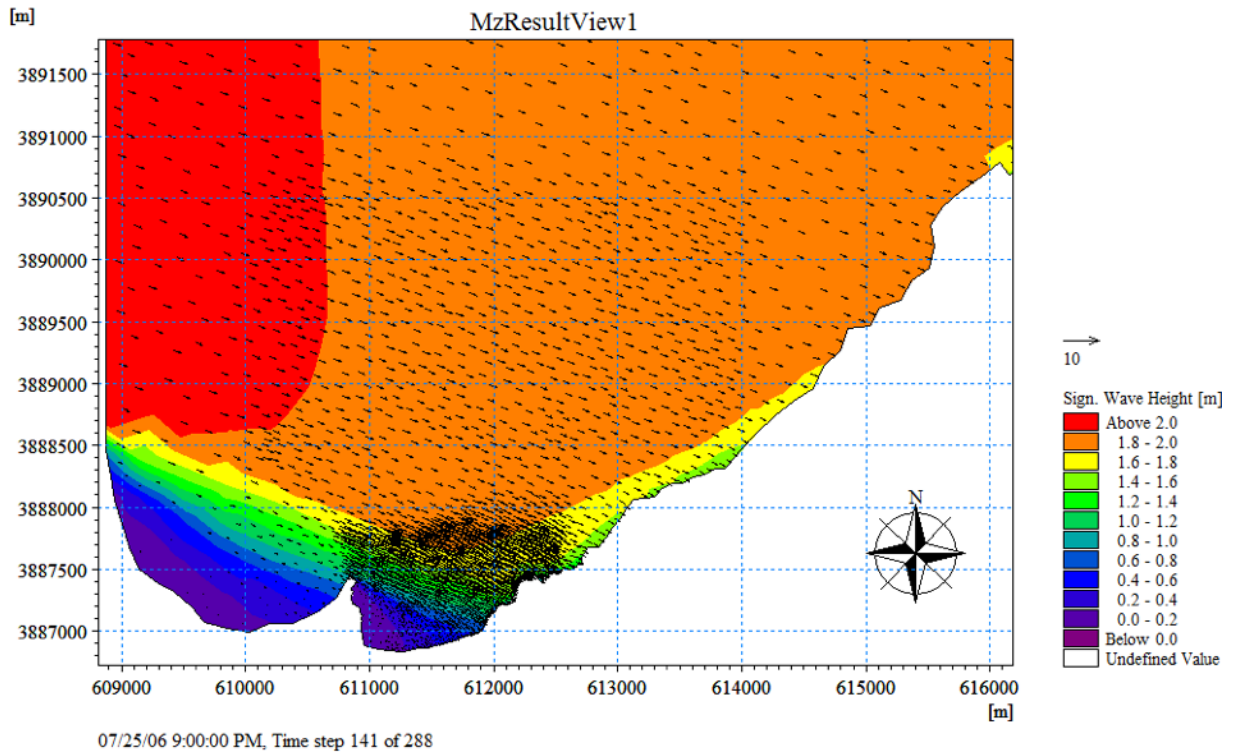


Figure III- 22 : Représentation de la propagation des houles de secteur NW.:

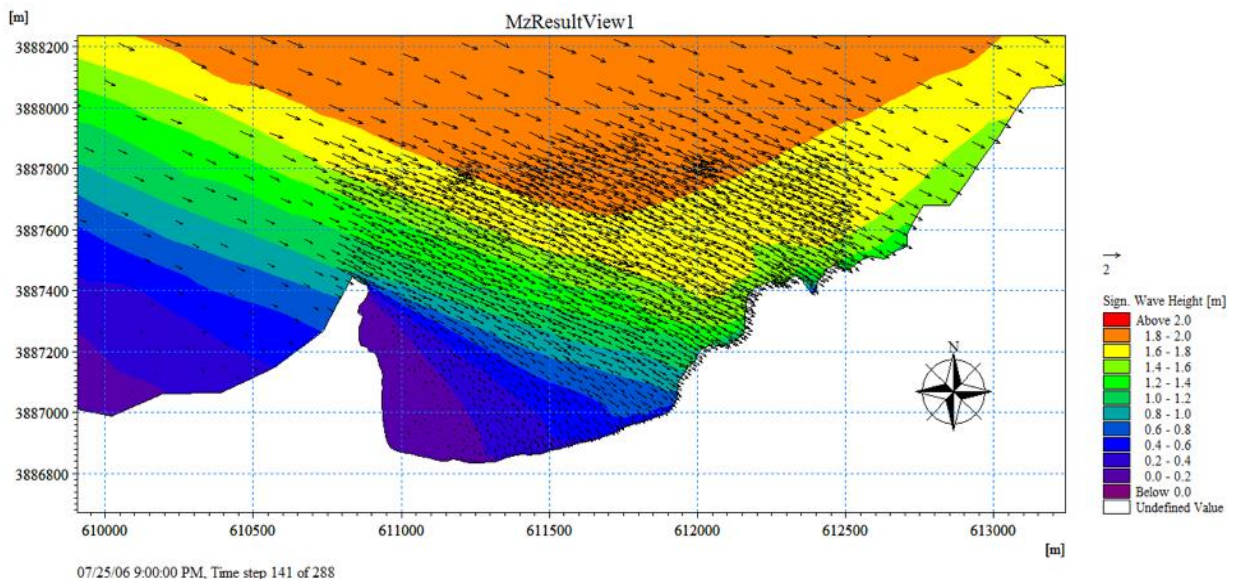


Figure III- 23 : Zoom de la représentation de la propagation des houles de secteur NW.

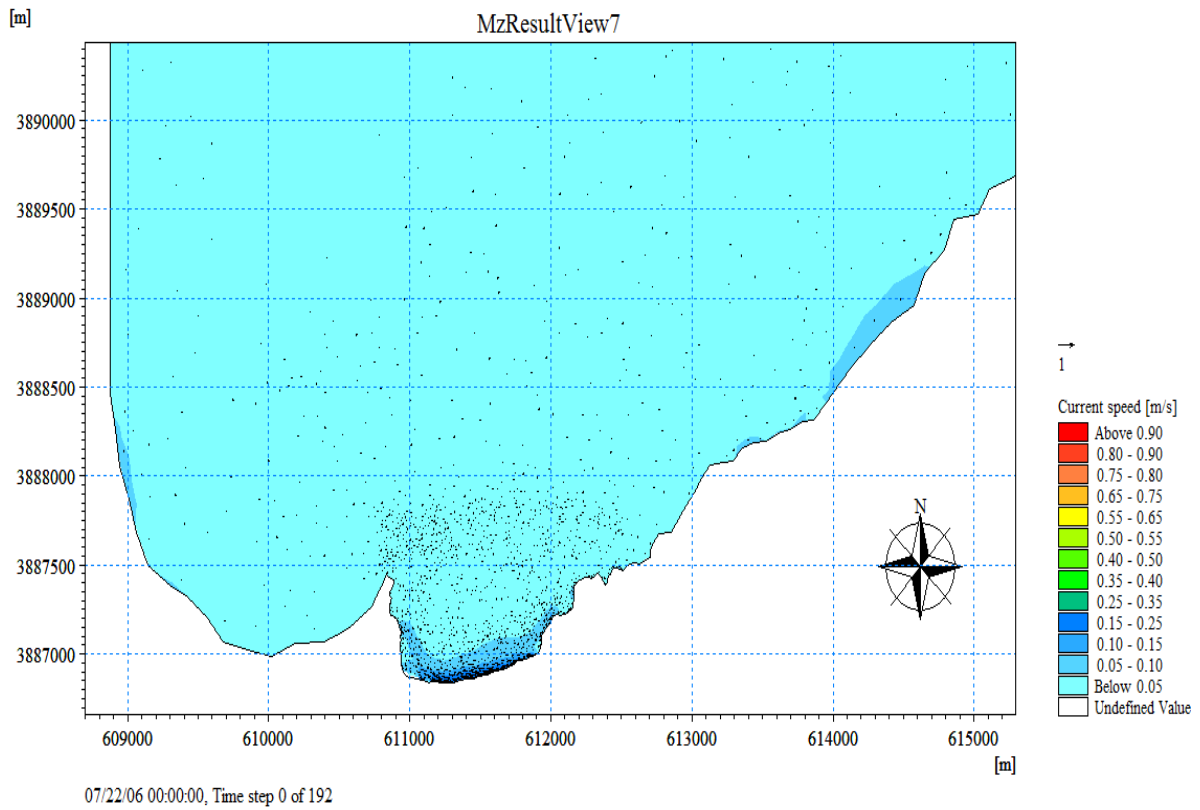


Figure III- 24 : Représentation du champ du courant induit par les houles de secteur NW.

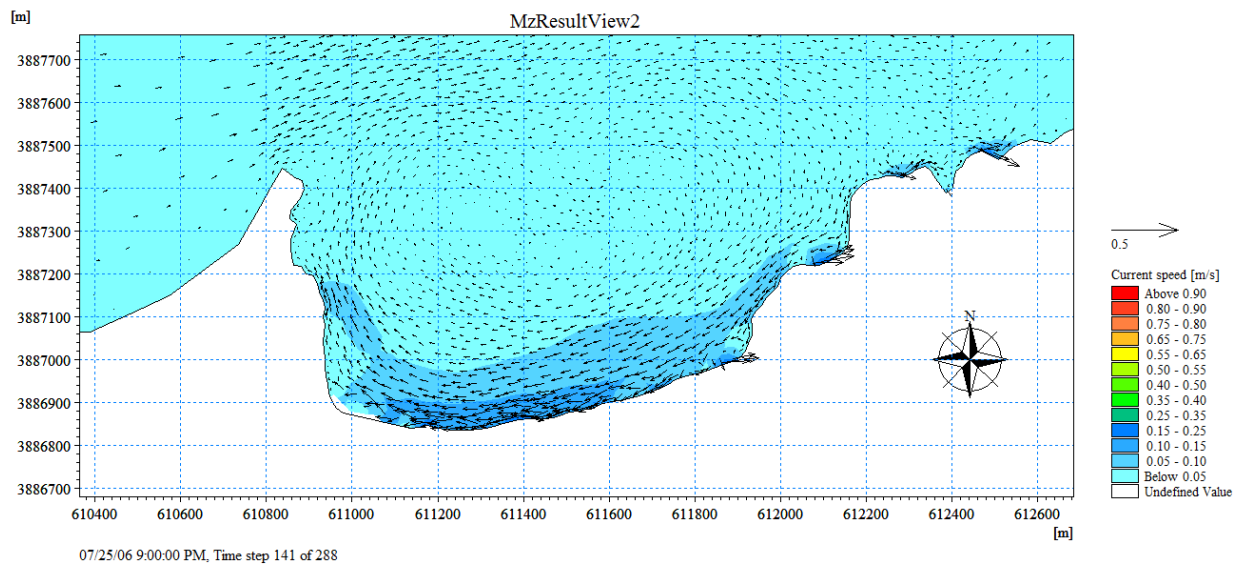


Figure III- 25 : Zoom de la représentation du champ du courant induit par les houles de secteur NW.

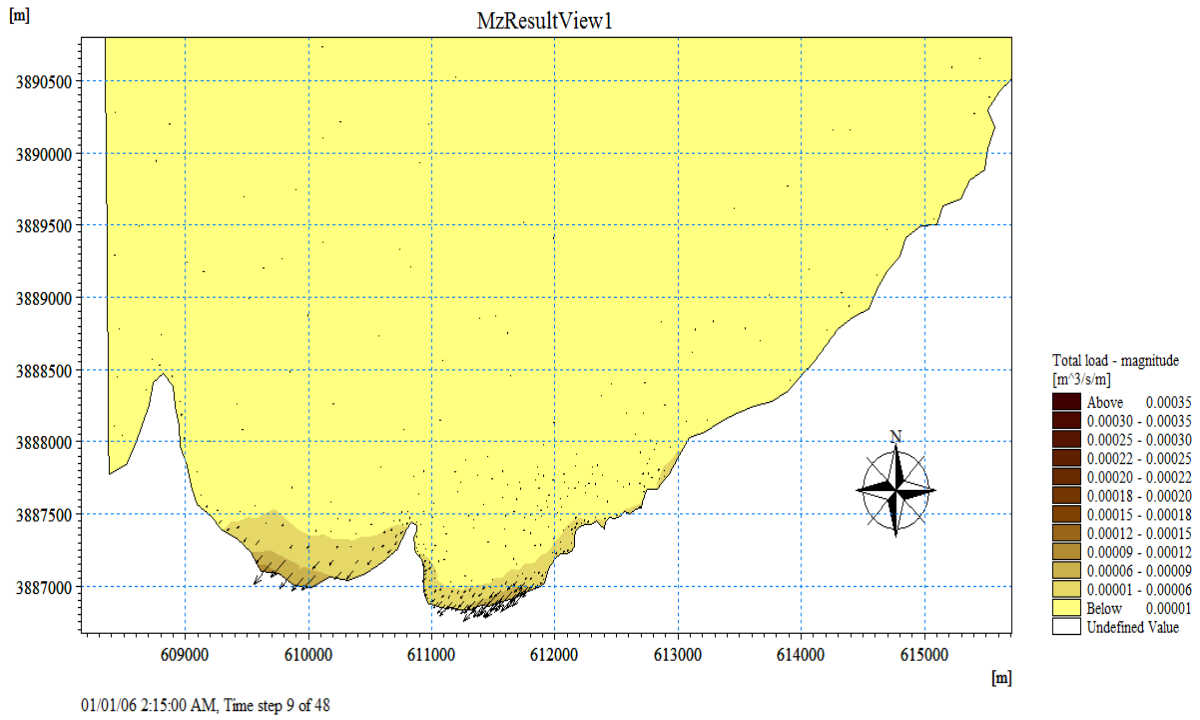


Figure III- 26 : Représentation du transport sédimentaire induit par les houles de secteur NW.

