

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



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

**OPTION : AMENAGEMENT DU LITTORAL**

**Thème :**

**Réaménagement de la plage de Jijel et son influence sur la  
résolution du problème d'ensablement du port de pêche de  
Boudis**

Présenté par :

- M<sup>elle</sup> **KERKOU**D Lynda
- M<sup>elle</sup> **MAOUCHE** Amel

Soutenu le 26/06/2018 devant le jury suivant :

Mme <b>Bachari-Houma. F</b>	Professeur (ENSSMAL)	<b>Présidente</b>
M <b>Belkessa. R</b>	Professeur (ENSSMAL)	<b>Promoteur</b>
Mme <b>Boudouma. Z</b>	Ingénieur en chef (LEM)	<b>Co- promotrice</b>
Melle <b>Mouhoubi. N</b>	Ingénieur projets N.1 (LEM)	<b>Co-promotrice</b>
M <b>Brahimi. M</b>	Ingénieur projets N.2 (LEM)	<b>Examinateur</b>
M <b>Otmani. H</b>	Maitre-assistant A (ENSSMAL)	<b>Examinateur</b>

**Juin 2018.**



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



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

**OPTION : AMENAGEMENT DU LITTORAL**

**Thème :**

**Réaménagement de la plage de Jijel et son influence sur la  
résolution du problème d'ensablement du port de pêche de  
Boudis**

Présenté par :

- M<sup>elle</sup> **KERKOU**D Lynda
- M<sup>elle</sup> **MAOUCHE** Amel

Soutenu le 26/06/2018 devant le jury suivant :

Mme <b>Bachari-Houma. F</b>	Professeur (ENSSMAL)	<b>Présidente</b>
M <b>Belkessa. R</b>	Professeur (ENSSMAL)	<b>Promoteur</b>
Mme <b>Boudouma. Z</b>	Ingénieur en chef (LEM)	<b>Co- promotrice</b>
Melle <b>Mouhoubi. N</b>	Ingénieur projets N.1 (LEM)	<b>Co-promotrice</b>
M <b>Brahimi. M</b>	Ingénieur projets N.2 (LEM)	<b>Examinateur</b>
M <b>Otmani. H</b>	Maitre-assistant A (ENSSMAL)	<b>Examinateur</b>

**Juin 2018.**

## *Remerciements*

Au terme de ce travail, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude au bon Dieu de nous avoir donné la force pour réaliser ce modeste travail.

Nous tenons à exprimer notre reconnaissance à *Mme BACHARI-Houma Fouzia*, Professeur à l'ENSSMAL, qui nous a fait l'honneur d'accepter de présider ce jury.

Nos remerciements s'adressent également à *M. OTMANI Housseyn*, Maître assistant A (ENSSMAL), et *M. Brahimi Mohamed*, Ingénieur projets N.2 (LEM) d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Nous remercions particulièrement notre promoteur *M. BELKESSA Rabah* Professeur à l'ENSSMAL, de nous avoir encadrés pendant la période de la réalisation de ce travail, sa disponibilité et ses orientations nous ont permis de mener à merveille ce travail.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à *Mme BOUDOUMA Zahia* Ingénieur en chef (LEM) pour avoir accepté de co-encadrer ce travail. On la remercie pour avoir toujours été présente et pour ses conseils et encouragements.

Nos remerciements spéciaux s'adressent à *Melle MOUHOUBI Nour el Imène*, Ingénieur projets N.1 (LEM), d'avoir accepté d'être notre co-promotrice et partagé son temps entre le travail et l'aide apporté, qu'elle trouve ici toute notre sympathie et reconnaissance pour sa disponibilité et conseils.

Un grand merci à nos parents sans qui tout ceci n'aurait pas été possible. Merci à eux de nous avoir soutenu contre vents et marées.

# Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

*A celle qui m'a transmis la vie, l'amour, le courage, à toi chère **Maman** : Tu représentes pour moi la source de tendresse et l'exemple de dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager, tu as tant souhaité que je parviennne à ce but, aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours pour toi, Que Dieu te procure bonne santé et longue vie.*

*A mon très cher **Père** : qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi.*

*A mon petit frère chéri **Fateh**, je te dédie ce travail pour te dire que tu resteras toujours le rayon de soleil qui égaye ma vie*

*A mes **grands-parents**, et à la mémoire de ma **grand-mère** maternelle : Ce travail est le résultat de vos prières incessantes, de votre tendresse, et de votre amour.*

*A mon très cher amour : aucun mot ne saurait t'exprimer mon profond attachement et ma reconnaissance pour ton soutien, tes encouragements, l'amour, la tendresse dont tu m'as toujours entouré, j'aimerais bien que tu trouves dans ce travail l'expression de mes sentiments de reconnaissance les plus sincères.*

*A ma binome **Lynda**, mes cousins **Amine** et **Habib** et leurs femmes **Sarah** et **Ibtyssam**, tonton **Said** et tonton **Boualem**, à ma tante adorable **Nedjma** et ses petits anges **Yasmine** et **Embrook**, sans pour autant oublier ma meilleure **Silia** que j'admire beaucoup et toute ma promotion 5<sup>ème</sup> année aménagement.*

*Amel*

# Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

*A LA MEMOIRE DE MON GRAND-PERE j'aurais tant aimé que vous soyez présents que Dieu garde votre âme dans son vaste paradis.*

*A la lumière de mes jours, la source de mes efforts et de ma réussite, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur ; **Maman** que j'adore.*

*A l'homme de ma vie mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, je t'aime **Papa**.*

*Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être. Que Dieu vous procure bonne santé et longue vie.*

*A mon très cher frère **Abdou**, je te souhaite un avenir plein de joie, de bonheur et de réussite.*

*A mes chères Tantes **Lamia** et **Lila** les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je porte pour vous.*

*A mes cousines **Saliha** et **Karima** pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral, avec tout mon estime, affection et respect, je vous souhaite santé, bonheur et prospérité.*

*Une spéciale dédicace à cette personne qui compte énormément pour moi, et pour qui je porte beaucoup de tendresse et de respect à toi **A.b.***

*A ma chérie binôme **Amel** et toute sa famille.*

*A toutes personnes que je n'ai pas nommées et à tous ceux qui m'ont soutenu.*

*Lynda*

## Table des matières

Liste des acronymes : .....	I
Liste des figures : .....	III
Liste des photos : .....	VI
Liste des Tableaux : .....	VI

Introduction générale.....	15
----------------------------	----

### Chapitre I : Généralités sur la zone d'étude

I.1. Introduction :.....	19
I.2. Situation géographique: .....	19
I.3. Caractéristiques géographiques de la région de Jijel : .....	20
I.4. Cadre touristique :.....	20
I.5. Cadre géologique et géomorphologique :.....	21
I.5.1. Cadre géologique : .....	21
I.5.1.1. Géologie régionale : .....	21
I.5.1.2. Géologie locale : .....	23
I.5.2. Cadre géomorphologique :.....	24
I.5.2.1. Géomorphologie régionale :.....	24
I.5.2.2. Morphologie sous-marine du plateau continentale : .....	26
I.5.2.3. Morphologie sous-marine locale : .....	26
I.6. La sédimentologie :.....	27
I.6.1. Sédimentologie régionale :.....	27
I.7. Cadre climatique et océanographique :.....	28
I.7.1. Données climatologiques : .....	28
I.7.1.1. Températures :.....	29
I.7.1.2. Précipitations : .....	29
I.7.1.3 Vents : .....	31
I.7.2 .Données océanographiques :.....	32
I.7.2.1. les houles :.....	32
I.7.2.2. La marée :.....	34
I.7.2.3. Les courants : .....	34
I.8. Hydrologie : .....	35
I.9. Présentation du port de pêche de Boudis :.....	39
I.9.1. Plan descriptif : .....	39
I.9.2. Caractéristiques et dimensions de l'aménagement du port : .....	41

I.9.3. Les unités de pêche: .....	42
I.9.4. Ensablement et opération de Dragage : .....	43
I.9.5. Visite du site et reportage photographique : .....	43

## **Chapitre II : Matériel et méthode**

II.1. Introduction : .....	46
II.2. Étude bathymétrique : .....	46
II.2.1. Traitement des données bathymétriques : .....	46
II.2.2. Description du logiciel Surfer 11 : .....	47
II.2.3. Manipulation des données : .....	47
II.3. La sédimentologie : .....	48
II.3.1. Echantillonnage : .....	49
II.3.2. Méthode d'analyse au laboratoire : .....	50
II.4. Evolution du trait de côte : .....	51
II.4.1. Description du logiciel Google Earth Pro : .....	51
II.4.2. Description du logiciel ArcGis 10.2 : .....	52
II.4.3. Aperçu de l'extension DSAS : .....	52
II.4.4. Méthodologie : .....	54
II.5. Modélisation numérique : .....	55
II.5.1. Description du modèle de simulation MIKE : .....	55
II.5.2. Etapes de la modélisation par le MIKE 21 : .....	57
II.5.3. Etude de la réfraction de la houle : .....	60
II.5.3.1. Manipulation des données : .....	60
II.5.4. Courantologie : .....	60
II.5.4.1. Manipulation des données : .....	60
II.5.5. Simulation du transport sédimentaire : .....	61
II.5.5.1. Manipulation des données : .....	61

## **Chapitre III : Résultat et discussion**

III.1. Etude bathymétrique : .....	63
III.1.1. Morphologie sous-marine : .....	63
III.1.2. Etude des profils bathymétriques : .....	64
III.2. La sédimentologie : .....	65
III.2.1. Le grain moyen D50 ( $\mu\text{m}$ ) : .....	65
III.2.2. Indices granulométriques : .....	66
a) Indice de dispersion ou de classement: .....	66
b) Coefficient d'asymétrie : .....	67

III.2.3. Répartition des carbonates :.....	69
III.3. Evolution du trait de côte :.....	70
III.3.1. End Point Rate (EPR):.....	71
III.3.2. Net Shoreline Movement (NSM): .....	73
III.3.3.Linear Regression Rate-of-change (LRR):.....	79
III.3.4. Analyse du bilan sédimentaire : .....	81
III.4. Modélisation numérique :.....	83
III.4.1. Réfraction de la houle : .....	84
III.4.2.Courantologie : .....	87
III.4.3.Transport sédimentaire : .....	90

### **Chapitre IV :**

#### **Solution d'aménagement contre le problème d'ensablement du port**

IV.1. Introduction :.....	95
IV.2. Proposition des variantes d'aménagement :.....	95
IV.3. Dimensionnements des variantes :.....	98
IV.4. Modélisation des solutions d'aménagement : .....	100
IV.4.1. Modélisation de la variante n°1 :.....	101
IV.4.2. Modélisation de la variante n°2:.....	103
IV.5. Conclusion : .....	109

### **Chapitre V : Gestion Intégrée des Zones Côtières (GIZC)**

V.1. Introduction :.....	111
V.2. Plan de gestion : .....	112
V.3. Conclusion :.....	120