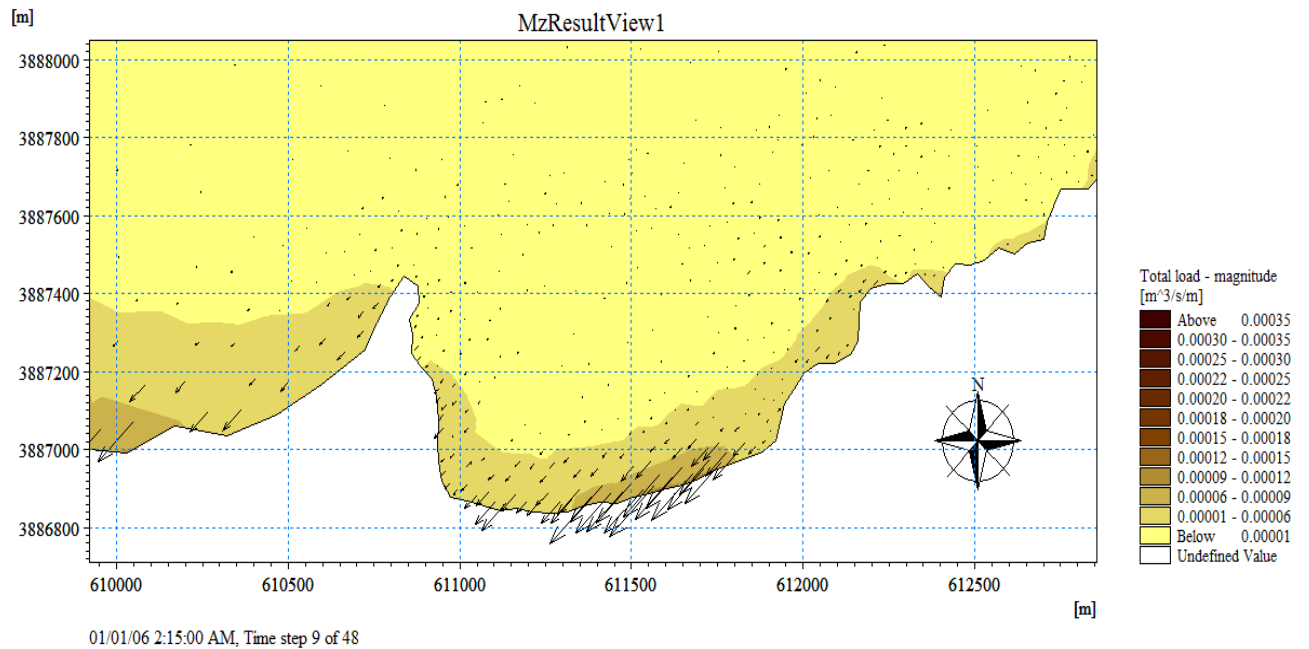


Figure III- 27 : Zoom de la Représentation du transport sédimentaire induit par les houles de secteur NW.

## Partie 2 : Cas final « Présence du port »

### III.a. Commentaire :

### III.b. Période hivernale :

Au large, les houles dont une hauteur significative de plus de 1.20m, elles ne subissent aucune modification et gardent leurs caractéristiques initiales, même si l'effet du fond commence à être ressenti, la hauteur de la houle ne diminue pas que dans les zones abritées (la plage, l'intérieur du port) par le Cap LALLA Setti (**Figure III-28**) et par la jetée principale du port. Ces obstacles a réduit la hauteur significative de 1.2m à 0.22m.

La **Figure III-31** représente la direction et la vitesse des courants marins au niveau de Sidna Youchaa, La direction des flèches représente la direction des courants générés et la longueur des flèches représente leurs intensités. D'après cette figure, on observe des courants de dérive de l'Ouest vers l'Est qu'est très fréquentes durant la période hivernale. Le champ des courants montre une activité hydrodynamique tourbillonnaire presque dans toute la zone d'étude, la vitesse des courants littorale maximale est enregistrée au niveau de la partie centrale de l'ordre de 0.45m/s.

Le transit sédimentaire dans la zone d'étude reflète l'activité hydrodynamique observée dans les champs des courants. On observe qu'il y a une quantité des sédiments considérable transporté de 164m<sup>3</sup>/an/m, il est presque négligeable à l'intérieur du port.

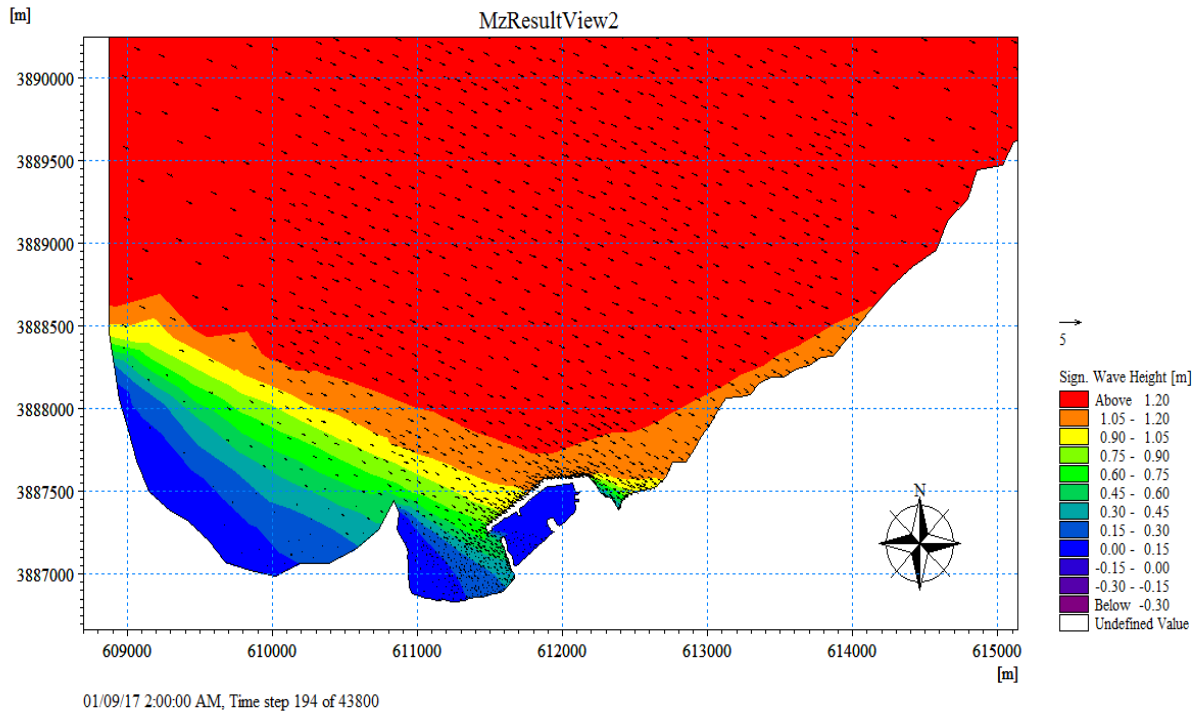


Figure III- 28 : Représentation de la propagation des houles de secteur NW.

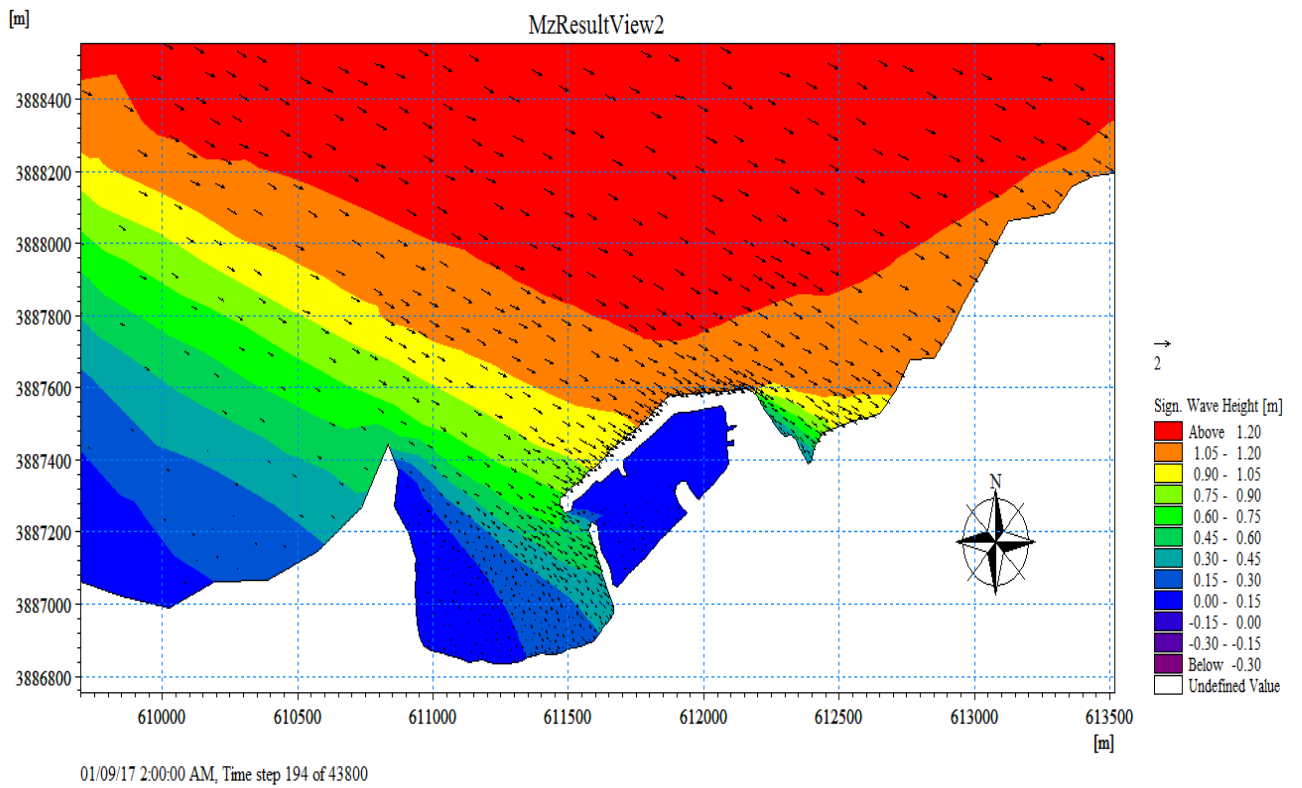


Figure III- 29 : Zoom de représentation de la propagation des houles de secteur NW.

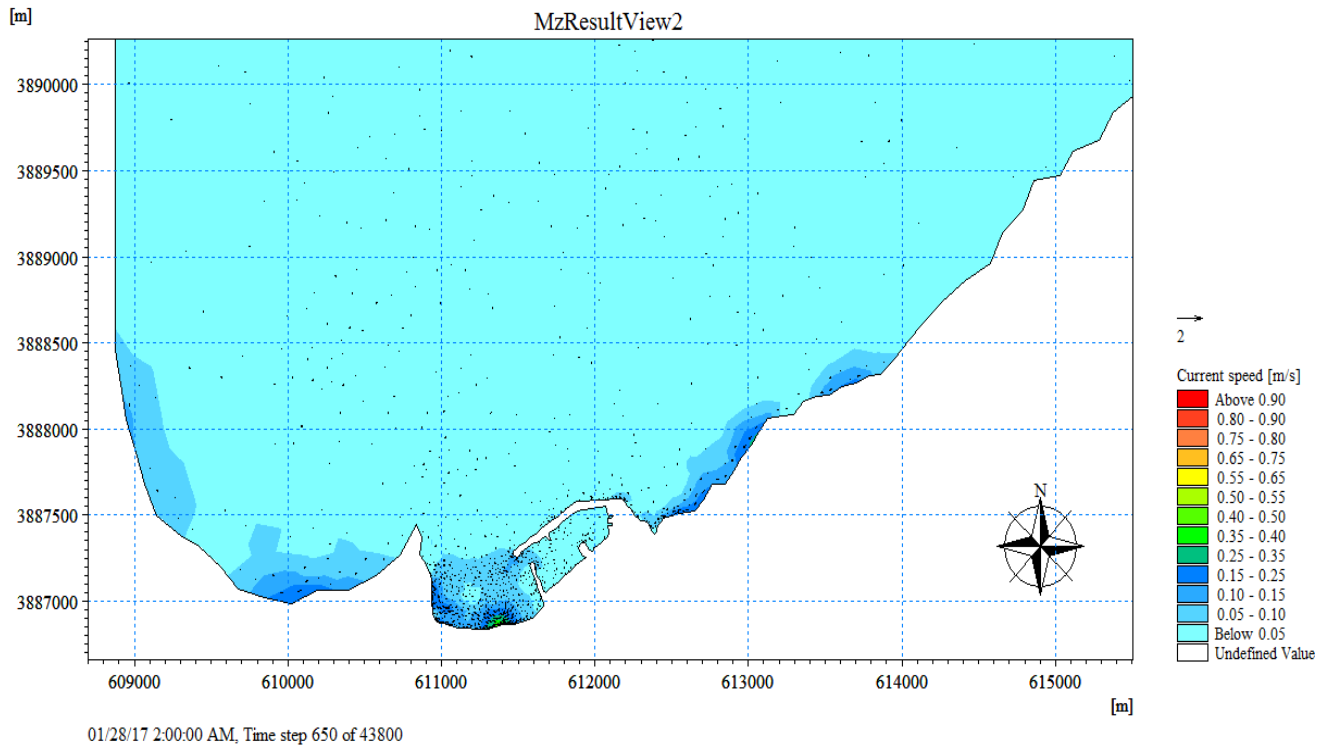


Figure III- 30 : Représentation du champ du courant induit par les houles de secteur NW.