Conclusion Générale .....	121
Bibliographie.....	124
Annexes.....	127

## Liste des acronymes :

**°C** : degrés Celsius

**µm** : micromètre

**AFNOR** : Association française de normalisation

**ANDP** : Agence Nationale de Développement de la Pêche

**ANRH** : Agence Nationale des ressources Hydrauliques

**BNJ** : Base Navale de Jijel

**cm** : Centimètre

**D50** : la médiane moyenne

**DHI** : Danish Hydraulics Institut

**DPRH** : Direction de la Pêche et des Ressources Halieutiques

**DSAS** : Système d'Analyse Shoreline Digital

**EGPP** : Entreprise de Gestion des Ports de Pêches

**EPR**: End Point Rate

**ESRI**: Environmental Systems Research Institute

**EURL** : Entreprise Unipersonnelle à Responsabilité Limitée

**g** : gramme

**GMRT**: Global Multi-Resolution Topography Synthesis

**GPS**: Global Positioning System

**h** : heure

**HD**: Hydrodynamique

**Hs** : Hauteur significative

**IEDA**: Interdisciplinary Earth Data Alliance

**INCT** : Institut National de Cartographie et Télédétection

**km** : Kilomètre

**LEM**: Laboratoire d'Etudes Maritimes

**LRR**: Linear Regression Rate-of-change.

**m** : Mètre

**mbar** : Mélibar

**ml** : Mètre linéaire

**MNT** : Modèles Numériques de Terrain

**MWD** : Mean Wave Direction

**NSM**: Net Shoreline Movement.

**PMS** : Parabolic Mild-Slope

**Qté** : Quantité

**RTK** : Real Time KinemaTic

**s** : Seconde

**S<sub>0</sub>** : Indice de classement

**SIG**: Système d'Information Géographique

**SKI** : Coefficient d'asymétrie

**SSMO**: Summury of Synoptic Meteorological Observations

**ST** : Transport Sédimentaire

**STPQ3D** : Sediment Transport Program Quantity 3 Dimensions

**SW**: Spectral Wave

**T** : Période de la houle

**TDC** : Trait de Côte

**T<sub>p</sub>** : Période de pique

**UTM**: Universal Time Mercator

**UV** : Ultra-Violet

**WGS**: World Geoïde System

**ZH** : Zéro Hydrographique

## Liste des figures

<b>Figure n°1</b> : Situation géographique de la zone d'étude.....	20
<b>Figure n°2</b> : Carte géologiques de la région de Jijel (Leclaire, 1972) .....	22
<b>Figure n°3</b> : Carte géologique de site d'étude (source: M. E. Ficheur, 1971) .....	24
<b>Figure n°4</b> : Esquisse géomorphologique du secteur Est de l'Algérie. (Boutiba M, 2006)....	25
<b>Figure n°5</b> : Carte bathymétrique 3D de la zone d'étude.....	26
<b>Figure n°6</b> : Portion de la carte de répartition de la nature de la couverture sédimentaire de la baie de Djidjelli (Leclaire ,1972) .....	25
<b>Figure n°7</b> : Températures annuelles en (°C) (source : rp5.ru).....	29
<b>Figure n°8</b> : Précipitations annuelles en (mm) (source : ANRH) .....	30
<b>Figure n°9</b> : Répartition saisonnière des pluies dans la région de Jijel (1992-2002).....	30
<b>Figure n°10</b> : Répartition annuelle des vents (%) de la région de Jijel.....	31
<b>Figure n°11</b> : Rose des vents (S.S.M.O) .....	32
<b>Figure n°12</b> : Roses des houles au large de la région Est de l'Algérie .....	34
<b>Figure n°13</b> : Schéma probable de l'hydrodynamisme au niveau du port de pêche Boudis....	35
<b>Figure n°14</b> : Portion d'une carte du réseau hydrographique de la région de Jijel (source : ANRH, 2004) .....	38
<b>Figure n°15</b> : Plan topographique du port de Boudis (source : EGPP Jijel, 2007) .....	40
<b>Figure n°16</b> : Image satellitaire du port de Boudis (source : Google Earth, 2018).....	40
<b>Figure n°17</b> : Illustrations de la plage de Jijel (Kotama) .....	44
<b>Figure n°18</b> : Illustrations du port de pêche Boudis .....	44
<b>Figure n°19</b> : Positionnement des points de prélèvements au niveau de la zone d'étude.....	49
<b>Figure n°20</b> : Modalité d'analyse granulométrique. ....	50
<b>Figure n°21</b> : Photographie aérienne (1988), et images satellitaires de Google Earth (2007, 2013, 2017).....	51
<b>Figure n°22</b> : Organigramme qui résume les différentes étapes suivis.....	54
<b>Figure n°23</b> : Module MIKES 21 Flow Model.....	57
<b>Figure n°24</b> : La boîte de dialogue 'New file' .....	57
<b>Figure n°25</b> : Approche méthodologique de la modélisation par les codes MIKE-21 .....	59
<b>Figure n°26</b> : Carte bathymétrique 2D de la zone d'étude .....	63
<b>Figure n°27</b> : Carte bathymétrique et le tracé des profils dans la zone d'étude.....	64
<b>Figure n°28</b> : Profil sous marin n° 1 .....	64
<b>Figure n°29</b> : Profil sous marin n° 2 .....	64
<b>Figure n°30</b> : Profil sous marin n° 3 .....	64

<b>Figure n°31</b> : Profil sous marin n°4 .....	64
<b>Figure n°32</b> : Carte de répartition du diamètre du grain moyen (D50).....	65
<b>Figure n°33</b> : Carte de l'indice de classement (S0) .....	67
<b>Figure n°34</b> : Carte du coefficient d'asymétrie (SKI) .....	68
<b>Figure n°35</b> : Carte de répartition des carbonates (CaCO <sub>3</sub> ) .....	69
<b>Figure n°36</b> : Variation de la ligne de rivage entre le port de Boudis et Djen-Djen.....	70
<b>Figure n°37</b> : Transects et trait de côte de 1988-2007-2013-2017, zone Ouest.....	71
<b>Figure n°38</b> : Transects et trait de côte de 1988-2007-2013-2017, zone Est.....	71
<b>Figure n°39</b> : Évolution du trait de côte en (m/an) entre 1988-2007-2013-2017(Ouest) .....	72
<b>Figure n°40</b> : Évolution du trait de côte en (m/an) entre 1988-2007-2013-2017 (Est) .....	72
<b>Figure n°41</b> : Changements moyens de la position de la ligne de rivage entre 1988 -2017(Est et Ouest) .....	72
<b>Figure n°42</b> : Le mouvement net du trait de côte (NSM) en (m) entre1988 et 2017(Ouest) ...	74
<b>Figure n°43</b> : Le mouvement net du trait de côte (NSM) en (m) entre 1988 et 2007 (Est)....	74
<b>Figure n°44</b> : Changements moyens de la position de la ligne de rivage entre 1988 et 2007 (Est et Ouest) .....	74
<b>Figure n°45</b> : Le mouvement net du trais de cote (NSM) en (m) entre 2007 et 2013 (Ouest) 76	
<b>Figure n°46</b> : Le mouvement net du trais de cote (NSM) en (m) entre 2007 et 2013 (Est)....	76
<b>Figure n°47</b> : Changements moyens de la position de la ligne de rivage entre 2007 et 2013 (Est et Ouest) .....	76
<b>Figure n°48</b> : Le mouvement net du trais de cote (NSM) (m) entre 2013 et 2017 (Ouest) ....	78
<b>Figure n°49</b> : Le mouvement net du trais de cote (NSM) en (m) entre 2013 et 2017 (Est)....	78
<b>Figure n°50</b> : Le mouvement net du trais de cote (NSM) en (m) entre 2013 et 2017 (Est et Ouest) .....	78
<b>Figure n°51</b> : Évolution du trait de côte en (m/an) durant la période 1988-2007-2013-2017 (Ouest).....	80
<b>Figure n°52</b> : Évolution du trait de côte en (m/an) durant la période 1988-2007-2013-2017 (Est) .....	80
<b>Figure n°53</b> : Évolution du trait de côte en (m/an) durant la période 1988-2007-2013-2017(Est et Ouest).....	80
<b>Figure n°54</b> : Analyse du taux d'évolution en surface de la zone entre 1988 et 2017.....	81
<b>Figure n°55</b> : Histogramme du bilan sédimentaire de la zone d'étude entre 1988 et 2017 .....	82
<b>Figure n°56</b> : Maillage et bathymétrie du site d'étude.....	83
<b>Figure n°57</b> : Epures de la réfraction de la houle, MWD=45° ; Hs=2,56m ; T=8s .....	84
<b>Figure n°58</b> : Epures de la réfraction de la houle, MWD=360° ; Hs=2.67m ; T=8s .....	85
<b>Figure n°59</b> : Epures de la réfraction de la houle, MWD=315° ; Hs=2.64m ; T=8s .....	86

<b>Figure n°60</b> : Champ des courants, MWD=45° ; HS =2.56m ; T=8s .....	87
<b>Figure n°61</b> : Champ des courants, MWD=360° ; HS =2.67m ; T=8s .....	88
<b>Figure n°62</b> : Champ des courants, MWD=315° ; HS =2.64m ; T=8s .....	89
<b>Figure n°63</b> : Capacité du transport sédimentaire, MWD=45° ; Hs=2,56m ; T=8s .....	90
<b>Figure n°64</b> : Capacité du transport sédimentaire, MWD=360° ; HS =2.67m ; T=8s.....	91
<b>Figure n°65</b> : Capacité du transport sédimentaire, MWD=315° ; HS =2.64m ; T=8s.....	92
<b>Figure n°66</b> : Illustration de la variante n°1 .....	96
<b>Figure n°67</b> : Illustration de la variante n°2.....	96
<b>Figure n°68</b> : Illustration de la variante n°3.....	97
<b>Figure n°69</b> : Carte de répartition du flux sédimentaire, MWD= 45° ; HS =2,56m; T=8s (Variante n°1).....	101
<b>Figure n°70</b> : Carte de répartition du flux sédimentaire, MWD=360° ; HS =2,67m ; T=8s (Variante n°1).....	101
<b>Figure n°71</b> : Carte de répartition du flux sédimentaire, MWD=315° ; HS = HS =2.64m; T=8s (Variante n°1).....	102
<b>Figure n°72</b> : Carte de répartition du flux sédimentaire, MWD=45° ; HS =2,56m; T=8s (Variante n°2).....	103
<b>Figure n°73</b> : Carte de répartition du flux sédimentaire, MWD=360° ; HS =2.67m; T=8s (Variante n°2).....	103
<b>Figure n°74</b> : Carte de répartition du flux sédimentaire, MWD=315° ; HS =2.64m; T=8s (Variante n°2 .....	104
<b>Figure n°75</b> : Champ des courants, MWD=360° ; HS =2.67m; T=8s (Variante n°2).....	105
<b>Figure n°76</b> : Champ des courants, MWD=315° ; HS =2.64m; T=8s (Variante n°3) .....	106
<b>Figure n°77</b> : Champ des courants, MWD=45° ; HS =2,56m; T=8s (Variante n°3).....	107
<b>Figure n°78</b> : Carte de répartition du flux sédimentaire, MWD=45° ; HS =2,56m; T=8s (Variante n°3).....	108
<b>Figure n°79</b> : Impacts des différentes pressions au niveau de la zone étudiée (Etat actuel )	117
<b>Figure n°80</b> : Impacts des différentes pressions au niveau de la zone étudiée (Scénario tendanciel) .....	118
<b>Figure n°81</b> : Impacts des différentes pressions au niveau de la zone étudiée (Scénario alternatif ) .....	119

## Liste des photos :

<b>Photo n°1:</b> Port naval et Boudis .....	115
<b>Photo n°2 :</b> Port Djen-Djen .....	115
<b>Photo n°3 :</b> Pollution du port Boudis .....	115
<b>Photo n°4 :</b> Plage Kotama .....	115
<b>Photo n°5 :</b> Pollution de la plage Tassoust.....	115
<b>Photo n°6 :</b> Blocs rainurés contre le pillage du sable.....	115
<b>Photo n°7 :</b> Embouchure de l'Oued Djen-Djen .....	115
<b>Photo n°8 :</b> Barrage El Aghrem .....	115