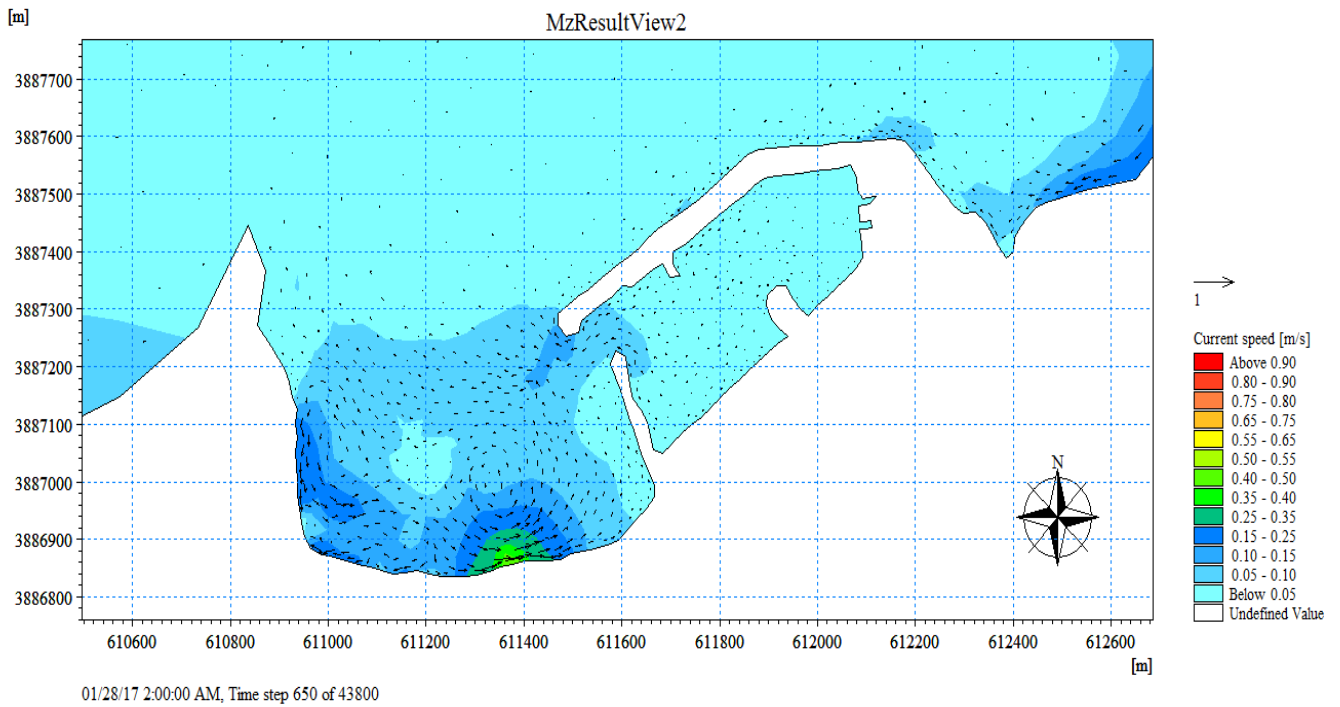
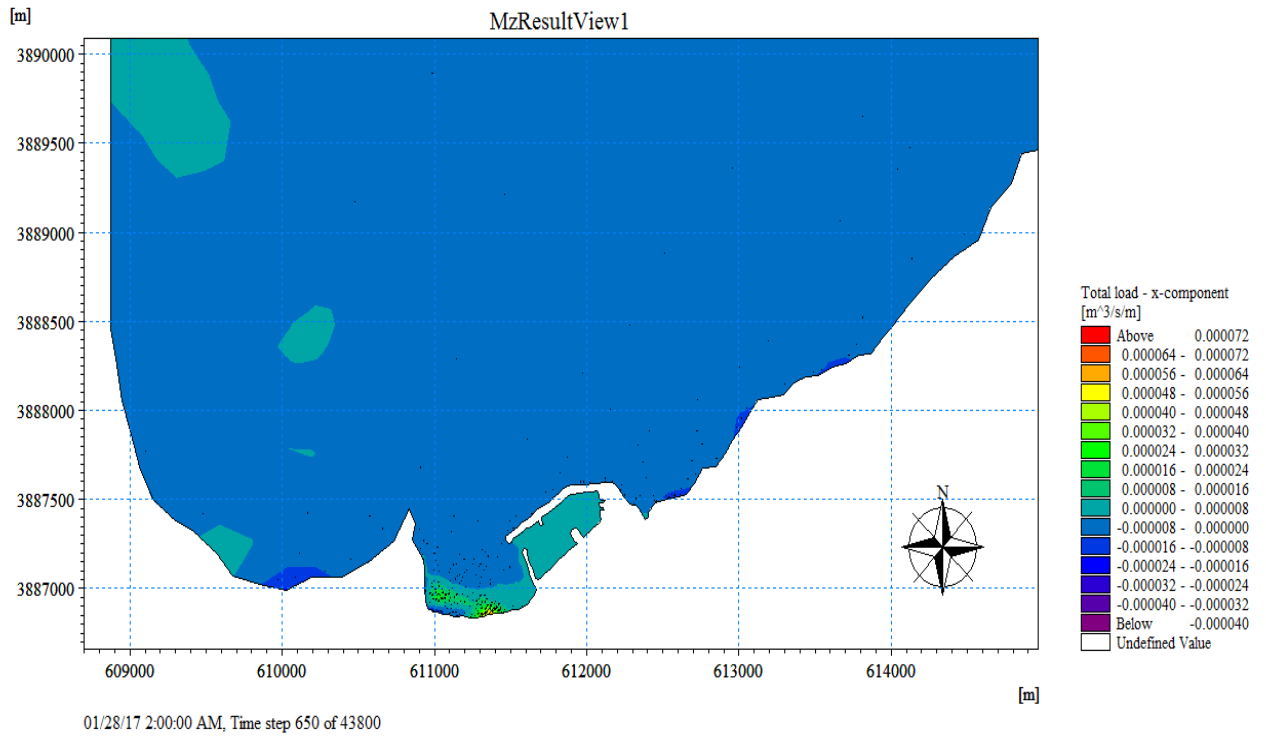
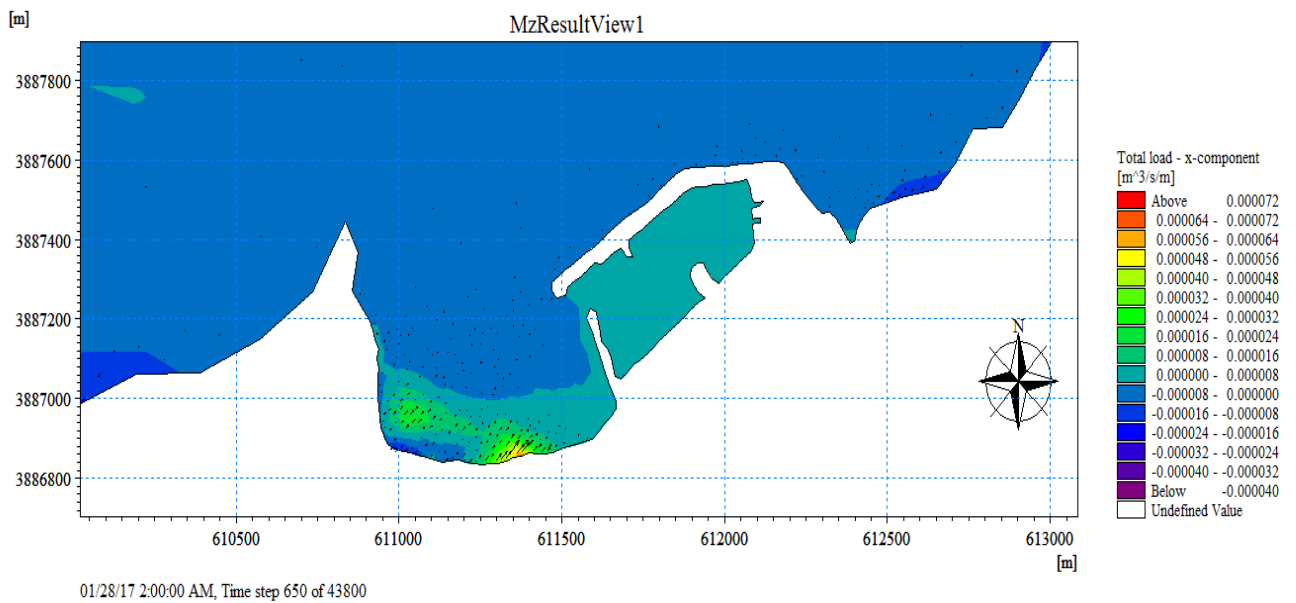


Figure III- 31 : Zoom de la représentation du champ du courant induit par les houles de secteur NW.



**Figure III- 32 :** Représentation du transport sédimentaire induit par les houles de secteur NW.



**Figure III- 33 :** Zoom de la représentation du transport sédimentaire induit par les houles de secteur NW.

### **III.c. Période estivale :**

Les houles de secteur NE sont les plus fréquentes pendant cette période, elles ne subissent aucune modification et gardent leurs intensités d'hauteur de 1.35m.

A l'arrivée à la côte, les houles perdent une partie considérable de leurs énergies avec une hauteur significative de 0.3m au niveau d'ouest de la plage, 0.6m au centre de la plage et presque négligeable au partie est de 0.15m. Cette faible valeur est causée par le fait que le port représente une barrière face aux courants. On conclure que la partie ouest de la zone d'étude n'est pas abritée contre les houles de ce secteur.

La propagation de ces houles entraîne un courant tourbillonnaire de vitesse 0.25m/s perpendiculaire au secteur ouest du plage, et parallèle au reste du rivage avec une vitesse de 0.15m/s. Cette tendance évolutive des courants induit un transport sédimentaire de l'Ouest vers l'Est.

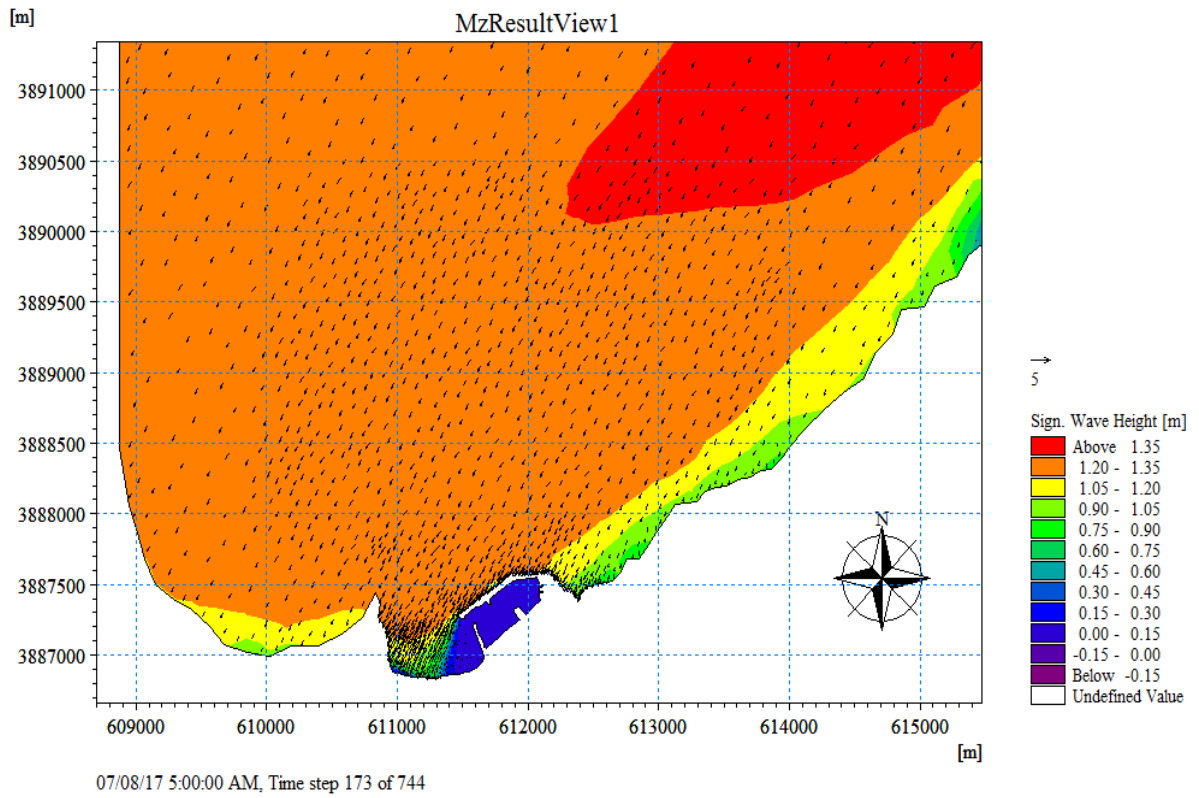


Figure III- 34 : Représentation de la propagation des houles de secteur NE.

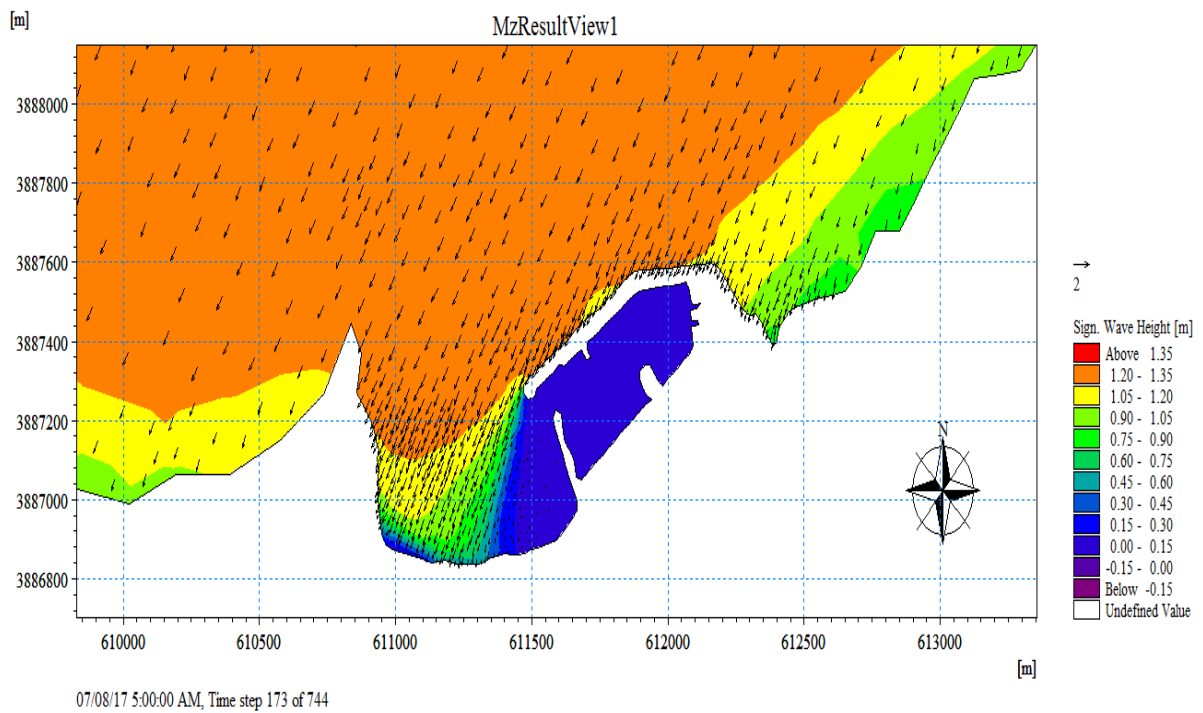


Figure III- 35 : Zoom de représentation de la propagation des houles de secteur NE.

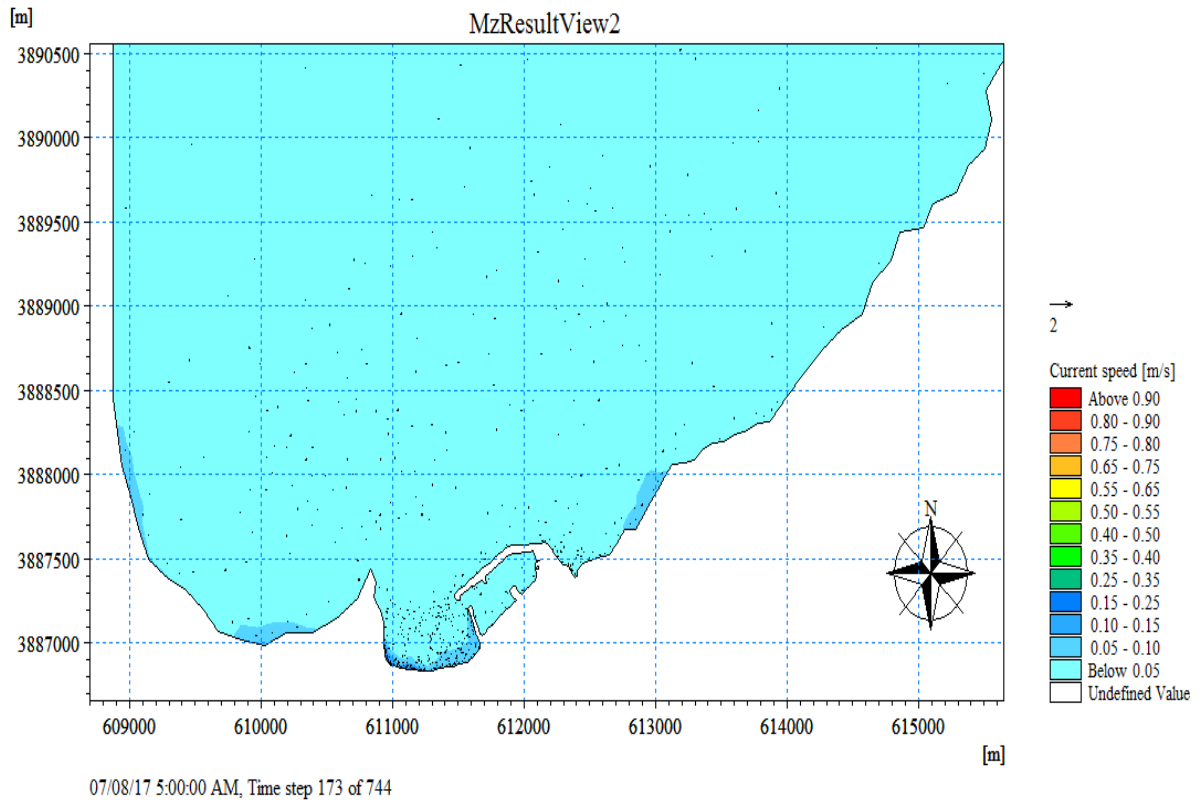


Figure III- 36 : Représentation du champ du courants induit par les houles de secteur NE.

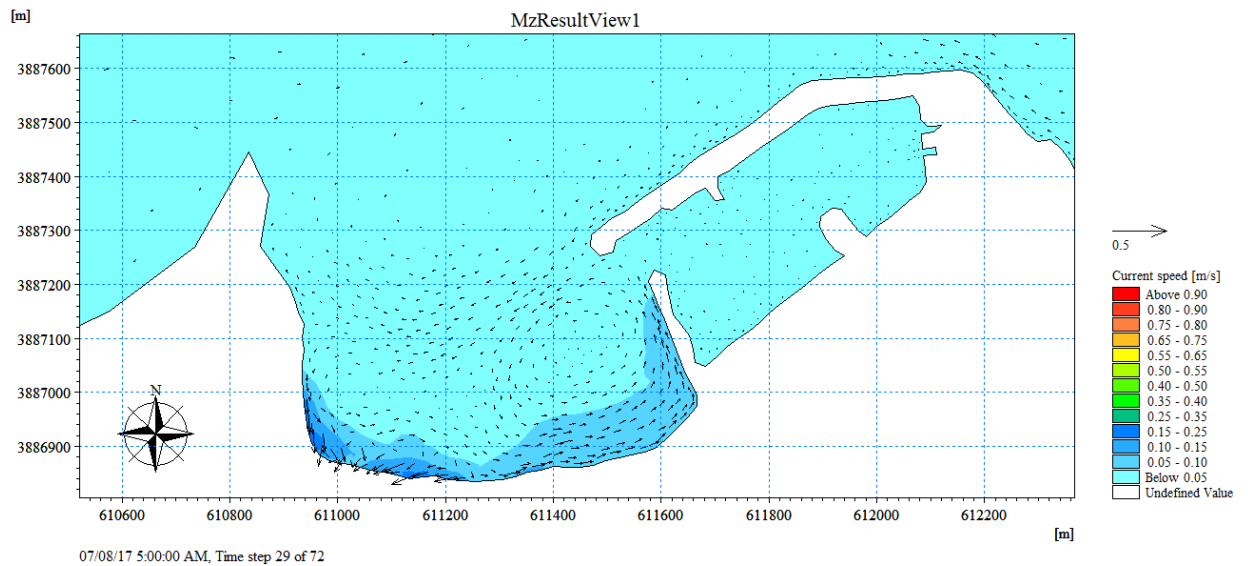


Figure III- 37 : Zoom de la Représentation du champ du courant induit par les houles de secteur NE.

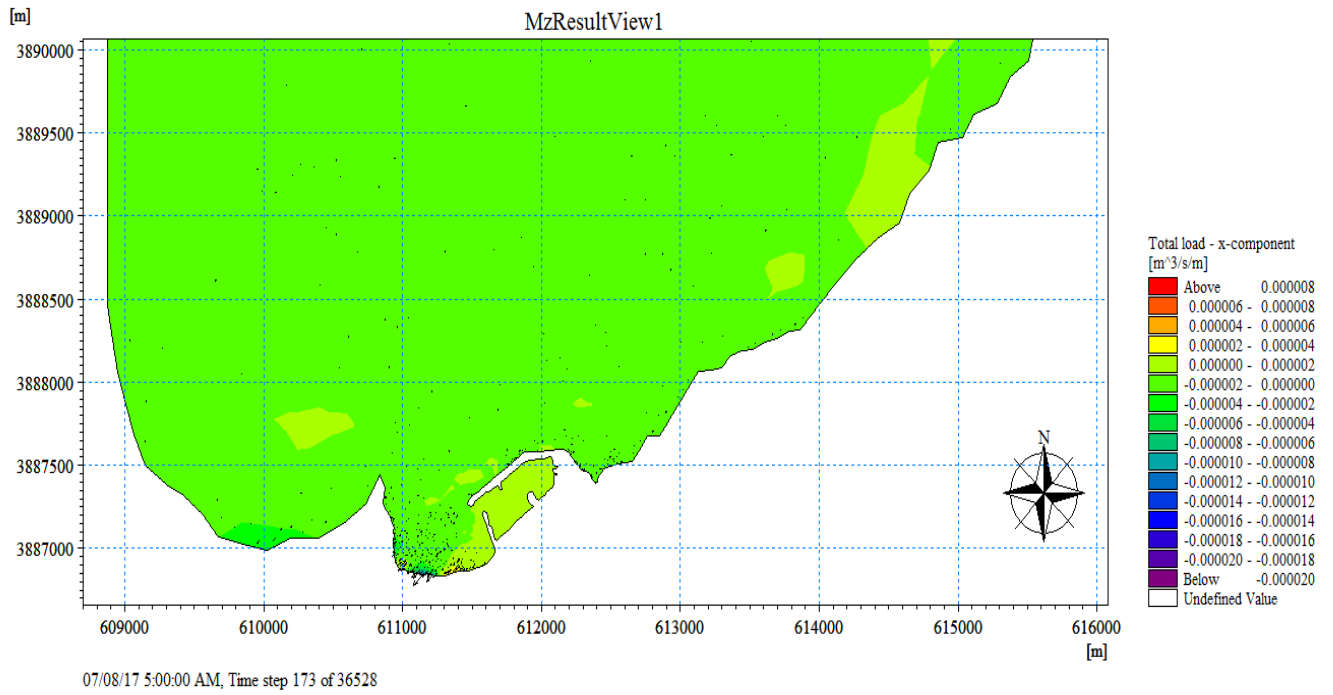


Figure III- 38 : Représentation du transport sédimentaire induit par les houles de secteur NE.

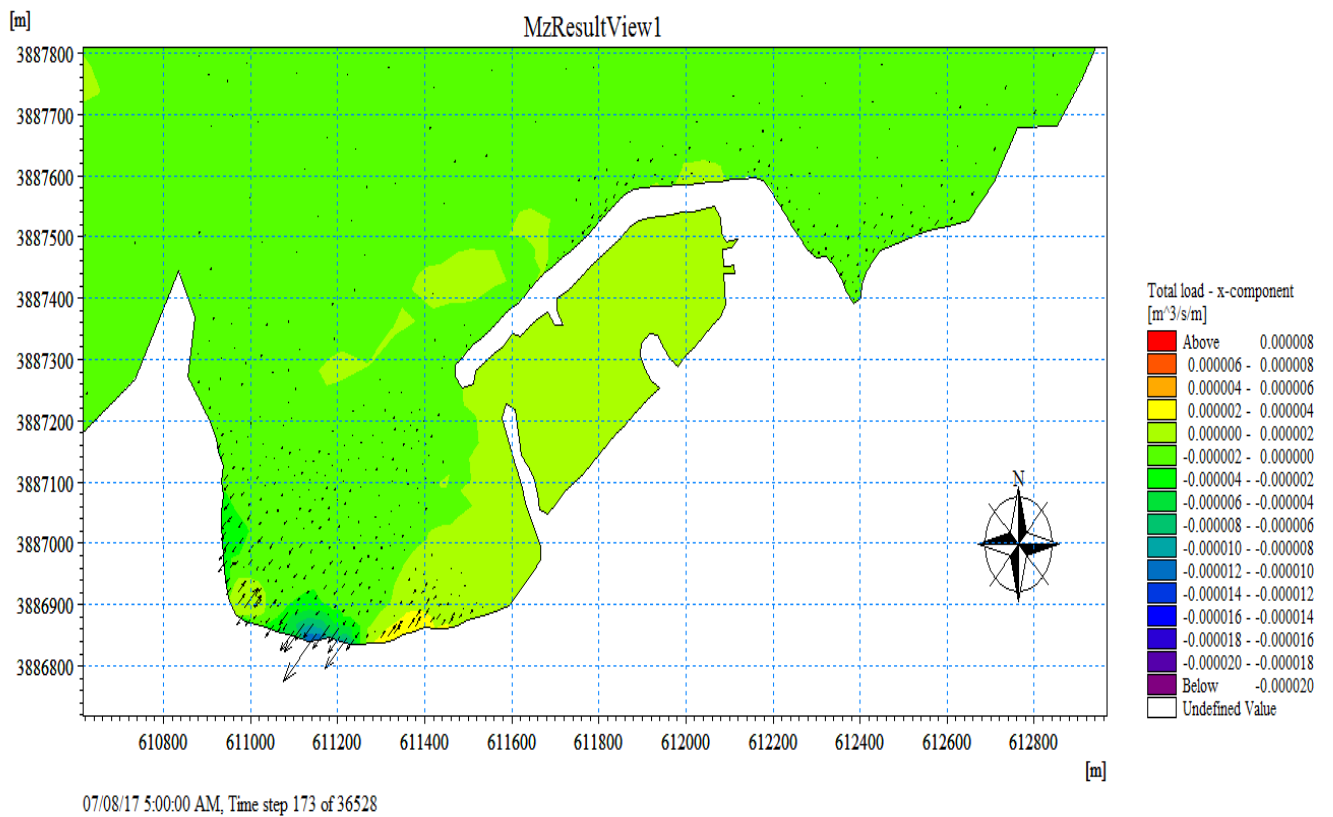


Figure III- 39 : Zoom de la représentation du transport sédimentaire induit par les houles de secteur NE.

#### **III.4. Conclusion :**

Les résultats dans ce chapitre montrent que la réalisation de ce port, expose l'impact de ce dernier qui reste assez modéré sur le rivage bien qu'on constate une évolution assez marquée sur certain endroit comme la formation de la flèche sédimentaire à l'ouest de la jetée secondaire du port.

Étude diachronique sur la dynamique du trait de côte au niveau de la zone d'étude a été faite dans le chapitre précédent pour confirmer les résultats obtenus par la modélisation numérique, cette étude a montré une présence du phénomène d'érosion au centre et à l'Ouest de la plage, et une accumulation à l'Ouest du port.

**Chapitre IV : Impact des  
infrastructures et proposition des  
solutions**

#### **IV .1 Introduction :**

Les littoraux sont des milieux en constante évolution. C'est pourquoi, les concernant, il d'utiliser la notion « d'équilibre » plutôt que de « stabilité ».

L'érosion côtière est perçue depuis quelques années comme le recul accéléré des côtes, en grande partie dû aux changements climatiques récents. Toutefois, plusieurs témoignages et des photos historiques nous rappellent que le recul des côtes ne date pas des récentes années.

Les environnements terrestre et marin sont en constante évolution et les côtes qui sont une zone d'interface, s'adaptent constamment à ces modifications de façon à établir un équilibre.