## Liste des Tableaux :

<b>Tableau n°1 :</b> Fréquences mensuelles de la houle au large par direction .....	33
<b>Tableau n°2 :</b> Caractéristiques des oueds de la région .....	36
<b>Tableau n°3:</b> Moyennes annuelles des débits solides et liquides de l'oued Djen-Djen durant la période 1983-1993.....	37
<b>Tableau n°4 :</b> Caractéristiques hydrologiques de l'oued Mencha .....	37
<b>Tableau n°5:</b> Composantes actuelles du port de pêche de Boudis (source: DPRH Jijel).....	42
<b>Tableau n°6:</b> Typologie et caractéristiques de la flottille du port de Boudis (source: ANDP Jijel).....	42
<b>Tableau n°7 :</b> Dates des opérations de dragage .....	43
<b>Tableau n°8 :</b> Barre d'outils de DSAS.....	53
<b>Tableau n°9 :</b> Houle annuelle dans la région de Jijel (SSMO, 1970).....	61
<b>Tableau n°10 :</b> Répartition des sédiments en fonction de leurs diamètres (Folk et Ward) ....	65
<b>Tableau n°11 :</b> Les valeurs de S0 pour le classement (Folk et Ward).....	66
<b>Tableau n°12:</b> Les valeurs adoptées de SKI pour l'asymétrie (Folk et Ward).....	68
<b>Tableau n°13 :</b> Bilan d'érosion et d'accrétion du littoral de la zone d'étude .....	81
<b>Tableau n°14 :</b> Coût estimé pour chaque variante .....	97
<b>Tableau n°15 :</b> Dimensionnement de la variante n°1 .....	99
<b>Tableau n°16 :</b> Dimensionnement de la variante n°2 .....	99
<b>Tableau n° 17:</b> Dimensionnement de la variante n°3 .....	100
<b>Tableau n°18 :</b> Définition des activités majeurs, leurs enjeux et les acteurs clés.....	112
<b>Tableau n°19 :</b> Analyse des pressions existantes sur la zone étudiée.....	113

---

# Introduction générale

---

Les zones littorales situées à la frontière de la mer et de la terre ont toujours présenté un grand intérêt et sont, encore aujourd'hui, le siège d'activités multiples liées à la mer (pêche, navigation, tourisme balnéaire...) mais aussi terrestres (villes, industries au bord de l'eau...).

Ces zones sont, à la fois, soumises à l'action des éléments naturels et à l'action de l'homme qui utilise et aménage ces zones et donc en modifie l'équilibre naturel.

Il apparaît de plus en plus nécessaire de protéger ces zones littorales pour qu'elles puissent continuer d'assurer dans l'avenir les fonctions qui leur ont été confiées.

Le transit sédimentaire est un phénomène naturel introduit en grande partie par des agents de forçage, il s'agit des houles, des vents, des courants qui induisent le transport du sable vers le large ou le long de la côte. Des transits sédimentaires peuvent être induits ou bloqués (dans des zones à fortes pressions) par l'implantation des ouvrages côtiers. Il est donc impossible d'influer sur ces agents, mais il existe des techniques pour bloquer localement le transit sédimentaire et ainsi stocker sur place le sable.

Actuellement ce transit connaît une perturbation intense dans plusieurs régions du monde notamment au niveau du littoral de Jijel qui présente une artificialisation de la côte par l'implémentation d'infrastructures portuaires et ouvrages de protection.

Dans la présente étude, on va se focaliser sur l'une de ces infrastructures portuaires : le port de pêche de Boudis qui connaît un véritable problème d'ensablement.

Les questions qui se posent dans cette étude se présentent comme suit :

- Quelles mesures peut-on prendre pour évaluer le comportement des divers phénomènes pour arriver à un diagnostic personnalisé et proposer ainsi des solutions adéquates afin d'optimiser le rendement de ce port de pêche et de minimiser son problème d'ensablement.
- Afin de cerner les problèmes liés à l'implantation humaine sur la côte, il est utile de comprendre l'impact des ouvrages existants sur la côte de Jijel ?
- Quelles mesures peut-on prendre pour une mise en place d'une Gestion Intégrée des Zones côtière « GIZC » dans la zone concernée ?

Afin de répondre aux questions précédentes, une logique d'étude doit être suivie. Pour cela, on prévoit une méthodologie de travail en cinq chapitres :

Dans le premier chapitre, nous allons faire part des généralités au cours desquelles nous nous attarderons sur la situation géographique du site d'étude, la description des données naturelles physiques (morphologie, sédimentologie et bathymétrie), hydrologiques (courants, houles) et climatiques (températures, précipitation, vents) ainsi qu'une présentation du port de pêche de Boudis.

Dans le second chapitre, nous décrivons la démarche qu'on va suivre et les moyens utilisés pour réaliser les différentes études (bathymétrie, sédimentologie, évolution diachronique du trait de côte et une modélisation numérique des phénomènes physiques régnants sur le site d'étude) afin de comprendre et diagnostiquer le problème d'ensablement du port.

Au cours du troisième chapitre, nous présentons les résultats obtenus et proposons des interprétations des études citées précédemment.

Le quatrième chapitre est consacré à la proposition des variantes par le biais d'une modélisation numérique qui permet de protéger le port contre le phénomène d'ensablement d'une part et de préserver le côté environnemental et visuel de la plage adjacente. A la lumière de cette étude, nous allons dégager une variante optimale qui répond à ces objectifs.

On termine, dans le dernier chapitre par une étude initiatrice à la gestion intégrée de notre zone côtière où nous proposons des solutions aux différents problèmes soulevés.

Le travail est clôturé par une conclusion générale

---

# **Chapitre I :** **Généralités sur la zone** **d'étude**

---

## **I.1. Introduction :**

La wilaya de Jijel avec ses 120 km de côte pratiquement vierges, avec ses corniches, est parmi les plus belles au monde, ses reliefs montagneux, avec une faune et une flore aussi riches que variées, des zones humides et des parcs naturels contenant de nombreuses espèces rares et d'autres sites encore, est incontestablement une wilaya richement dotée en potentialités environnementales susceptibles de faire l'objet d'une activité touristique et environnementale.

## **I.2. Situation géographique:**

La wilaya de Jijel est située au Nord - Est de l'Algérie à environ 314 km d'Alger, elle est limitée au Nord par la mer Méditerranée, à l'Ouest par la wilaya de Bejaia, Sétif et Mila au Sud et Skikda à l'Est.

D'après **Leclaire (1972)**, elle se situe entre la latitude  $36^{\circ} 30'$  et  $37^{\circ}$  Nord et la longitude  $5^{\circ}30'$  et  $6^{\circ}15'$  Est. La wilaya de Jijel s'étend sur une superficie de 2.398,69 km<sup>2</sup> et possède une façade maritime de 120 km. Sa partie Ouest est formée de criques rocheuses intercalées par quelques plages sableuses tandis que sa partie Est correspond à des plages rectilignes.

La commune de Jijel est limitée au Nord par la mer méditerranée, au Sud par la commune de Kaous, à l'Est par la commune de l'Emir Abdelkader et à l'Ouest par la commune d'EI-Aouana.

La cellule sédimentaire de notre zone d'étude est délimitée par le port de Djendjen à l'Est et par la Base Navale de Jijel (BNJ) à l'Ouest, elle s'étend sur une bande littorale d'un linéaire d'environ 10 Km et entre les longitudes  $5.77^{\circ}$  Est  $5.87^{\circ}$  Est. Elle comprend les deux oueds : Djendjen et Mancha ainsi que les deux plages: Plage de Jijel (Kotama) et plage de Tassoust (Terre Rouge). (**Figure n°1**)

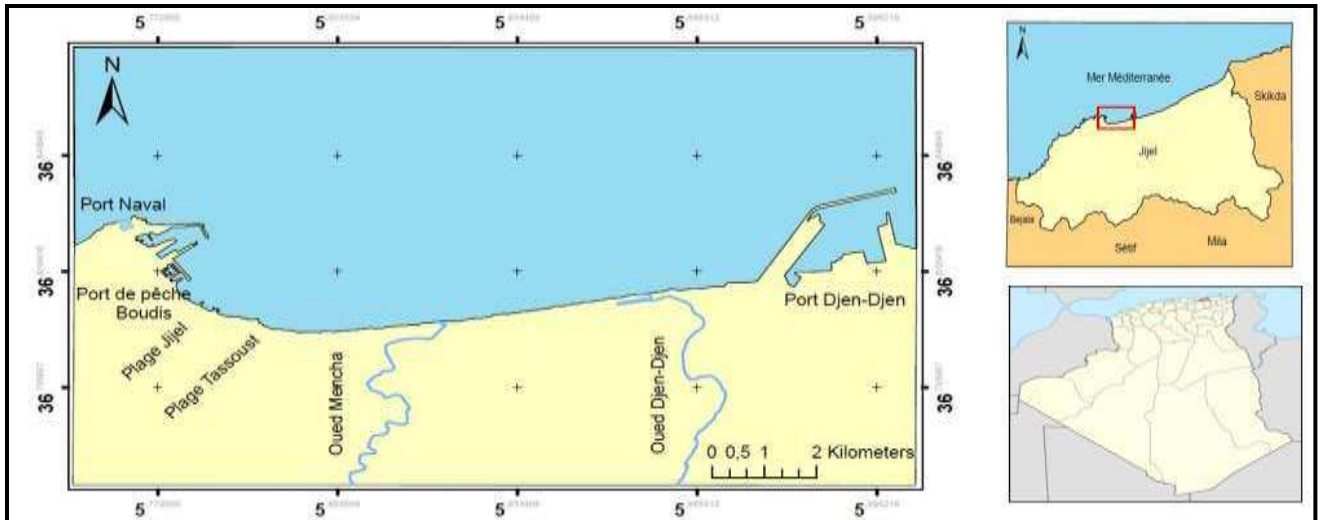


Figure n° 1 : Situation géographique de la zone d'étude (KERKOUH et MAOUCHE, 2018)

### I.3. Caractéristiques géographiques de la région de Jijel :

La région de Jijel essentiellement montagneuse a un système orographique occupant 82% de sa superficie totale où plusieurs sommets dépassent les 1500m d'altitude. On y distingue la chaîne numidique au sud et les anciens massifs de la petite Kabylie au nord.

La chaîne numidique d'orientation sensiblement WSW-ENE, est composée essentiellement des massifs calcaires jurassiques (Djebels M'sid Aicha 1462m ; Sidi Driss 1364m, etc...).

Ces reliefs forment une importante barrière rocheuse qui partage la Petite Kabylie au Nord et les hauts plateaux au Sud. Les plus hauts sommets de la Wilaya sont : Tamesguida 1620m, Tababoure 1990m, Bouazza 1600m, El Korn 1200m et Seddat.

Les massifs anciens de la Petite Kabylie sont formés de terrains métamorphiques, traversés par des roches éruptives. Ces chaînes montagneuses longent directement la mer vers le côté ouest et reculent au sud dans la zone côtière Est où des vallées de plusieurs oueds (Oued El-Kébir, Oued Nil, Oued Djendjen) présentent de vastes dépôts alluviaux. De petites plaines jalonnent également le littoral à l'exemple de celles d'El-Aouana, de oued Z'hour, du bassin de Jijel, et en fin de l'oued Boussiaba à l'intérieur des terres. (LEM, 2006).

### I.4. Cadre touristique :

Le développement des zones côtières pour les besoins du tourisme doit constituer une source de préoccupation particulière pour la ville de Jijel. Un développement du tourisme mal planifié pourrait détruire la beauté naturelle de la ville, et en premier lieu son littoral, et compromettre les moyens d'existence des collectivités côtières.