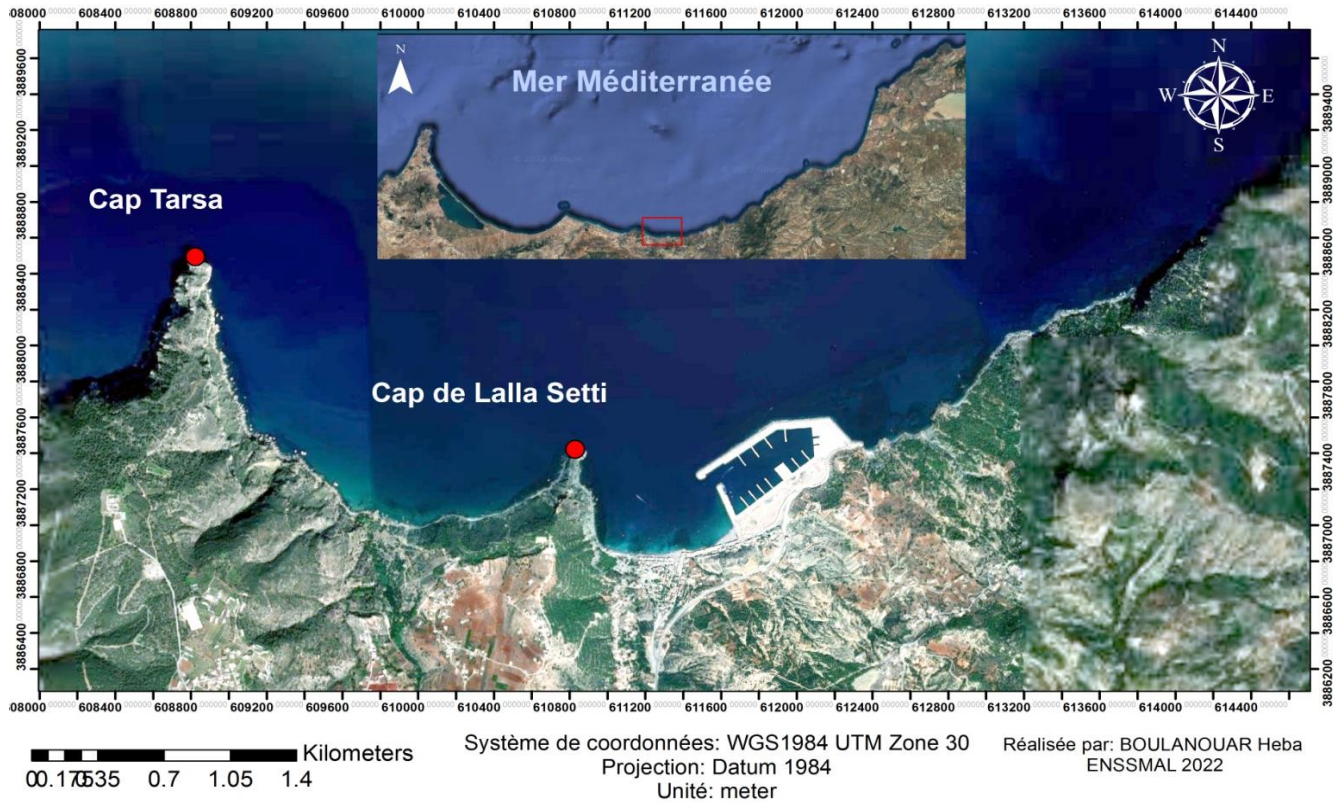
Outre ces différents éléments naturels, l'intervention de l'homme joue un rôle essentiel dans l'évolution du littoral. L'implantation d'équipements en front de mer ou des modifications du couvert végétal perturbent la dynamique côtière et contribuent souvent à aggraver les phénomènes d'érosion (**Degryse, 2003**).

#### **IV.2 Historique du port :**

Le projet de construction d'un port de pêche à SidnaYaouchaa est implanté comme l'indique son intitulé, dans la commune de Dar Yaghmoracen, au village SidnaYouchaa, se trouvant à 10 km Est de la ville de Ghazaouet, dans le littoral central de la wilaya de Tlemcen.

Le site accueillant le port de pêche se trouve au fond du vaste golf de Ghazaouet, compris entre le cap des trois Fourches et le cap Figalo sur la mer d'Alboran.

À l'est comme à l'ouest, la cote est rocheuse, bondée de falaises et coupée de petites criques ou baies, avec quelques plages de faibles étendues.



**Figure IV- 1** : Situation géographique du port de SidnaYouchaa à partir d'une image satellitaire (SasPlanet)

Le site du port était choisi parmi les trois sites proposées : Sidi Abdellah, Ghazaouet et SidnaYouchaa dans le cadre de la séparation des activités de pêche et de commerce. En 2009, l'étude de projet était finalisée.

La réalisation de ce port, entre dans le cadre de l'important programme de développement des infrastructures de bases, engagé par les pouvoirs publics depuis plus d'une décennie.

Erigé près de Ghazaouet, dans le but principal est d'accueillir la flottille de pêche se trouvant au port commercial, qui aura pour impact direct et d'une manière générale, une dynamique socio-économique des populations de la région, par la création de nouvelles activités, source de richesses et d'emplois, plus particulièrement dans les domaines de la pêche et du tourisme, censés connaître un essor significatif.

**Tableau IV- 1** : Caractéristiques du port de SidnaYouchaa

<b>Caractéristiques du Port Pêche de Sidna-Youchâa</b>		
<b>Capacité</b>	<b>295 unités</b>	<b>150 Petits Métiers - 70 Sardiniers - 65 Chalutiers -10 Thoniers</b>
<b>Superficies</b>	<b>Bassin : 12,152 Ha - Terre Plein : 11,600 Ha</b>	
<b>Linéaire des jetées</b>	<b>Jetée Principale: 944 ml – Jetée Secondaire : 308 ml</b>	
<b>Ouvrages d'Accostages</b>	<b>Quais</b>	<b>620 MI / tirants d'eau : -4,00m ; -6,00m</b>
	<b>Appontements</b>	<b>Nbr : 10 U - 7,50 M X 70 MI / tirants d'eau : -4,00m</b>
<b>Ouvrages Annexes</b>	<b>Cale de Halage : 12m x 44m à -2.50m - Estacade: 8.60m x 30m à -4,00m</b>	

### **IV.3 Impact de la construction du port :**

Avant la construction du port, le littoral subissait l'influence d'un double transit sédimentaire : Ouest-Est et Est-Ouest. Le transport Est-Ouest était le plus important qui génère des courants dirigés vers le port.

Le transport Ouest-Est sous l'influence des houles Nord-Ouest permettait de stabiliser la plage par un retour des sédiments sur la partie Est.

Après la construction du port, le transit Ouest-Est est arrêtée par la structure portuaire, parallèlement une érosion de la plage apparaît dans la partie centre et ouest qui représente un risque pour les habitats proche du rivage. L'accumulation continu des sédiments à côté de la jetée secondaire risque a fermer la passe d'entrée du port au future.

### **IV.4 Techniques et solutions dures de protection du littoral :**

#### **IV.4.1. Méthode et solutions envisageables**

##### **IV.4.1.1. Stabilisateurs des fonds :**

C'est une solution envisageable pour la reconstitution du profil de plage. Il permet d'augmenter significativement la rugosité du fond et de stabiliser les fonds. Il est nécessaire d'avoir une analyse sur le choix des matériaux, sur la zone d'implantation, sur le mode de fixation pour obtenir une meilleure efficacité (Than, 2015).

## IV.5. Techniques et solutions souples de protection du littoral

Dans tous les cas, une bonne gestion du littoral, passe par une bonne connaissance du fonctionnement naturel de la zone (phénomènes naturels extrêmes passés, morphodynamique du littoral, écosystèmes) combinée à l'appréciation des enjeux (sociaux, économiques, préservation de l'environnement). Ces méthodes souples consistent à composer avec le milieu naturel.

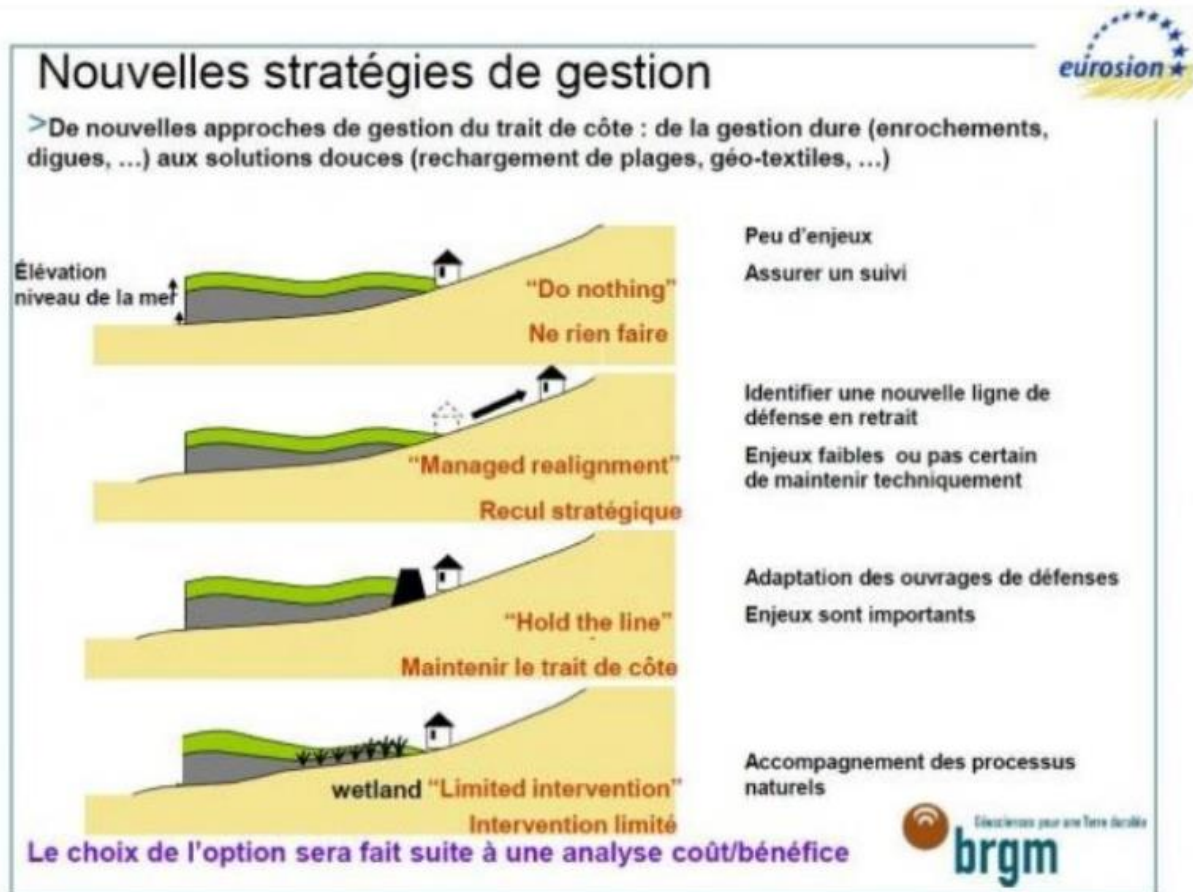


Figure IV- 2 : Type de solutions d'aménagement selon l'occupation côtière (ULCO, 2021).

### IV.5.1. Méthodes souples

#### IV.5.1.1. Le rechargement de plage :

Il a pour objectif de compenser le déséquilibre du littoral résultant d'une érosion naturelle ou d'une action humaine. Sa finalité peut être touristique, en permettant d'élargir la plage, mais aussi sécuritaire, en créant une zone intermédiaire qui joue un rôle protecteur en cas de tempête surtout pour la partie ouest de la plage de SidnaYouchaa. Cette méthode demande une planification et un suivi à long terme. Le rechargement de plage n'a pas pour but de stopper le phénomène d'érosion, mais il permet de le limiter et d'agir sur ses effets. La taille du grain utilisé est de sable grossier ( $500 \mu\text{m} < D_{50} < 1000 \mu\text{m}$ ).

## **IV.5.2. Méthode et solutions souples envisageables :**

### **IV.5.2.1. Le « by-passing » ou le rétablissement du transit littoral :**

Le « by-passing » est le transfert artificiel de sédiments leur permettant de franchir un obstacle tel qu'un ouvrage. La méthode mécanique consiste en la manipulation des sédiments par bulldozers et camions. La méthode hydraulique prévoit le transport du sable au moyen d'une pompe, éventuellement orientée par une grue mobile. Les coûts sont relativement importants. Une bonne compréhension de la dynamique sédimentaire du site est primordiale avant de mettre en place un « by-passing » (**Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie, 2011**).

### **IV.5.3. Application de la loi littorale 02-02 :**

La loi du 05 février 2002 sur la protection et valorisation du littoral dans l'article 08 stipule que « Sans préjudice des dispositions légales en vigueur en matière de servitude de non-aedificandi et sous réserve du cas des activités et des services pour lesquels la proximité immédiate de la mer est une nécessité, ces servitudes peuvent être portées à 300 mètres pour des motifs liés au caractère sensible du milieu côtier. Les conditions et les modalités d'extension de la zone objet non-aedificandi et d'autorisation des activités permises sont fixées par voie réglementaire. » Selon ce texte de loi, nous avons appliqué une configuration zonale en bandes de différentes longueurs pour y appliquer une stratégie d'aménagement dans une optique de préservation et développement durable du littoral de la commune de Sidna Youchaa.

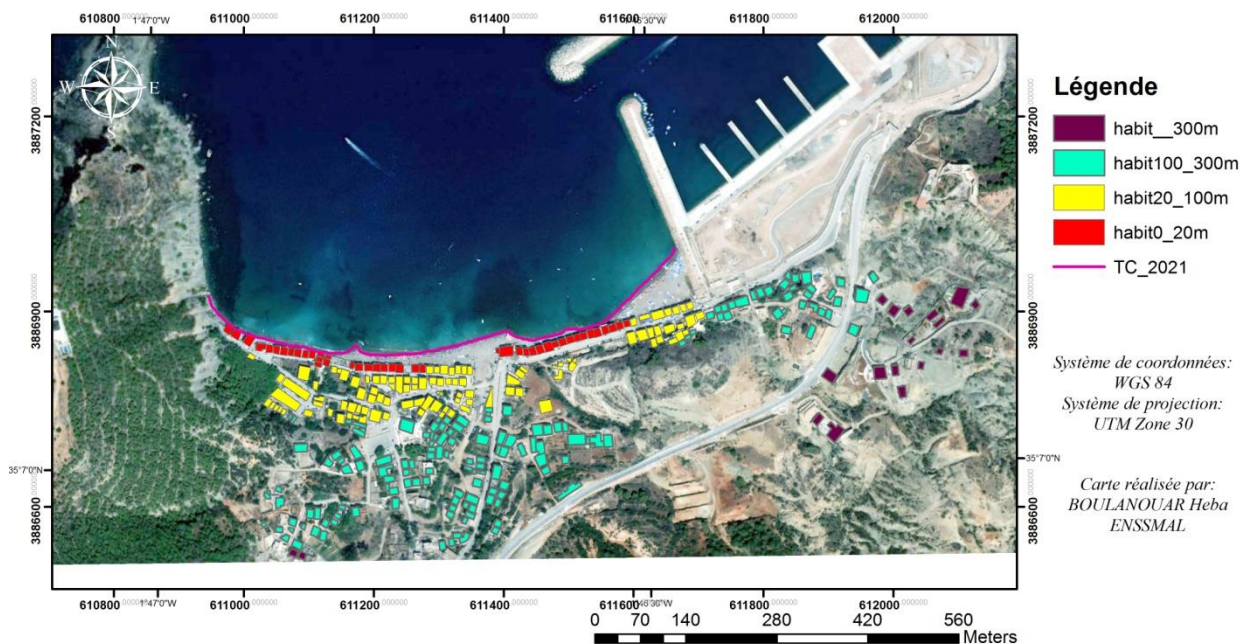


**Figure IV- 3 :** Photo de la partie ouest de la plage de Sidna Youchaa (16/08/2022)

Voici notre plan de délimitation zonale de la référence (0m) est le trait de côte :

- a) **De 0 à 20m** : zone a risque (non-edificandi), toute habitation détectée dans cette bande est destinée à la démolition.
- b) **De 20 à 100m** : zone ou toutes les habitations doivent être réhabilitées en des installations réalisées à partir de matériaux légers comme le bois ou le préfabriqué, facilement démontable au terme de la saison estivale.
- c) **De 100 à 300m** : zone d'aménagement a extension urbaine mais avec une limite du nombre d'habitations et de la distance entre chaque une à respecter, sans oublier l'aménagement des espaces de villégiature.
- d) **Au-delà de 300m**: Toute construction se localisant dans cette zone peut être maintenu à condition d'être entretenu et valorise au mieux pour les besoins sociétaux mais dans le respect des exigences environnementales du littoral.