Le traitement et l'élimination des déchets liquides et solides produits par l'industrie touristique constituent un grave problème, en particulier pour la commune de Jijel, en raison du manque des infrastructures matérielles nécessaires et la capacité insuffisante de traitement de déchets. L'absence de stations d'épuration fait que l'évacuation des effluents non traités

dans les zones maritimes environnantes polluent les rares ressources en eau douce du littoral, la disparition de précieuses espèces de la faune marine, la destruction des récifs coralliens très précieux pour la vie marine et un processus d'envasement et d'érosion catastrophique pour les plages côtières. ( **Grimes, 2002** )

Le tourisme est le secteur économique le plus important à Jijel, il représente actuellement près de 80% des recettes de la wilaya.

En 2003, il y a eu 13 000 000 d'estivants dans la wilaya, pour une population d'environ 115 000 habitants. Parmi ceux-ci, 9 900 000 ont séjourné sur les plages de la corniche Jijelienne entre le 1er juin et le 17 août 2003. (**Source : Données de la protection civile recueillies par le quotidien d'Oran du 21 août 2003.**)

### **I.5. Cadre géologique et géomorphologique :**

Une approche générale qui permet de placer la côte Jijelienne dans son contexte régional et locale (géologique, géomorphologique) qui permettra de comprendre l'histoire de la mise en place du relief et des paysages du secteur étudié, siège d'une intense évolution morpho dynamique actuelle.

#### **I.5.1. Cadre géologique :**

##### **I.5.1.1. Géologie régionale :**

La région Jijelienne fait partie d'une bande structurale et géologique caractérisant la région Nord de l'Algérie. C'est un édifice constitué d'un socle métamorphique qui occupe la partie Nord, une chaîne calcaire et un domaine de flysch dans le sens Nord-Sud. (**Figure n°2**)

L'échelle stratigraphique de ces terrains se répartit du Quaternaire au Primaire. L'ensemble sédimentaire d'âge Mésozoïque, Cénozoïque, et Quaternaire couvre les terrains métamorphiques, donc la couverture tertiaire repose soit sur le socle Kabyle, soit sur les terrains crétacés appartenant à des séries de types flyschs. Elle est constituée de sédiments littoraux, qui se sont déposés dans le bassin de Jijel nettement individualisés durant le Néogène ; c'est le bassin Sahélien de Jijel.

L'analyse géologique de la côte Jijelienne a révélé que l'édifice structural de l'arrière-pays est composé de trois domaines :

- Le domaine kabyle qui englobe le socle et la dorsale carbonatée,
- Le domaine des flyschs allochtones,
- Le domaine tellien qui constitue l'arrière-pays du secteur étudié.

Sur le plan lithologique, on distingue dans la région de Jijel :

- Ensemble magmatique ;
- Ensemble sédimentaires ;
- Ensemble métamorphique.

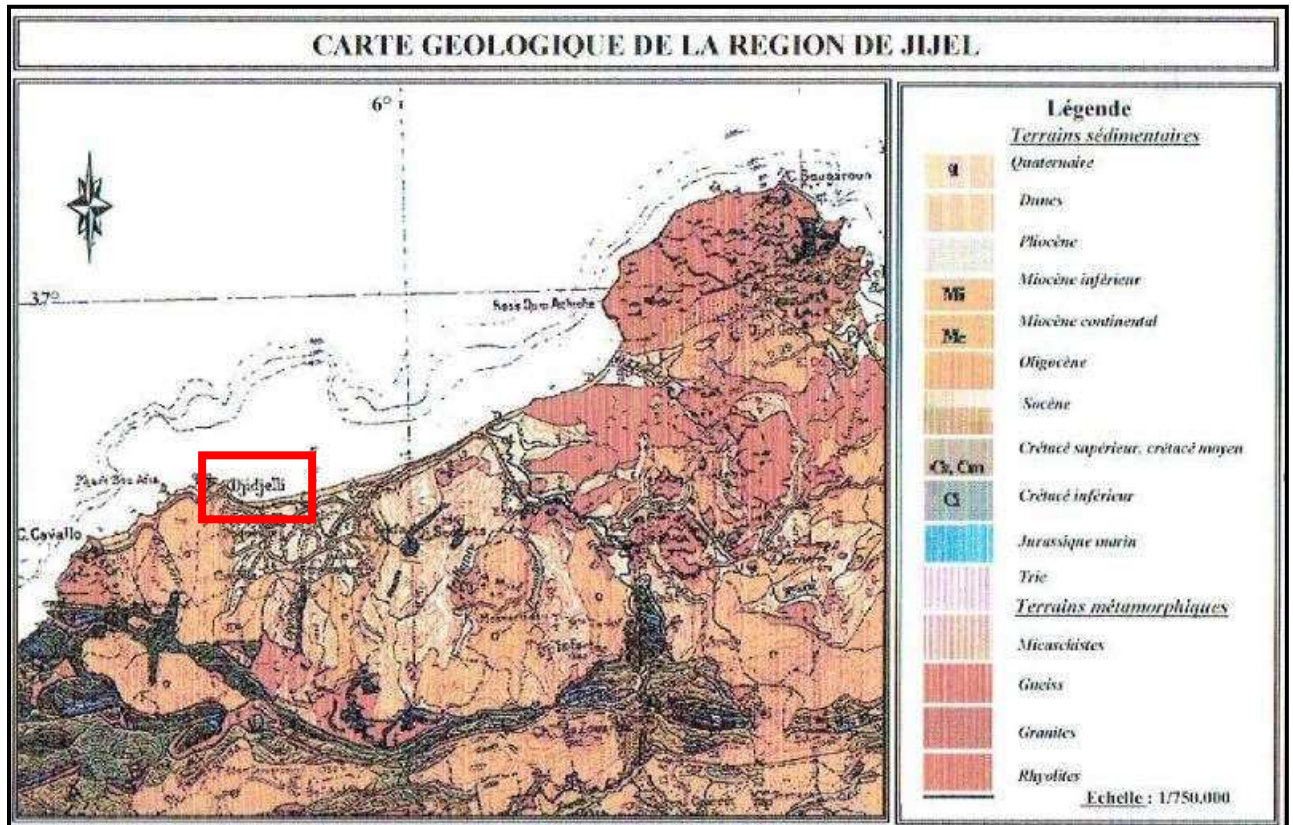


Figure n°2 : Carte géologiques de la région de Jijel (Leclaire, 1972)

### I.5.1.2. Géologie locale :

Le littoral du chef-lieu de Jijel est caractérisé par des plages à sables grossiers parfois consolidés, il s'étale sur une longueur de 9 Km.

A partir de la carte géologique de Jijel sur une échelle de 1/300000<sup>e</sup>, on a reporté les formations locales rencontrées au niveau du site d'étude et de ses alentours (**Figure n°3**) :

- A l'ouest, présence d'une alternance d'argiles et de grès qui résultent du numidien (éocène supérieure-oligocène), des alluvions marécageuses, alluvions quaternaires, ainsi qu'une partie importante d'un mélange du birdugalien qui provient du Miocène inférieur, de la marne grise parfois sableuse et du calcaire marneux ;
- Au centre, des alluvions récentes essentiellement du sables, graviers, conglomérats et des galets, aussi du pontien (miocène inférieur), dépôts détritiques, cailloutis, galets et argiles d'origine continentales ;
- A l'est, principalement des dunes anciennes (sables fins, limoneux souvent consolidés) et des alluvions quaternaires (terrasses anciennes des vallées).

A proximité de notre zone d'étude, se trouve deux montagnes Sidi Ahmed et Djebel bou Kerczoum, le premier à l'Ouest de Oued Mencha et le second entre Oued Mencha et Oued Djendjen.

Les deux Oueds sont alimentés par des matériaux provenant de ces deux monts de nature birdugalien (miocène inférieur), marnes grises parfois sableuses, calcaire marneux et numédien (éocène supérieur-oligocène), alternance d'argile et grés .Les matériaux grossiers alimentent les côtes, les fins vers les ports .

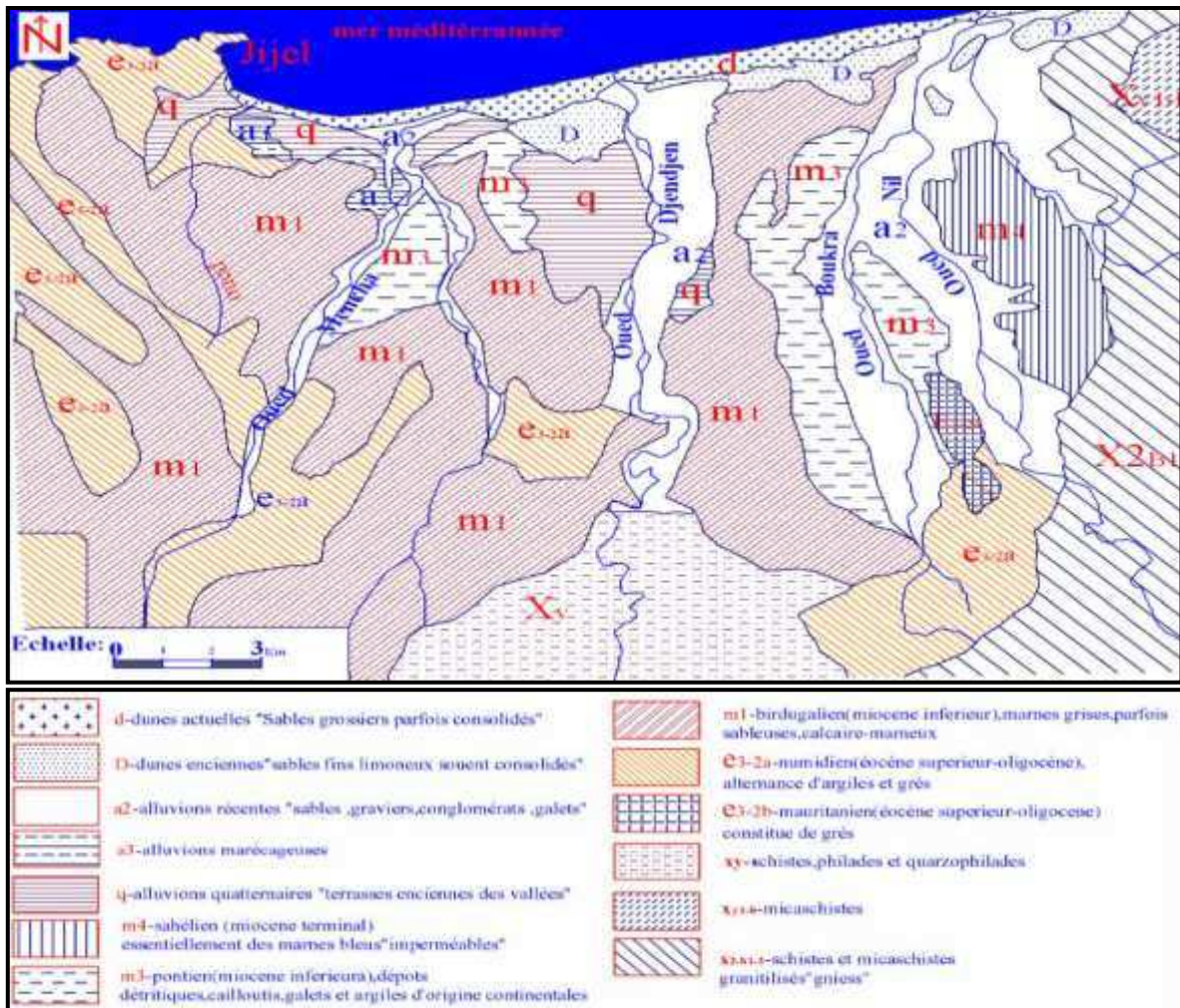


Figure n°3 : Carte géologique de site d'étude (source: Ficheur,M.(1971) in Daghbadj,A. et al.(2015))

## I.5.2. Cadre géomorphologique :

### I.5.2.1. Géomorphologie régionale :

La morphologie de la côte sableuse Jijelienne est formée de paysages diversifiés montrant l'influence des facteurs néotectoniques et eustatiques durant l'Holocène. L'étude du cadre global de cette zone montre la présence d'une entité morphologique remarquable, formée essentiellement d'une longue et belle côte sableuse (54 Km), la largeur de la plage varie de quelques mètres à l'ouest à quelques dizaines de mètres à l'Est.

D'après une analyse faite par (Boutiba.M, 2006) : (Figure n°4)

Le cordon dunaire actuel est relativement étroit, il forme une accumulation sableuse qui longe cette immense plage et s'oriente suivant la direction dominante des mécanismes hydrodynamiques côtiers, globalement NE-SW entre Ras Oum Chiche et l'embouchure de l'oued El Kébir et E-W jusqu'à l'embouchure de l'oued Mencha. Il est constitué de dunes assez basses entre Jijel et l'embouchure de oued Jen Jen, puis progressivement plus haut 15 à 20 mètres jusqu'au Ras Mouadène. La continuité de ces dunes est interrompue à son tour par la portion de la côte rocheuse de Ras Mouadène, puis reprennent jusqu'au débouché de l'oued

Z'Hor sur une distance de 6.5 Km. Ces dunes sont développées aux embouchures des principaux oueds qui débouchent dans la baie et plus particulièrement au débouché de l'oued El Kebir où elles culminent à une trentaine de mètres. L'analyse du stock sédimentaire montre des sables à granularité homogène, un bon tri et un bon classement témoignant des conditions énergétiques constantes lors des dépôts.

Cette analyse a mis en évidence la présence de quelques indicateurs morphodynamique, bien qu'ils ne soient pas nombreux, révélateurs d'importants transports sédimentaires résiduels long-shore et cross-shore. Les unités morphologiques rencontrées le long de la côte Jijelienne témoignent de l'importance des effets de houles sur la mobilité des sédiments.

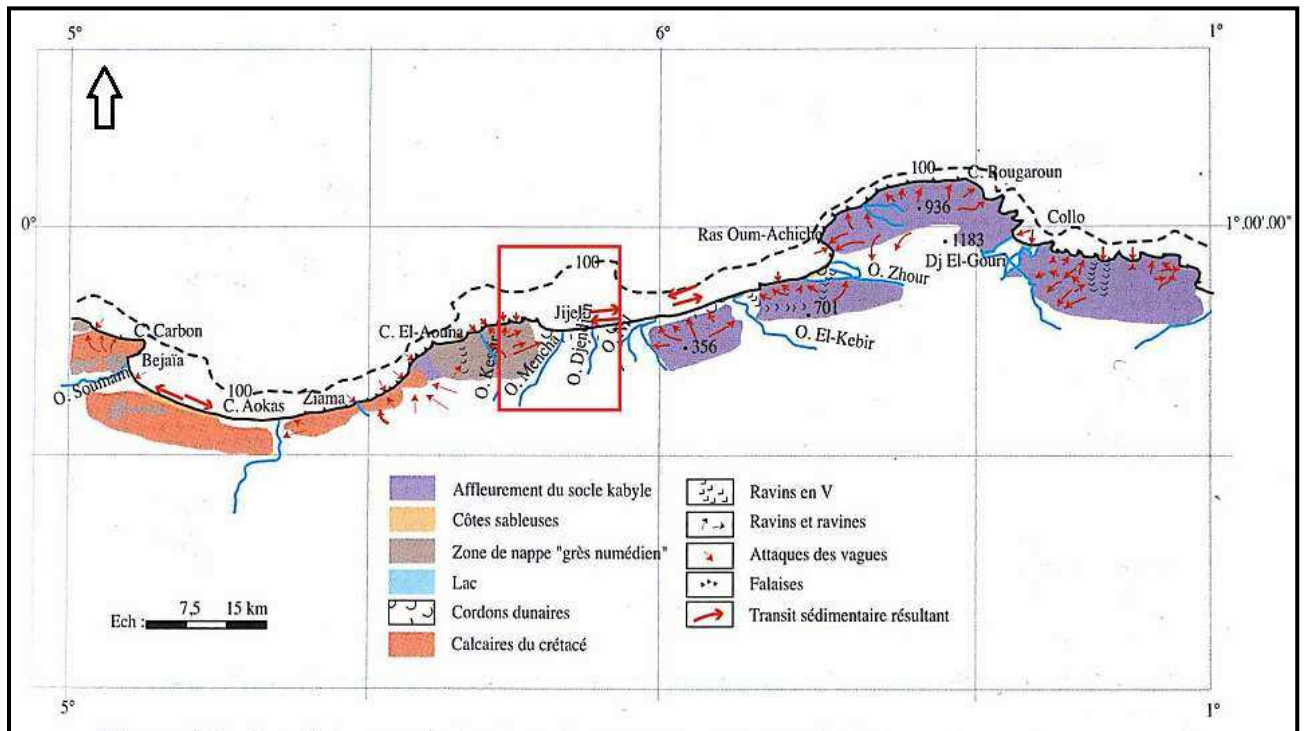


Figure n°4 : Esquisse géomorphologique du secteur Est de l'Algérie. (Boutiba M, 2006)

### I.5.2.2. Morphologie sous-marine du plateau continental :

La carte de la baie de Djidjelli (prise au sens large) illustre la variété du site sous-marin de la petite Kabylie. Trois compartiments morphologiques apparaissent nettement. A l'ouest, le plateau de Djidjelli accidenté, échancré dans sa partie médiane au niveau du rebord, atteint son maximum d'extension au droit du haut-fond du même nom (12 km) la pente continentale qui lui succède vers le large est accore (15°).

Entre ce haut-fond et le Ras Oum-Achiche, tout change : la surface du plateau continentale s'apparente à celle d'un talus d'accumulation de matériaux meubles. Sa pente est moyenne et très régulière. On retrouve des festons d'ordre différents avec criques sous-marins et pédoncules inter-thalweg : criques du Seddets, de L'abrioun séparés par un bombement au droit de l'embouchure de l'oued el Kébir. Cette morphologie sous-marine est identique à celle du golfe de Bougie. (Leclaire, 1972).

### I.5.2.3. Morphologie sous-marine locale :

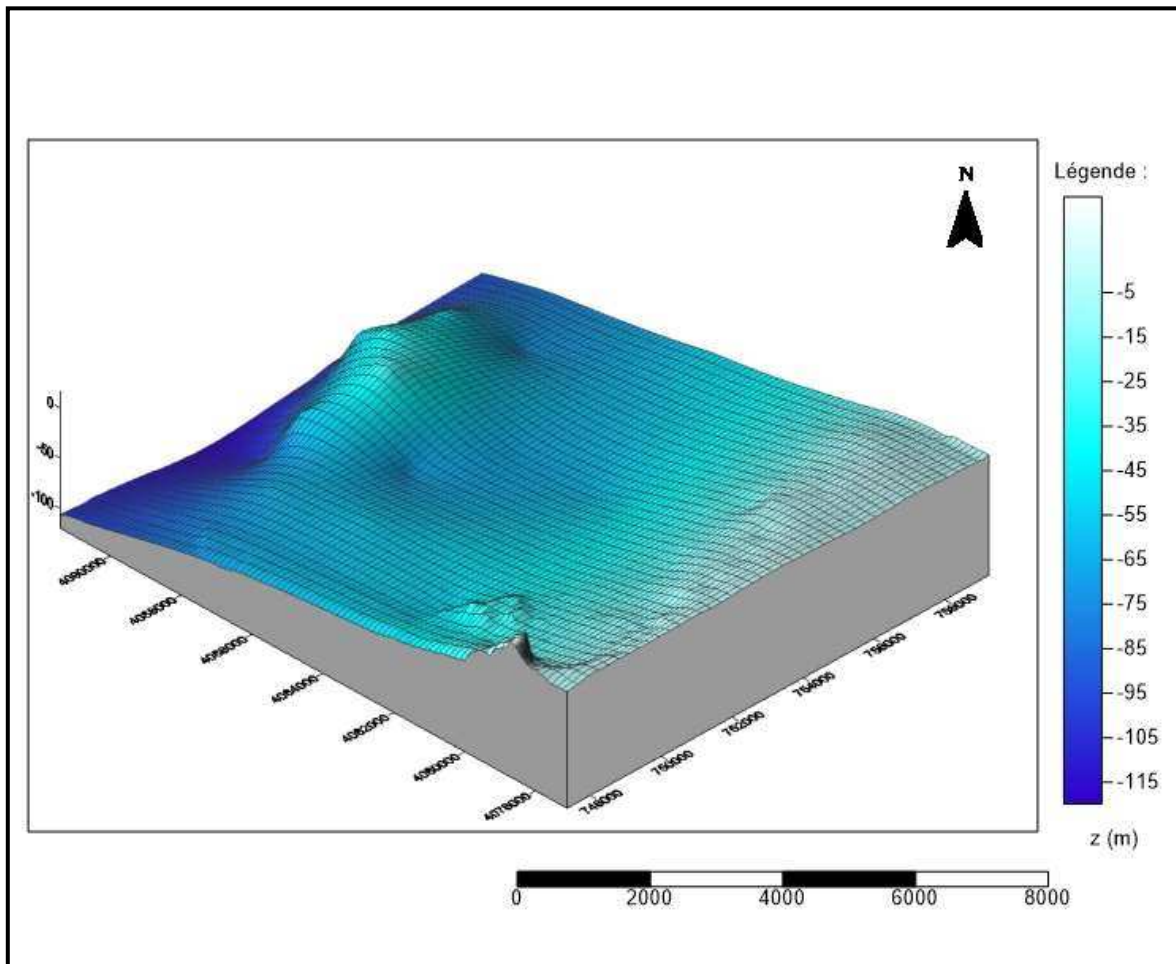


Figure n°5 : Carte bathymétrique 3D de la zone d'étude.

La carte bathymétrique 3D (Figure n°5) nous permet d'observer une morphologie sous-marine régulière près de la côte, et présence d'un haut fond aux alentours de -65m de profondeur.

## **I.6. La sédimentologie :**

La sédimentologie permet de connaître la constitution fréquentielle des différentes fractions qui composent le stock sédimentaire d'une part et de définir les paramètres de la dynamique : mouvement des sédiments (zone d'accumulation, zone d'érosion, sens du transit sédimentaire) d'autre part.

La répartition et la mobilité des stocks sédimentaires le long de la côte Jijelienne est le résultat des interactions entre le sédiment et l'hydrodynamisme côtier.

### **I.6.1. Sédimentologie régionale :**

La nature et la texture des sédiments organogènes du plateau de Djidjelli sont relativement uniformes. Sur 15 prélèvements, 12 se sont révélés être des sables et graviers à Bryozoaires, 2 des sables et graviers organogènes à Algues calcaires, le sédiment mixte est un sable grossier à Coquillier. Aucune vase organogène proprement dite n'a pu être recueillie (**Caulet, 1972**).

La répartition des sédiments superficiels meubles sur le plateau continental de Jijel se fait de la manière suivante :

- Un stock littoral correspondant à des sables littoraux et pré-littoraux ;
- Une vase centrale (milieu du plateau continental) ;
- Un sable mixte coquillier dans les crevasses du substratum rocheux ;
- Un dépôt organogène sur les flancs du haut fond de Jijel.