Carte d'aménagement du site littorale de village de Sidna Youchaa



**Figure IV- 4** : Carte de répartition des habitations selon l'action à entreprendre par rapport à leur proximité de la ligne du rivage de village de Sidna Youchaa.

# **Conclusion Générale**

## Conclusion Générale :

La présente étude intitulée «Etude d'impact des infrastructures portuaires sur le processus hydro-sédimentaire. Cas du port du pêche de Sidna Youchaa.W.de Tlemcen», elle est consacrée à l'étude et au diagnostic de l'état de la côte.

Cette étude qui avait pour but d'évaluer l'impact des infrastructures portuaire de la commune de SidnaYouchaa sur la dynamique côtière de la zone d'étude.

L'analyse diachronique de la cinématique du trait côte a démontré que littoral a subi plusieurs modifications qui se résume une dynamique de transgression/régression le long des décennies. Ces changements dynamiques ont fortement été influencés par l'implantation du port de pêche, changeant le tracé de la plage de Sidna Youchaa en interférant au niveau de son régime hydrosédimentaire du rivage. Le bilan sédimentaire total est négatif avec une érosion de l'ordre de  $-1716.71\text{m}^2$ . Cette érosion nécessite une surveillance continue au niveau du trait de côte pour mieux comprendre ce phénomène.

La modélisation numérique avait pour objectif de déterminer le comportent hydrosédimentaire de la zone d'étude en utilisant la série temporelle traitée comme données entrantes à l'aide du logiciel DHI MIKE21 :

- La modélisation de la réfraction de la houle dans notre zone d'étude montre que :
  - Les houles de secteur NE sont les plus fréquentes pendant la saison estivale, et les houles de secteur NW sont les fréquentes pendant la période hivernale.
  - Le CAP Lalla Setti représente un obstacle naturel contre les houles qui vient du secteur NW.
  - Le port a un impact positif et un impact négatif sur notre zone d'étude.
- La modélisation des champs de courants générés par la houle nous a renseignés sur la distribution des courants sur notre zone d'étude ainsi que leurs intensités et leurs vitesses.
- La modélisation du transport sédimentaire nous a permis d'identifier les zones d'accumulation des sédiments et les zones d'érosion.

A la lumière des résultats de notre étude, on propose les solutions suivantes :

Stabilisateurs des fonds (solution dure), le rechargement de la plage de SidnaYouchaa (solution souple), Le « by-passing » ou le rétablissement du transit littoral (solution souple envisageables),

Dragage de la partie ouest du port, et enfin en appliquant les directives de la loi littoral 02-02 en vigueur.

Ce travail réalisé dans le cadre du projet de fin d'études, a permis de créer une base de données récente qui pourra servir pour une étude future de la zone ou même pour les projets de fin d'études qui traitent le même sujet.

**Références  
Bibliographiques**

**Références Bibliographiques :**

**AMROUNI, O. (2008).** *Morphodynamique d'une plage sableuse microtidale à barres : côte nord de Mahdia (Tunisie orientale).*[En ligne].[Consulté le 10/4/2022].Thèse de doctorat. Sciences géologiques.

Tunis : l'Université Tunis-el Manar.Disponible sur le web :

[<https://www.academia.edu/8885997/Morphodynamique\\_d\\_une\\_plage\\_sableuse\\_microtidale\\_%C3%A0\\_barres\\_c%C3%B4te\\_nord\\_de\\_Mahdia\\_Tunisie\\_orientale.>](https://www.academia.edu/8885997/Morphodynamique_d_une_plage_sableuse_microtidale_%C3%A0_barres_c%C3%B4te_nord_de_Mahdia_Tunisie_orientale.>)

**BELKESSA.R (2020)** Réchauffement climatique. Cour de changement climatique 5ème année gestion et protection de littoral. Alger. ENSSMAL 2021, P.P.1-3.

**BEZEGHOUD M., AYADI A., SEBAI A., AIT MESSAOUD M., MOKRANE A., BENHALLOU H. (1996)**-Seismicity of Algeria between 1365and 1989: Map of Maximum Observed Intensities (MOI), in: Avances en Geofisica y Geodesia 1, ano 1, Ministerio de ObrasPublicas, transportes y Medio Ambiente, InstitutoGeograficoNacionalEspaña, P.P. 107–114.

**BONNEFILLE, René. (1992)** Cours d'hydraulique maritime. Paris : Masson, P.208.

**Centre d'Etudes des Techniques Maritimes et Fluviales (CETMEF), (1998).** Rapport d'activité. Document non publié. Paris : Ministère de l'Equipement, des transports et du logement.

**CERTAIN, R. (2002).** *Morphodynamique d'une côte sableuse microtidale à barres : le golfe du lion (Languedoc-Roussillon).*[En ligne].[Consulté le 11/4/2022]. Thèse de doctorat. océanologie-géologie.

Perpignan : l'Université de Perpignan.Disponible sur le web :

[<http://www.epoc.u-bordeaux.fr/indiv/bonneton/Divers/These\\_Certain.pdf>](http://www.epoc.u-bordeaux.fr/indiv/bonneton/Divers/These_Certain.pdf)

**DAHMANI, AEA. (2016).** *Utilisation de la modélisation physique et numérique pour l'étude des paramètres hydrodynamiques dans la zone centre Algéroise « Le site des Sablettes ».* Mémoire de Post-Graduation. ENSSMAL.

**DAHMANI, AEA. (2021).** *Longshore transport.* Cours 2021/2022. ENSSMAL.

**DEGRYSE, C. (2003).** *Morphodynamique de la zone de Swash*. [En ligne]. [Consulté le 10/4/2022]. Thèse de doctorat. Sciences de la terre et l'univers, Espace. Caen : l'Université de Caen. . Disponible sur le web :

<<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00003997/file/tel-00003997.pdf>>

**DHI (2014).***MIKE 21 Spectral Wave Module*. [En ligne].[Consulté le 25/3/2022]. *Scientific Documentation*. Disponible sur le web :

[www.mediafire.com/view/rr6pv2o6bf6k87u/M21SW\\_Scientific\\_Doc.pdf](http://www.mediafire.com/view/rr6pv2o6bf6k87u/M21SW_Scientific_Doc.pdf).

**DHI (2014).***MIKE 21/3 Couple Model FM*. [En ligne]. [Consulté le 25/3/2022].Disponible sur le web :

<[www.mediafire.com/view/4extjtmhec4v69v/MIKE\\_213\\_Coupled\\_Model\\_FM.pdf](http://www.mediafire.com/view/4extjtmhec4v69v/MIKE_213_Coupled_Model_FM.pdf)>

**DHI (2014).***MIKE ZERO: Creating 2D Bathymetries. Bathymetry Editor &MeshGenerator*.

[En ligne]. [Consulté le 25/3/2022].*Scientific Documentation*..Disponible sur le web :

[www.mediafire.com/view/yc3w6h2c2elqnhh/BathymetryGeneration\\_ScientificDoc.pdf](http://www.mediafire.com/view/yc3w6h2c2elqnhh/BathymetryGeneration_ScientificDoc.pdf).

**DJOUED ,K.(2022).** Etude d'impact sur les ouvrages cotières de la commune d'Ain Taya sur les points :érosion/accumulation et qualité des eaux de baignade.Alger :ENSSMAL.P.53.

**L.E.M.(2016).** Rapport d'étude de suivi du trait de côte au rivage de Sidna Youchaa Commune de Dar Yeghmouressen.. Wilaya de Tlemcen .**Août 2016**.

**L.E.M.(2016).** Etude d'aménagement hydraulique des cours d'eau. Document non publié. Alger : LEM.

**Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie, (2011).** *Gestion du trait de côte*. 2° éd. Brest : Christophe picaud. P.293.

**NADIR, Mohammed.(2016).**Modélisation numérique de la morphodynamique d'une côte sableuse soumise à l'effet des vagues et des houles cas : Plage Est de SIDI Fredj.Mémoire de fin d'études. Discipline : Aménagement du littoral.Alger : ENSSMAL.

**OTMANI, H. (2014).** Impacts des infrastructures maritimes sur le littoral : cas de Cap Djinet. Thèse de Magister. Aménagement du littoral. Alger : ENSSMAL, P.151.

**PEGASO, L. (2008).** Gestion intégrée des zones côtières en Méditerranée : de la vision à l'action. *Protocole GIZC en Méditerranée*. Vol.P. 2, 14.

**SERKANE,T.(2013).**Etude des Réseaux Divers et Aménagement des Accès Extérieur au niveau du port De SidnaYouchaa. *Mémoire explicatif avec notes de calcul détaillée*. Tlemcen : B.E.T.thuraya, 2013.

**Wright, & Short. (1984).** *Morphodynamic variability of surf zones and beaches : A synthesis*. [En ligne]. [Consulté le 23/5/2022].Disponible sur le web :

[https://www.researchgate.net/publication/238375548\\_Morphodynamic\\_variability\\_of\\_surf\\_zones\\_and\\_beaches\\_A\\_synthesis](https://www.researchgate.net/publication/238375548_Morphodynamic_variability_of_surf_zones_and_beaches_A_synthesis)

# **Annexes**

## Annexes :

**Annexe-Tableau 1:** Variation des températures (minimales, moyennes, maximales) et la précipitation à Ghazaouet entre 2012 et 2022 (PUERTO DEL ESTADO).

<u>Month</u> $\Delta$	<u>T</u> (°C)	<u>T<sub>max</sub></u> <u>ave.</u> (°C)	<u>T<sub>min</sub></u> <u>ave.</u> (°C)	<u>T<sub>max</sub></u> <u>abs.</u> (°C)	<u>T<sub>min</sub></u> <u>abs.</u> (°C)	<u>Prec.</u> (mm)	<u>Days</u> <u>1</u> <u>mm</u>	<u>Days</u> <u>0.1</u> <u>mm</u>	<u>Days</u> <u>snow</u>	<u>Days</u> <u>storm</u>	<u>Days</u> <u>fog</u>	<u>Days</u> <u>frost</u>	<u>F-</u> <u>TM</u>	<u>F-Tm</u>	<u>F-R</u>
<u>JANUARY</u> <u>2012</u>	11.6	15.8	7.3	20.2	4.1	69.3	5	6	0	0	0	0	100%	98%	100%
<u>FEBRUARY</u> <u>2012</u>	10.9	14.9	7.0	19.9	2.5	45.0	8	8	0	0	0	0	96%	95%	100%
<u>MARCH</u> 2012	13.5	16.9	10.2	19.6	5.6	26.1	4	6	0	0	0	0	100%	95%	100%
<u>APRIL</u> 2012	16.0	19.4	12.7	22.5	8.8	22.0	5	5	0	0	0	0	96%	98%	100%
<u>MAY</u> 2012	19.1	22.3	15.9	30.5	10.5	7.0	1	1	0	0	0	0	93%	98%	100%
<u>JUNE</u> 2012	23.7	26.6	20.9	32.0	16.8	2.7	1	3	0	0	0	0	100%	100%	100%
<u>JULY</u> 2012	25.6	28.5	22.7	36.1	18.6	0.0	0	0	0	0	0	0	96%	98%	96%
<u>AUGUST</u> 2012	27.1	30.5	23.7	41.4	17.9	0.0	0	0	0	0	0	0	93%	96%	100%
<u>SEPTEMBER</u> <u>2012</u>	23.0	26.2	19.8	32.3	16.4	43.3	5	6	0	0	0	0	100%	98%	100%
<u>OCTOBER</u> <u>2012</u>	20.5	23.7	17.3	33.1	12.4	85.3	5	6	0	0	0	0	100%	94%	100%
<u>NOVEMBER</u> <u>2012</u>	17.5	20.3	14.6	31.3	10.8	103.0	13	13	0	0	0	0	93%	97%	100%
<u>DECEMBER</u> <u>2012</u>	14.0	18.0	10.0	21.7	5.2	44.5	3	4	0	0	0	0	93%	98%	100%
<u>JANUARY</u> <u>2013</u>	14.1	17.6	10.6	21.9	6.2	115.2	9	10	0	0	0	0	90%	97%	93%
<u>FEBRUARY</u> <u>2013</u>	12.8	16.4	9.1	22.1	3.7	56.5	10	11	0	0	0	0	100%	95%	100%
<u>MARCH</u> 2013	16.2	20.1	12.3	28.4	6.2	44.4	8	12	0	0	0	0	96%	97%	100%
<u>APRIL</u> 2013	16.2	19.1	13.3	22.3	7.9	52.7	7	11	0	0	0	0	100%	98%	100%
<u>MAY</u> 2013	18.2	21.9	14.6	30.6	9.8	46.1	5	9	0	0	0	0	100%	98%	96%
<u>JUNE</u> 2013	20.3	23.5	17.1	27.4	13.8	0.5	0	1	0	0	0	0	96%	92%	96%
<u>JULY</u> 2013	24.0	26.3	21.7	28.4	19.1	2.8	2	4	0	0	0	0	100%	98%	100%
<u>AUGUST</u> 2013	25.7	28.3	23.2	33.1	18.9	4.0	2	2	0	0	0	0	100%	98%	100%
<u>SEPTEMBER</u> <u>2013</u>	23.1	25.9	20.2	27.3	17.6	50.7	1	2	0	0	0	0	100%	98%	100%
<u>OCTOBER</u> <u>2013</u>	21.1	24.7	17.6	27.4	11.8	0.0	0	0	0	0	0	0	100%	100%	100%
<u>NOVEMBER</u> <u>2013</u>	15.6	19.2	11.9	23.2	5.4	61.5	7	8	0	0	0	0	100%	95%	100%
<u>DECEMBER</u> <u>2013</u>	13.3	17.0	9.5	22.7	6.0	103.3	8	10	0	0	0	0	100%	95%	96%
<u>JANUARY</u> <u>2014</u>	14.3	17.8	10.9	21.7	6.1	90.5	9	10	0	0	0	0	96%	84%	100%
<u>FEBRUARY</u> <u>2014</u>	14.3	18.2	10.4	25.3	6.1	42.5	6	7	0	0	0	0	96%	96%	100%