Cette répartition des stocks sédimentaires le long de la côte Jijelienne est due à l'interaction de plusieurs facteurs qui relient la nature des stocks, l'énergie et la distance de transport.

Les principaux types des sédiments selon (**Caulet, 1972**) :

- Les sables organogènes à Bryozoaires ;
- Les sables et graviers organogènes à Algues calcaires ;
- Les sables mixtes à Coquillier.

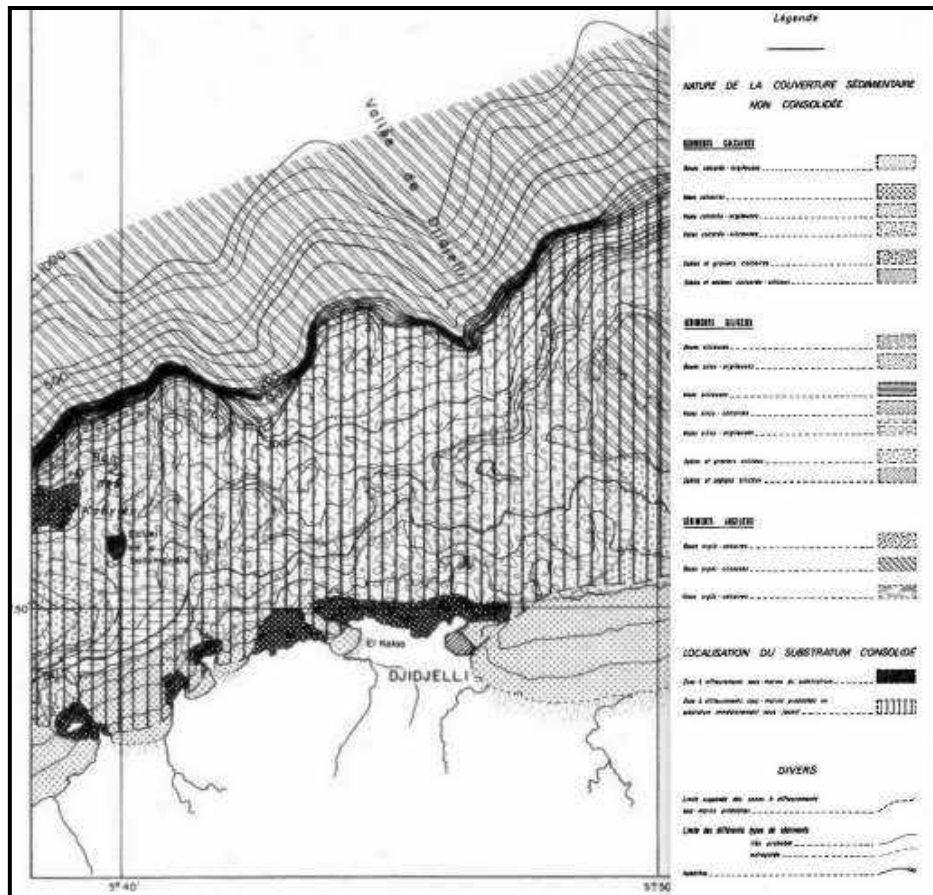


Figure n°6 : Portion de la carte de répartition de la nature de la couverture sédimentaire de la baie de Djidjelli (Leclaire ,1972)

## I.7. Cadre climatique et océanographique :

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

### I.7.1. Données climatologiques :

L'étude climatique porte sur l'analyse des températures, des précipitations et des vents aux larges, chacun de ces facteurs a un rôle déterminant dans l'évolution du bassin versant, donc des apports liquides et solides alimentant les plages, mais aussi influençant directement les régions hydrodynamiques régnant sur la zone d'étude.

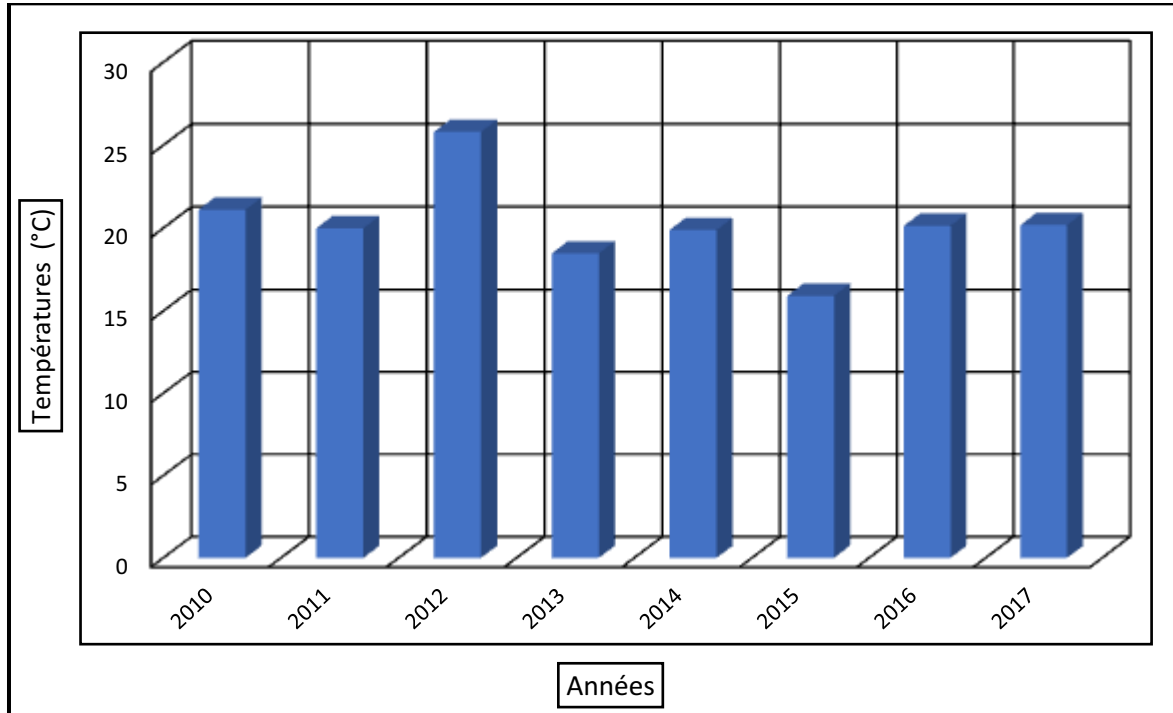
Le climat actuel de la côte Jijelienne se caractérise par un régime méditerranéen irrégulier subhumide à humide à deux saisons bien distinctes : une période hivernale froide et pluvieuse et une période estivale chaude et sèche. Cependant, l'effet de proximité de la mer confère à cette région un climat tempéré, de même la répartition pluviométrique et thermique est fortement influencée par le relief de la mer.

A cet effet, l'étude du climat de l'arrière-pays Jijelien s'avère indispensable pour comprendre l'évolution morphodynamique de la côte.

### I.7.1.1. Températures :

Les températures enregistrées à la station de Jijel caractérisent un régime thermique de type méditerranéen avec un été chaud et sec, et un hiver doux et humide.

La température moyenne est de 18°C / an et varie entre 12°C en hiver, 30°C en été, le maximum est de 38°C sur le littoral et le minimum en Janvier est de 4°C. (**Figure n°7**).



**Figure n°7** : Températures annuelles en (°C) (source : rp5.ru, 2010-2017)

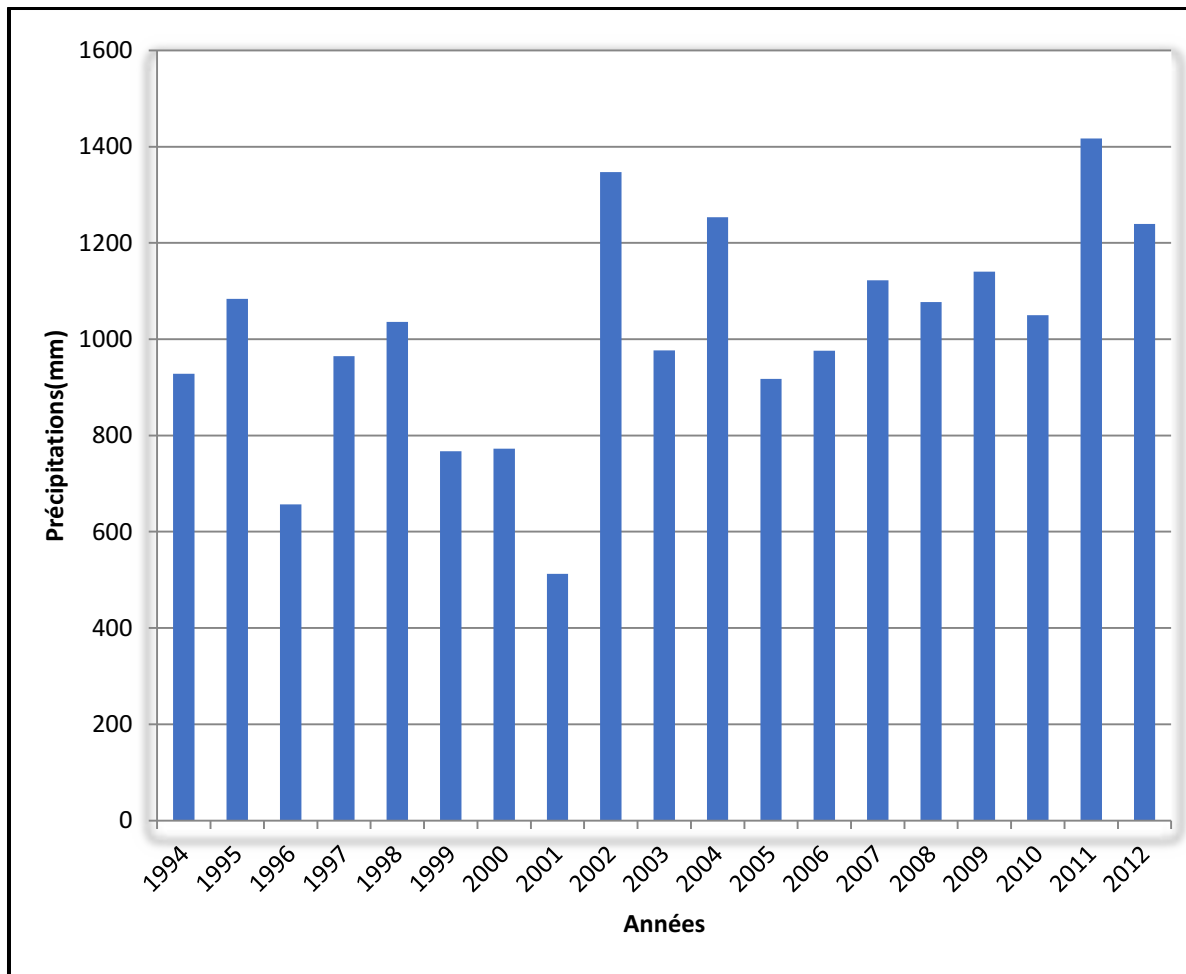
### I.7.1.2. Précipitations :

La wilaya de Jijel est très exposée aux pluies durant la saison froide et se classe ainsi parmi les wilayas les plus arrosées d'Algérie, avec une pluviométrie moyenne annuelle qui varie entre 800 et 1200mm/ an.

La station pluviométrique 030301 de Jijel installée par l'ANRH, nous permet d'avoir des données de précipitations mensuelles et annuelles cumulés en (mm) par mois et ceci pendant toute la durée de 1978-2012.