<u>MARCH 2014</u>	14.2	17.6	10.8	21.3	7.4	85.0	4	4	0	0	0	0	100%	94%	93%
<u>APRIL 2014</u>	17.4	20.7	14.0	25.1	9.9	11.0	2	2	0	0	0	0	100%	100%	96%
<u>MAY 2014</u>	18.9	22.1	15.7	26.8	11.2	41.1	3	5	0	0	0	0	100%	98%	100%
<u>JUNE 2014</u>	22.2	25.9	18.6	40.7	8.1	4.5	2	3	0	0	0	0	100%	98%	100%
<u>JULY 2014</u>	24.0	27.1	20.9	30.9	17.3	0.0	0	0	0	0	0	0	100%	100%	100%
<u>AUGUST 2014</u>	25.3	28.6	22.0	32.5	19.1	1.8	0	4	0	0	0	0	100%	100%	100%
<u>SEPTEMBER 2014</u>	24.1	27.1	21.2	30.6	18.3	55.5	6	7	0	0	0	0	96%	100%	100%
<u>OCTOBER 2014</u>	21.7	25.5	17.8	34.9	13.7	6.6	1	3	0	0	0	0	100%	98%	100%
<u>NOVEMBER 2014</u>	17.8	21.1	14.5	29.7	10.1	38.6	7	10	0	0	0	0	93%	97%	100%
<u>DECEMBER 2014</u>	13.8	17.7	10.0	22.2	4.4	82.1	6	9	0	0	0	0	100%	90%	96%
<u>JANUARY 2015</u>	12.5	16.2	8.7	20.3	4.2	101.0	7	7	0	0	0	0	93%	95%	100%
<u>FEBRUARY 2015</u>	13.2	15.9	10.5	19.5	5.2	60.9	5	9	0	0	0	0	100%	91%	96%
<u>MARCH 2015</u>	14.3	18.3	10.2	25.2	4.3	22.7	4	5	0	0	0	0	100%	98%	100%
<u>APRIL 2015</u>	16.6	19.2	14.1	22.8	12.1	18.8	3	4	0	0	0	0	100%	98%	100%
<u>MAY 2015</u>	19.7	22.9	16.4	26.9	13.2	24.3	3	4	0	0	0	0	100%	97%	96%
<u>JUNE 2015</u>	22.1	25.1	19.1	29.4	16.0	10.8	1	3	0	0	0	0	100%	100%	96%
<u>JULY 2015</u>	27.0	30.2	23.7	33.8	20.9	2.3	1	2	0	0	0	0	100%	98%	96%
<u>AUGUST 2015</u>	26.7	29.3	24.0	32.9	18.6	6.3	2	5	0	0	0	0	96%	98%	96%
<u>SEPTEMBER 2015</u>	23.2	26.5	19.9	32.3	15.2	6.5	2	3	0	0	0	0	96%	100%	100%
<u>OCTOBER 2015</u>	21.1	24.3	17.8	31.9	14.2	52.8	6	9	0	0	0	0	100%	98%	100%
<u>NOVEMBER 2015</u>	16.3	20.1	12.5	25.2	8.3	48.3	5	6	0	0	0	0	96%	97%	100%
<u>DECEMBER 2015</u>	14.2	18.4	10.0	21.2	7.8	0.0	0	0	0	0	0	0	98%	97%	96%
<u>JANUARY 2016</u>	14.7	18.5	11.0	23.7	4.9	14.6	5	6	0	0	0	0	100%	95%	100%
<u>FEBRUARY 2016</u>	14.3	17.7	10.9	22.5	0.0	56.0	6	6	0	0	0	1	100%	98%	100%
<u>MARCH 2016</u>	13.8	17.7	9.8	21.4	6.2	27.8	5	7	0	0	0	0	100%	97%	100%
<u>APRIL 2016</u>	16.6	19.9	13.2	24.5	7.2	19.0	4	4	0	0	0	0	100%	100%	100%
<u>MAY 2016</u>	19.0	22.3	15.7	27.5	10.8	20.5	4	5	0	0	0	0	100%	100%	100%
<u>JUNE 2016</u>	22.6	25.7	19.5	32.8	14.8	3.0	1	1	0	0	0	0	100%	100%	100%
<u>JULY 2016</u>	24.8	27.3	22.3	35.7	19.1	0.3	0	1	0	0	0	0	93%	98%	100%
<u>AUGUST 2016</u>	25.1	27.8	22.4	32.7	18.1	2.0	1	1	0	0	0	0	100%	100%	100%
<u>SEPTEMBER 2016</u>	23.7	26.7	20.8	30.2	16.9	14.1	4	5	0	0	0	0	100%	98%	100%
<u>OCTOBER 2016</u>	21.2	23.9	18.5	32.2	12.3	7.0	2	2	0	0	0	0	93%	97%	100%
<u>NOVEMBER 2016</u>	16.9	20.2	13.7	25.8	10.0	45.6	7	9	0	0	0	0	100%	97%	100%
<u>DECEMBER 2016</u>	14.4	17.2	11.6	20.8	5.9	52.9	11	16	0	0	0	0	100%	98%	100%

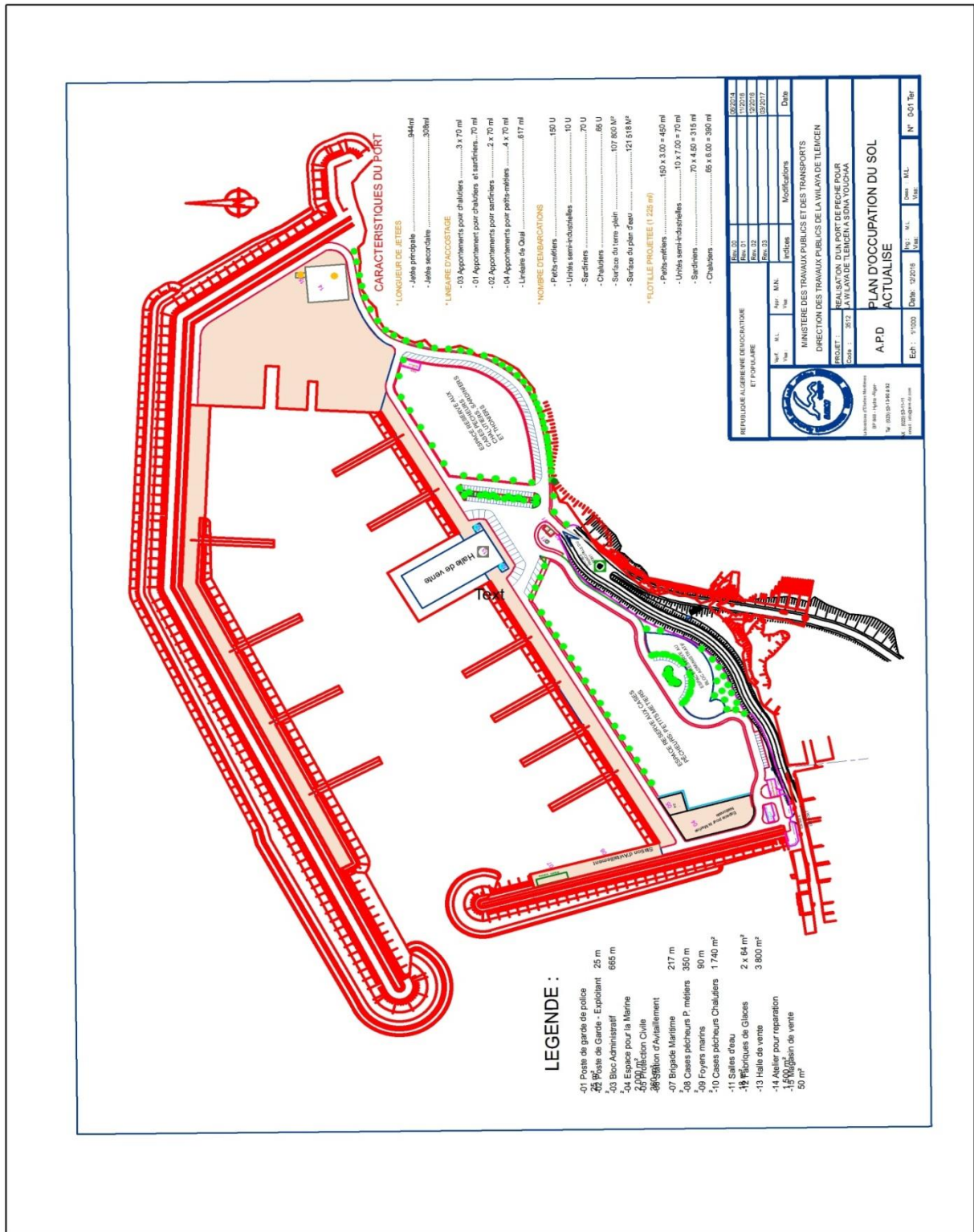
<u>2016</u>																
<u>JANUARY 2017</u>	12.2	15.9	8.5	20.1	5.2	96.4	6	8	0	0	0	0	96%	89%	96%	
<u>FEBRUARY 2017</u>	14.9	18.1	11.8	26.6	8.6	7.1	2	4	0	0	0	0	100%	100%	100%	
<u>MARCH 2017</u>	15.3	19.2	11.4	30.1	8.7	10.3	2	5	0	0	0	0	90%	97%	100%	
<u>APRIL 2017</u>	16.3	19.4	13.2	23.8	8.8	6.8	2	4	0	0	0	0	100%	98%	100%	
<u>MAY 2017</u>	19.4	21.7	17.1	25.7	11.9	9.8	3	5	0	0	0	0	100%	98%	96%	
<u>JUNE 2017</u>	23.7	25.8	21.6	29.9	16.6	0.0	0	0	0	0	0	0	100%	100%	96%	
<u>JULY 2017</u>	25.0	27.6	22.4	32.5	17.4	1.0	1	1	0	0	0	0	100%	98%	100%	
<u>AUGUST 2017</u>	25.9	28.1	23.7	35.5	19.9	7.0	2	2	0	0	0	0	96%	100%	100%	
<u>SEPTEMBER 2017</u>	23.3	26.6	20.1	31.6	15.6	0.3	0	1	0	0	0	0	100%	100%	100%	
<u>OCTOBER 2017</u>	20.4	24.0	16.9	29.5	13.8	17.0	2	2	0	0	0	0	90%	93%	90%	
<u>NOVEMBER 2017</u>	15.8	20.3	11.3	26.4	7.2	30.0	3	3	0	0	0	0	96%	98%	100%	
<u>DECEMBER 2017</u>	13.6	17.2	10.1	23.1	5.2	39.0	7	7	0	0	0	0	100%	92%	100%	
<u>JANUARY 2018</u>	13.3	16.6	9.9	23.6	6.3	58.1	7	10	0	0	0	0	100%	97%	100%	
<u>FEBRUARY 2018</u>	12.5	15.8	9.2	22.6	5.7	30.6	7	11	0	0	0	0	100%	98%	100%	
<u>MARCH 2018</u>	16.1	19.3	13.0	26.4	8.8	74.6	15	17	0	0	0	0	93%	92%	100%	
<u>APRIL 2018</u>	15.9	18.4	13.4	24.9	8.5	101.3	11	12	0	0	0	0	100%	95%	96%	
<u>MAY 2018</u>	17.7	20.7	14.7	23.3	10.7	12.3	3	4	0	0	0	0	100%	100%	100%	
<u>JUNE 2018</u>	21.1	23.7	18.6	27.7	13.5	8.8	1	2	0	0	0	0	100%	100%	100%	
<u>JULY 2018</u>	24.5	27.2	21.8	30.7	19.0	0.0	0	0	0	0	0	0	100%	100%	100%	
<u>AUGUST 2018</u>	25.4	28.0	22.9	30.8	19.4	1.0	1	1	0	0	0	0	100%	100%	93%	
<u>SEPTEMBER 2018</u>	24.3	27.0	21.7	35.4	17.4	8.0	3	3	0	0	0	0	100%	100%	96%	
<u>OCTOBER 2018</u>	20.0	23.5	16.5	30.4	10.5	70.1	10	12	0	0	0	0	100%	97%	96%	
<u>NOVEMBER 2018</u>	16.3	19.7	12.8	24.1	7.1	30.8	5	7	0	0	0	0	100%	100%	100%	
<u>DECEMBER 2018</u>	14.0	17.9	10.1	23.7	6.3	1.0	1	1	0	0	0	0	100%	97%	100%	
<u>JANUARY 2019</u>	12.6	16.6	8.7	19.3	3.1	45.0	5	5	0	0	0	0	96%	100%	96%	
<u>FEBRUARY 2019</u>	12.5	16.8	8.1	21.3	5.1	11.0	2	2	0	0	0	0	100%	100%	100%	
<u>MARCH 2019</u>	14.3	18.3	10.3	22.7	7.0	15.6	4	6	0	0	0	0	100%	95%	96%	
<u>APRIL 2019</u>	16.0	19.5	12.6	26.8	10.3	11.1	4	8	0	0	0	0	100%	97%	96%	
<u>MAY 2019</u>	19.0	22.4	15.6	28.9	12.4	22.0	1	1	0	0	0	0	100%	100%	100%	
<u>JUNE 2019</u>	21.3	23.8	18.7	26.9	14.3	1.0	1	1	0	0	0	0	100%	100%	100%	
<u>JULY 2019</u>	25.2	27.7	22.6	36.1	18.2	1.8	1	3	0	0	0	0	100%	95%	100%	
<u>AUGUST 2019</u>	25.9	28.2	23.6	32.3	19.9	5.5	2	3	0	1	0	0	100%	100%	100%	
<u>SEPTEMBER 2019</u>	23.5	26.0	20.9	29.2	16.7	9.7	3	4	0	0	0	0	100%	100%	100%	

<u>OCTOBER 2019</u>	20.0	23.7	16.3	29.7	12.2	48.3	3	4	0	0	0	0	100%	97%	100%
<u>NOVEMBER 2019</u>	16.9	19.5	14.2	23.6	9.6	37.1	5	8	0	0	0	0	96%	98%	100%
<u>DECEMBER 2019</u>	15.4	18.6	12.2	24.6	6.9	41.0	5	5	0	0	0	0	96%	92%	96%
<u>JANUARY 2020</u>	12.4	16.5	8.3	22.1	5.4	42.3	4	5	0	0	0	0	100%	97%	100%
<u>FEBRUARY 2020</u>	14.4	17.9	10.8	21.1	8.7	0.0	0	0	0	0	0	0	100%	98%	100%
<u>MARCH 2020</u>	16.0	19.1	12.9	22.5	8.7	5.1	2	4	0	0	0	0	100%	98%	100%
<u>APRIL 2020</u>	17.2	19.2	15.1	22.1	10.5	89.8	9	11	0	0	0	0	100%	98%	100%
<u>MAY 2020</u>	20.0	22.9	17.0	29.0	13.6	28.0	3	3	0	0	0	0	100%	100%	96%
<u>JUNE 2020</u>	21.8	24.5	19.2	27.1	15.8	0.0	0	0	0	0	0	0	100%	100%	100%
<u>JULY 2020</u>	25.5	27.7	23.3	36.5	19.4	0.0	0	0	0	0	0	0	100%	98%	100%
<u>AUGUST 2020</u>	26.5	29.4	23.6	38.1	20.4	0.0	0	0	0	0	0	0	100%	98%	96%
<u>SEPTEMBER 2020</u>	23.3	26.6	20.0	32.3	15.8	0.3	0	1	0	0	0	0	100%	100%	100%
<u>OCTOBER 2020</u>	19.1	22.9	15.3	33.7	10.9	3.0	2	2	0	0	0	0	100%	96%	100%
<u>NOVEMBER 2020</u>	17.7	21.4	14.0	34.3	8.4	2.0	1	1	0	0	0	0	93%	100%	100%
<u>DECEMBER 2020</u>	14.9	18.0	11.8	22.1	4.5	26.4	4	10	0	1	0	0	96%	95%	100%
<u>JANUARY 2021</u>	13.6	16.9	10.2	22.9	5.2	24.8	7	9	0	0	0	0	100%	96%	100%
<u>FEBRUARY 2021</u>	14.7	18.4	11.1	30.1	7.7	3.3	2	3	0	0	0	0	96%	96%	100%
<u>MARCH 2021</u>	14.6	17.6	11.6	20.6	9.0	54.2	6	10	0	0	0	0	100%	97%	100%
<u>APRIL 2021</u>	16.9	19.6	14.2	24.1	11.0	56.6	7	12	0	0	0	0	100%	95%	100%
<u>MAY 2021</u>	19.9	22.9	16.9	28.6	12.2	6.5	2	5	0	0	0	0	100%	98%	100%
<u>JUNE 2021</u>	21.9	24.1	19.7	27.7	14.9	7.0	2	2	0	0	0	0	100%	98%	100%
<u>JULY 2021</u>	25.4	28.0	22.8	34.6	18.1	0.0	0	0	0	1	0	0	96%	100%	100%
<u>AUGUST 2021</u>	25.5	27.8	23.3	31.8	20.2	1.1	0	2	0	0	0	0	100%	98%	100%
<u>SEPTEMBER 2021</u>	24.1	26.6	21.6	33.7	17.3	25.0	3	5	0	0	0	0	100%	98%	100%
<u>OCTOBER 2021</u>	19.6	23.5	15.7	26.3	12.7	0.3	0	1	0	0	0	0	100%	100%	100%
<u>NOVEMBER 2021</u>	15.9	19.3	12.6	24.5	9.3	33.0	6	6	0	0	0	0	100%	95%	100%
<u>DECEMBER 2021</u>	14.6	18.2	11.1	22.5	7.2	14.3	2	3	0	0	0	0	83%	81%	80%
<u>JANUARY 2022</u>	12.4	16.5	8.3	22.2	4.7	18.4	3	6	0	0	0	0	100%	100%	100%
PERIOD SUMMARY	18.7	21.9	15.5	41.4	0.0	3374.4	439	595	0	3	0	1	98%	97%	99%

Annexe-Tableau 2 : La fiche technique du projet de la réalisation du port.

<b>Identification du projet</b>	
<b>Intitulé du projet</b>	REALISATION D'UN PORT DE PÊCHE POUR LA WILAYA DE TLEMCEM A SIDNA YOUCHAA
<b>Entreprise de réalisation</b>	Initialement : groupement : CODIDER TP / CYES A compter du : 29-09-2014 COSIDER
<b>Délai de réalisation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-72 Mois / ODS de démarrage des travaux : 27 Octobre 2013</li> <li>-ODS d'arrêt /reprise des Travaux : 08-07-2014 / 29-09-2014. (Avenant N°01).</li> <li>- ODS d'arrêt /reprise des Travaux pour intempéries : 16 jours.</li> <li>- ODS d'arrêt /reprise des Travaux : 21-05-2017 / 03-09-2017 (Avenant N°03 - PD: 12 mois).</li> <li>- ODS d'arrêt /reprise des Travaux : 20-03-2018 / 05-06-2018 (Avenant N°04).</li> <li>- ODS d'arrêt /reprise des Travaux : 20-11-2018 / 12-05-2019 (Avenant n°5 - PD: 5 mois)</li> <li>- ODS d'arrêt pour deux (02) mois : 15-10-2019 (acquisition des équipements électriques)</li> <li>- ODS d'arrêt /reprise des Travaux : 20-03-2020 / 14-06-2020 (Pandémie COVID-19)</li> <li>- Fin du délai contractuel : 27 – 12 – 2019.</li> </ul>
<b>Assistance technique</b>	Laboratoire d'Etudes Maritimes (LEM)

# Caractéristiques du port de Sidna Youchaa



Annexe-Figure 1 : Caractéristiques du port Sidna Youchaa.

**Annexe-Tableau 3** : Les coordonnées géographiques des stations de prélèvement avec le pourcentage des particules fines et le diamètre de grain moyen de la zone d'étude.

<i>Ech</i>	<i>X UTM zone 30</i>	<i>Y UTM zone 30</i>	<i>D16</i>	<i>D50</i>	<i>D84</i>	<i>Çg</i>
1	611,365.09	3,886,832.56	<b>396.5</b>	<b>591.5</b>	<b>834</b>	1.45031196
2	611,640.15	3,886,984.46	<b>193</b>	<b>253.5</b>	<b>354.5</b>	1.35528136
3	611,035.34	3,886,920.55	<b>161</b>	<b>215.5</b>	<b>295.5</b>	1.35477073
4	611,284.57	3,886,880.90	<b>180</b>	<b>248</b>	<b>348.5</b>	1.3914421
5	611,542.69	3,886,949.87	<b>172.5</b>	<b>233</b>	<b>308.5</b>	1.3373129
6	611,503.31	3,887,050.95	<b>192</b>	<b>270.5</b>	<b>369</b>	1.38631706
7	611,240.53	3,887,047.17	<b>121.5</b>	<b>176.5</b>	<b>250.5</b>	1.435872
8	611,053.08	3,887,059.83	<b>126.5</b>	<b>197</b>	<b>307.5</b>	1.55911194
9	611,046.17	3,887,154.45	<b>103.5</b>	<b>160</b>	<b>222</b>	1.46455711
10	611,238.37	3,887,142.49	<b>140</b>	<b>200</b>	<b>301.5</b>	1.46750517
11	611,509.34	3,887,097.16	<b>139</b>	<b>197.5</b>	<b>262</b>	1.37291372
12	611,501.15	3,887,192.86	<b>101.5</b>	<b>165.5</b>	<b>235.5</b>	1.5232193
13	611,348.65	3,887,231.89	<b>129</b>	<b>223.5</b>	<b>369.5</b>	1.69243643
14	611,227.66	3,887,251.41	<b>214.5</b>	<b>308</b>	<b>399</b>	1.36386944
15	611,078.30	3,887,264.63	<b>161.5</b>	<b>218</b>	<b>298.5</b>	1.35952095
16	610,964.23	3,887,346.11	<b>138</b>	<b>187.5</b>	<b>247</b>	1.33785465
17	611,179.75	3,887,377.59	<b>180.5</b>	<b>256.5</b>	<b>310.5</b>	1.31157219
18	611,311.46	3,887,354.93	<b>170</b>	<b>244</b>	<b>341.5</b>	1.41732972
19	611,417.32	3,887,330.38	<b>108.5</b>	<b>197</b>	<b>299</b>	1.6600483
21	611,114.64	3,887,529.21	<b>195.5</b>	<b>266</b>	<b>369.5</b>	1.37478201
22	612,353.75	3,887,514.05	<b>709.5</b>	<b>1007</b>	<b>1306</b>	1.35673612
23	612,417.47	3,887,576.92	<b>565</b>	<b>745</b>	<b>1053</b>	1.36518014
24	612,264.92	3,887,690.24	<b>517</b>	<b>676.5</b>	<b>883</b>	1.3068781
25	612,106.53	3,887,872.73	<b>1093</b>	<b>2017.5</b>	<b>3889</b>	1.88629186

## Résumé :

La compréhension des processus hydro sédimentaires côtiers est très importante pour le concepteur d'ouvrages, et pour atteindre cet objectif on a effectué cette présente étude qui est spécifique à une zone située au niveau de la commune de Dar Yaghmorassene, à l'Est de la ville de Ghazaouat (wilaya de Tlemcen), Le site accueillant le port de pêche se trouve au fond du vaste golf compris entre le cap des trois Fourches et le cap Figalo sur la mer d'Alboran. Le but principal de cette œuvre est d'étudier l'impact des infrastructures portuaires sur le processus hydrosédimentaire qui s'effectue au niveau de la plage de Sidna Youchaa.

Afin d'atteindre cet objectif, notre démarche commence par une étude diachronique de l'évolution du trait de côte, les résultats de cette étude montrent quel taux d'accrétion/érosion était plus ou moins équilibré avant l'implantation du port, mais après sa mise en place, notre plage est soumise à une érosion dans la partie ouest et centre, et une forte accrétion dans la partie Est. Par la suite, une modélisation numérique est effectuée pour simuler le processus hydrosédimentaire de la zone d'étude. Les résultats de cette modélisation numérique de la propagation de la houle et des courants dévoilent une énergie des houles atténuée du large vers la côte, les houles les plus énergétiques sont du secteur Nord-Est au période estivale et du secteur Nord-Ouest au période hivernale, et génèrent des courants de dérive littorale. Enfin, une proposition des solutions d'aménagement est présentée pour solutionner le problème de cette plage.

Mots clés : **Impact, infrastructures portuaires, simulation, processus hydrosédimentaire, trait de côte, modélisation numérique.**

## Abstract:

The understanding of coastal hydrosedimentary processes is very important for the designer of works, and to achieve this goal we have carried out this present study which is specific to an area located at the level of the town of Dar Yaghmorassene, east of the city of Ghazaouat (Wilaya of Tlemcen), the site hosting the fishing port is located at the bottom of the vast gulf between the Cape of the three Forks and the Cape Figalo on the Alboran Sea. The main purpose of this work is to study the impact of port infrastructure on the hydrosedimentary process that takes place at the beach of Sidna Youchaa.

In order to achieve this objective, our approach begins with a diachronic study of the evolution of the coastline, the results of this study show that the rate of accretion / erosion was more or less balanced before the establishment of the port, but after its implementation, our beach is subject to erosion in the western and central part, and a strong accretion in the eastern part. Subsequently, a numerical modelling is performed to simulate the hydrosedimentary process of the study area. The results of this numerical modelling of the wave propagation and currents reveal an energy of the swells attenuated from the open sea to the coast, the most energetic swells are from the northeast sector in the summer period and from the northwest sector in the winter period, and generate littoral drifts currents. Finally, a proposal of development solutions is presented to solve the problem of this beach.

Key words: **Impact, port infrasturtures, simulation, hydrosedimentary process, coastline, numerical modeling.**

## المخلص

إن فهم العمليات المائية الرسوبية الساحلية مهم جداً لمصمم الهياكل ، ولتحقيق هذا الهدف ، تم إجراء هذه الدراسة ، والتي تخص منطقة تقع على مستوى بلدية "دار يغمراسين" ، إلى شرق مدينة "الغزوات" (ولاية تلمسان) ، يقع الموقع الذي يضم ميناء الصيد في أسفل الخليج الشاسع بين رأس "الشوكات الثلاثة" ورأس "فيغالو" على بحر "البوران". الغرض الرئيسي من هذا العمل هو دراسة تأثير البنية التحتية للموانئ على عملية المعالجة المائية التي تتم على شاطئ "سيدنا يوشع".

من أجل تحقيق هذا الهدف ، يبدأ نهجنا بدراسة متزامنة لتطور الساحل ، تظهر نتائج هذه الدراسة معدل التراكم / التعرية الذي كان أكثر أو أقل توازناً قبل إنشاء الميناء ، ولكن بعد إنشائه ، يتعرض شاطئنا للتآكل في الجزء الغربي والوسط ، ولزيادة قوية في الجزء الشرقي. بعد ذلك ، يتم تنفيذ النمذجة العددية لمحاكاة العملية المائية لمنطقة الدراسة. نتائج هذه النمذجة لانتشار الامواج والتيارات تكشف عن طاقة من الامواج المخففة من البحر المفتوح باتجاه الساحل ، أكثر الامواج نشاطا هي من قطاع الشمال الشرقي في فترة الصيف ومن الشمال-القطاع الغربي في فصل الشتاء ، وتولد تيارات انجراف ساحلية. وأخيراً ، تم تقديم اقتراح حلول تنموية لحل مشكلة هذا الشاطئ

الكلمات المفتاحية: التأثير ، البنية التحتية للموانئ ، المحاكاة ، المعالجة المائية ، الخط الساحلي ، النمذجة العددية