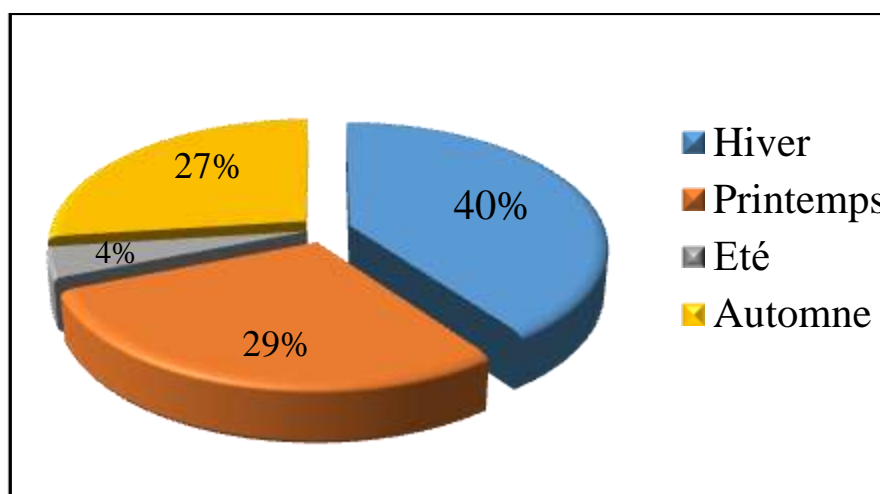
Les moyennes de précipitations cumulées en (mm) par mois et ceci pendant toute la durée de 1994-2012 sont portées dans l'annexe.

Ces données de pluviométrie ont été représentées dans le diagramme suivant (**Figure n°8**) :



**Figure n°8** : Précipitations annuelles en (mm) (source : ANRH, 1994-2012)

Le régime saisonnier des précipitations nous montre l'inégalité de la répartition des pluies dans le cycle annuel car l'hiver est la saison la plus pluvieuse avec 40% et la saison la plus sèche est l'été avec 4%. (Figure n°9)

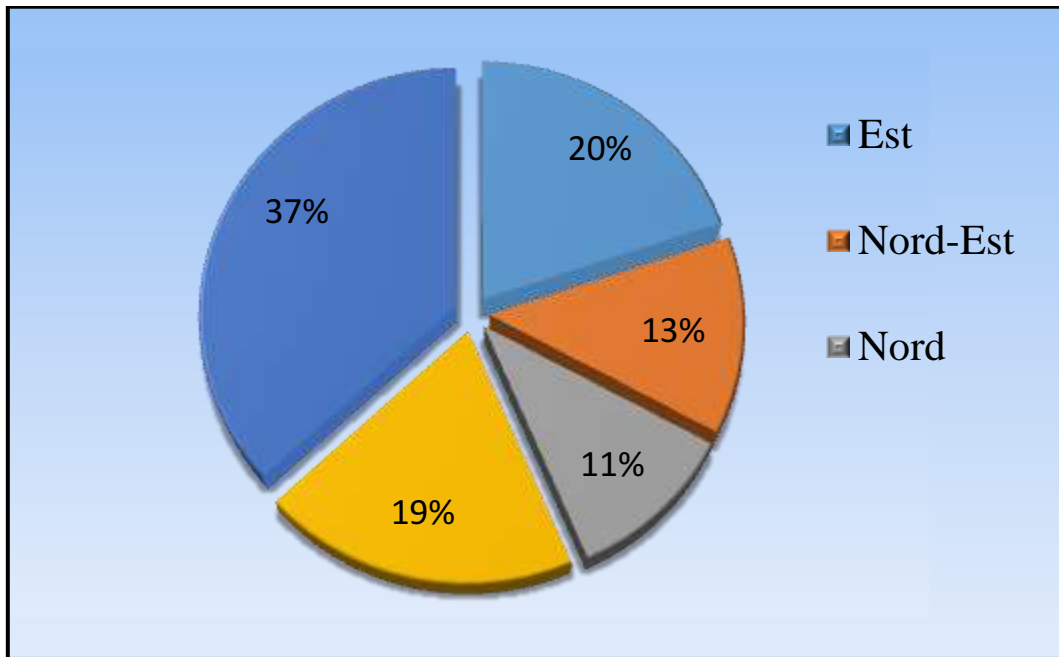


**Figure n°9** : Répartition saisonnière des pluies dans la région de Jijel (source : ANRH, 1992-2002)

### I.7.1.3 Vents :

Le vent constitue un élément primordial à prendre en considération dans toute étude relative à la zone côtière car il provoque non seulement l'agitation de la mer qui est elle-même génératrice de certains phénomènes tels que les houles et les courants de surface, mais aussi le déplacement d'importantes quantités de sable le long de la côte dans les régions à climat sec. (ONU, 1963)

Le traitement des données de l'US Naval Weather Service Command tirées du document intitulée (Summary of Synoptic Meteorological Observations (S.S.M.O)), permet d'établir la relation entre les fréquences des vents par intensité et total par directions (figure n°10 et 11).



**Figure n°10** : Répartition annuelle des vents (%) de la région de Jijel (source : SSMO, 1963-1970)

La wilaya de Jijel est sollicitée par deux vents dominants:

- Le vent d'Ouest est dominant durant le premier et quatrième trimestre ;
- Le vent d'Est est dominant en période estivale.

Autre vent peu fréquent, le sirocco, vent du sud qui souffle en moyenne 24 jours/an.

Les vents dominants les plus fréquents pendant la saison balnéaire sont ceux du Nord-Est qui s'étalent en moyenne sur 70 jours/an de Juin à septembre. La côte présente une ouverture sur la mer au nord, donc le littoral est exposé aux vents dominants d'été sauf les parties protégées par les montagnes qui sont relativement à l'abri des bourrasques.

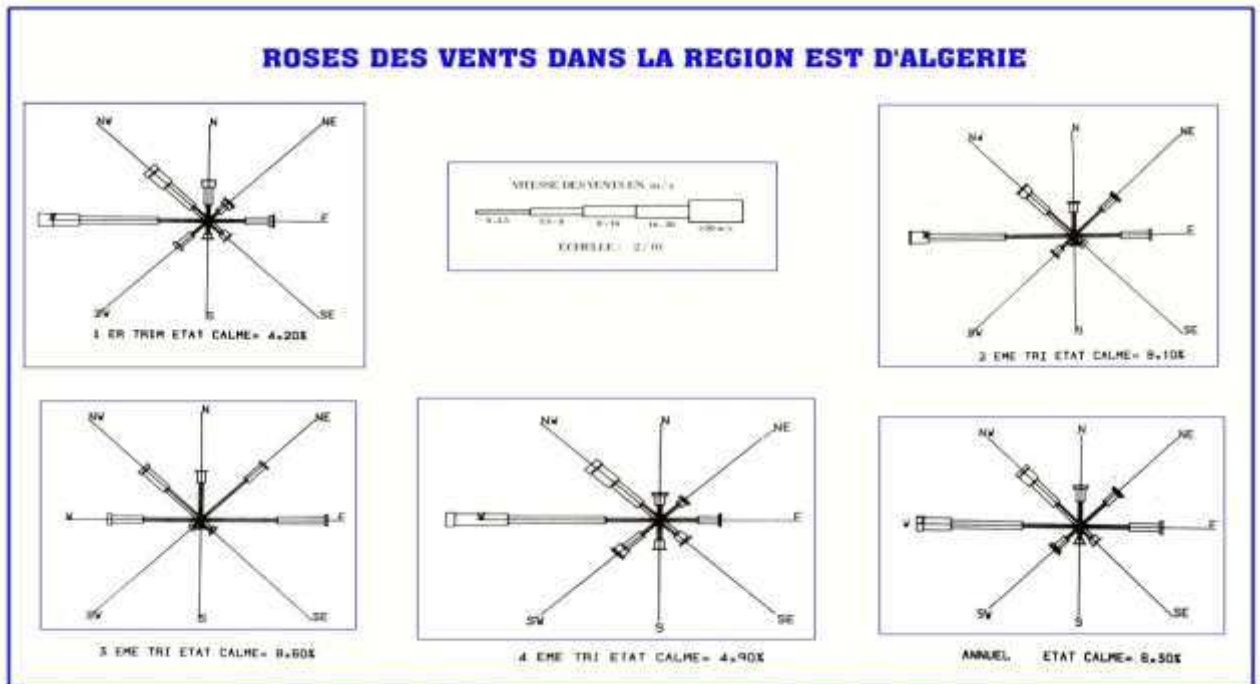


Figure n°11 : Rose des vents (source : S.S.M.O, 1963-1970)

## I.7.2 .Données océanographiques :

L'évolution du littoral et des fonds marins (avancée ou recul du rivage, érosion ou sédimentation des fonds) et les mouvements des sédiments (transite sédimentaire), dépendent de l'action de divers facteurs morpho-dynamiques d'origine marine (houles et courants) sur les matériaux de la côte et des fonds.

### I.7.2.1. les houles :

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 et à la longueur d'onde de la houle (Bonnetille, 1992).

L'analyse des régimes de houles dans la baie de Jijel est effectuée sur la base d'observation de houles établies à partir des navires homologués « sinoship » réalisées au large des côtes Est-Algériennes par l'U.S.N.W.S.C et publiées dans un document intitulé "summary of synoptic meteorological observations " (S.S.M.O, zone Annaba), pour la période allant de 1963 à 1970.

Une analyse statistique de ces données de base a permis de définir les secteurs de la houle prédominants et leurs amplitudes respectives.

**Tableau n°1** : Fréquences mensuelles de la houle au large par direction

Direction Mois	Nord	Nord-Est	Est	Ouest	Nord-Ouest
Janvier	11.50	7.20	16.4	30.80	14.00
Février	8.40	6.00	12.40	39.60	14.50
Mars	8.50	5.50	12.90	35.50	20.40
Avril	6.40	8.80	15.20	39.40	18.60
Mai	8.60	15.90	17.30	31.70	13.10
Juin	10.10	15.30	19.50	30.10	14.60
Juillet	12.30	19.80	22.50	20.10	17.10
Août	12.40	19.90	24.90	18.50	16.90
Septembre	12.00	14.20	29.20	17.70	15.80
Octobre	8.20	11.00	19.00	30.40	11.10
Novembre	4.20	3.60	7.90	40.1	19.60
Décembre	6.70	4.50	6.00	38.60	19.20

On remarque que les fréquences d'apparition de la houle au large sont comme suit : (**Tableau n°1 et Figure n° 12**)

- Les houles d'Ouest, d'Est, de Nord – Ouest et Nord-Est sont les plus fréquemment observées ;
- Les fréquences d'observations sur l'année des houles d'Ouest sont prédominantes ;
- Les fréquences d'apparition sont plus faibles pour le secteur Nord.

Donc le régime de houle dans la région de Jijel se subdivise en quatre trimestres selon les saisons :

- 1<sup>er</sup> trimestre (hiver) : les houles dominantes sont de secteur Ouest avec une fréquence allant jusqu'à 39.60 % ;
- 2<sup>ème</sup> trimestre (printemps) : les houles dominantes sont toujours de secteur Ouest ;
- 3<sup>ème</sup> trimestre (été) : les houles dominantes sont de secteur Est avec une fréquence de 29.20% ;
- 4<sup>ème</sup> trimestre (automne) : c'est des houles d'Ouest qui prédominent avec une fréquence qui atteint 40.1%.

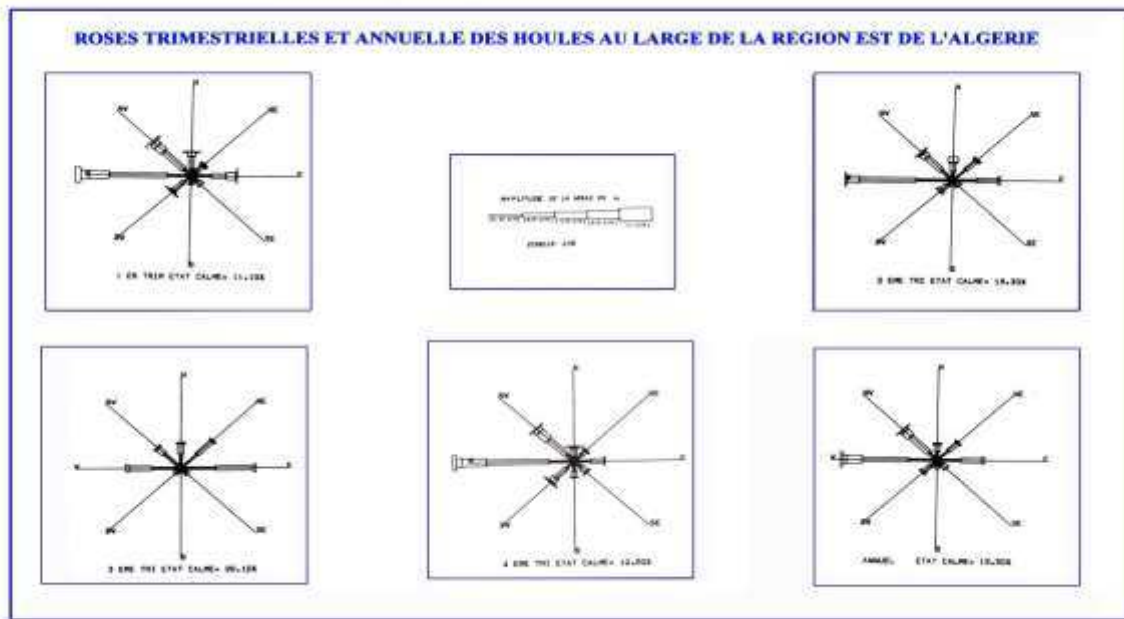


Figure n° 12 : Roses des houles au large de la région Est de l'Algérie. (source : S.S.M.O, 1963-1970)

### I.7.2.2. La marée :

Sur la côte d'Algérie, la marée est généralement faible. La hauteur de la marée astronomique se limite entre 0.2 à 0.3m pendant les basses pressions atmosphériques, le niveau de la mer s'élève de l'ordre de 1 cm par mbar de basse pression.

### I.7.2.3. Les courants :

La circulation d'un courant le long des côtes africaines est appelée « *courant algérien* ». Il est défini comme une veine d'eau de surface près du méridien 0°, avec les caractéristiques suivantes : une largeur de l'ordre 50 Km, une profondeur maximum de l'ordre de 150 m, une vitesse maximum supérieur à 50 cm/s. (Benzohra, 1993).

Les courants induits par la houle au large ou à la côte, sont à peu près les seuls à agir de façon active sur la sédimentation actuelle (Caulet, 1972).

Le courant algérien, contrairement à ce qui était largement admis, serait un courant turbulent qui se déplacerait d'Ouest en Est en tourbillons croissants (Millot, 1987). Ce courant peut avoir une influence dans le cas d'une immersion de produits de dragage.

Deux autres types de courants affectent un port : (Figure n° 13)

- **Le courant de dérive littoral** : Les houles à incidences obliques sont les génératrices de ce courant, mais ils n'affectent le port que si les houles sont de direction Nord ou Nord-Est.

- **Le courant de retour** : Il est induit par les houles à incidence frontale. Par sa grande énergie, ce courant cause d'énormes dommages à la côte et aux jetées portuaires en arrachant les sédiments pour les transporter vers le large.

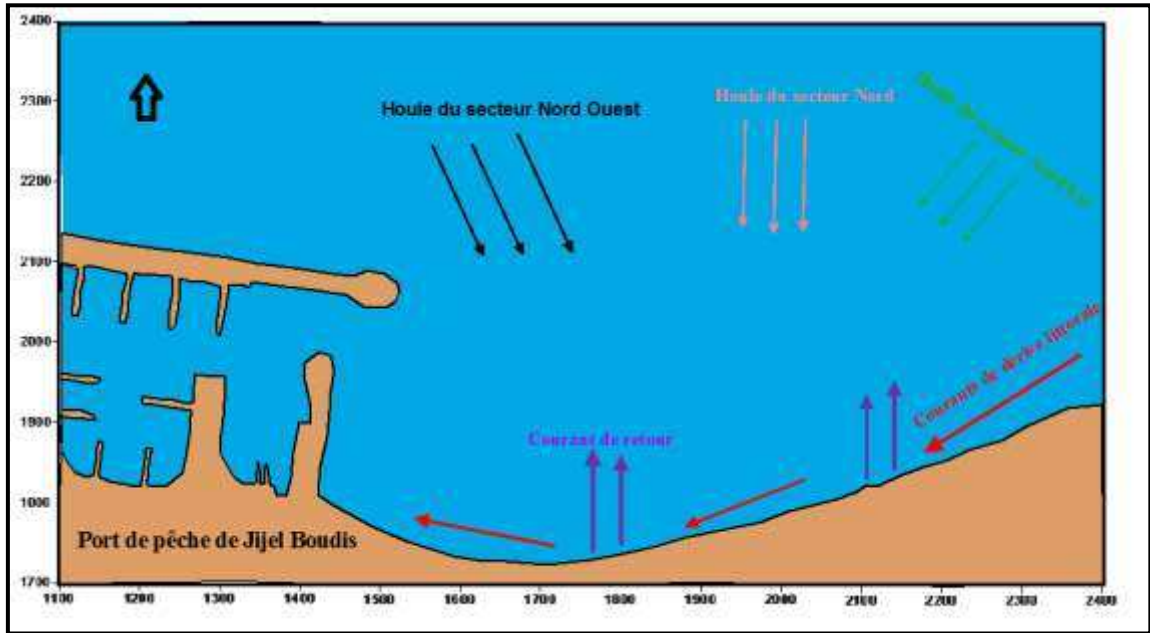


Figure n° 13: Schéma probable de l'hydrodynamisme au niveau du port de pêche Boudis

## I.8. Hydrologie :

Le réseau hydrographique se définit comme l'ensemble des cours d'eau naturels ou artificiels permanents ou temporaires, qui participent à l'écoulement et au ruissèlement. C'est une des plus importantes caractéristiques d'un bassin versant. Elle est donc le vecteur des apports sédimentaires à la côte.

Les oueds qui irriguent la région d'étude ainsi que l'abondance des matériaux qui arrivent en mer contribuent efficacement à l'évolution de la morphologie littorale.

Le réseau hydrographique de la région de Jijel est connu comme étant très dense. Il est dominé par une direction Sud-Nord et des effluents de directions différentes favorisent l'écoulement des lames d'eau précipitées qui déversent généralement dans la mer. Les plus importants oueds sont :

- Oued El-Kébir : qui prend naissance de la jonction d'Oued Rhumel et Oued Endja, traverse EL-Milia et El-Ancer et se jette à la mer dans la région de Beni-Belaid.
- Oued Djen-Djen qui prend sa source au Babors (Erraguene) est constitué de trois étages bioclimatiques (partie supérieure Erraguene barrage, partie centrale Oued Missa + Taballout et partie Maritime Azzaouane à Taher)

Le régime hydrographique de ces oueds se caractérise par un long étiage et des crues d'hiver et de printemps soudaines et rapide (**Boudjedjou, 2010**).

**Tableau n°2** : Caractéristiques des oueds de la région

	Position géographique	Composition	Superficie du bassin versant
El-Kébir	Est du port de Djen-Djen	/	8000 km <sup>2</sup>
Den-Djen	Ouest du port de Djen-Djen	-Schiste métamorphiques -Calcaires jurassiques	525 km <sup>2</sup>

Selon l'ANRH: la méthode utilisée pour estimer le débit solide d'un oued, consiste à faire un prélèvement dans une colonne d'eau, à mesurer sa concentration en matériaux solides, puis à multiplier cette dernière par le débit liquide du cours d'eau.

- Le débit solide calculé par ce procédé ne met pas en évidence les matériaux qui se trouvent en suspension à l'instant du prélèvement.
- Dans la région de Jijel l'ANRH dispose de deux stations de jaugeages : la première localisée à oued Missa pour l'oued de Djen-Djen, et la deuxième sur l'oued El-Kébir au niveau d'El Ancer.
- Les données de l'ANRH s'étendent sur une période de 10 ans (1983-1993), et au-delà leur station n'effectue pas de suivi.

Les oueds qui déversent dans notre zone d'étude, sont respectivement d'Ouest en Est : Oued Mencha et Oued Djen-Djen ;

- Oued Djen-Djen : « station Oued Missa » :

**Tableau n°3:** Moyennes annuelles des débits solides et liquides de l'oued Djen-Djen durant la période 1983-1993

Années	Moyennes annuelles des débits liquides (m <sup>3</sup> /s)	Moyennes annuelles des apports solides (m <sup>3</sup> /s)
1983	7.80	50.76
1984	16.75	118.49
1985	3.72	10.59
1986	5.55	40.38
1987	2.26	9.86
1988	4.17	15.45
1989	1.10	2.97
1990	5.47	30.42
1991	3.02	28.26
1992	2.75	10.25
1993	1.96	3.87

D'après les données de l'ANRH, on remarque que le maximum des débits liquides et solides est observé en 1984 enregistrant des valeurs de 16.75 m<sup>3</sup>/s et 118.49 kg/s et les minimums sont observés en 1987 avec 9.53m<sup>3</sup>/s pour les débits liquides et 37.51 kg/s pour les débits solides (**Tableau n°3**) à cause d'une diminution significative des précipitations.

➤ Oued Mencha :

Les données sur l'oued Mencha ne sont pas disponibles auprès de l'ANRH, une recherche menée par les bureaux d'études SLET-COOP (France) et Tractionnel (Belgique) entre 1970 et 1974 a abouti à des valeurs caractéristiques récapitulées sur le **tableau n°4** qui suit.

**Tableau n°4 :** Caractéristiques hydrologiques de l'oued Mencha

Caractéristiques	Oued Mencha
Longueur : Km	26
Bassin versant : Km <sup>2</sup>	135
Pluviométrie cumulée : mm	1500
Apport liquide : m <sup>3</sup> / an	100
Module : m <sup>3</sup> / an	03
Apport solide : m <sup>3</sup> / an	5.000.000

Ces données conduisent à un apport solide total annuel de l'ordre de  $5.10^6 \text{ m}^3$ , constitué de vases pour la majeure partie sont dispersées en suspension.



Figure n°14 : Portion d'une carte du réseau hydrographique de la région de Jijel (source : ANRH, 2004)

## **I.9. Présentation du port de pêche de Boudis :**

La pêche dans la wilaya de Jijel est une activité pratiquée depuis longtemps par la population locale et constitue pour elle une source de revenu très importante. La wilaya de Jijel a trois ports de pêche Boudis, El Aouana et Ziama Mansouriah, elle représente une ressource halieutique importante, alors pour ces raisons, l'évaluation de divers phénomènes fait intervenir un diagnostic personnalisé et proposer ainsi des solutions adéquates afin d'optimiser le rendement de ces ports et de minimiser les problèmes auxquels sont confrontés tel l'ensablement.

### **I.9.1. Plan descriptif :**

Les ports sont des sites aménagés sur une côte pour l'exercice permanent des fonctions liées aux activités maritimes (**Chapon.J, 1975**).

Le site portuaire est d'abord un abri naturel ou artificiel, il est renforcé par des défenses construites par l'homme : digues, jetées, brise-lames ... (**Larid.M, 1992**).

Le port doit assurer de façon permanente et efficace l'accès et les manœuvres des navires (accostage, appareillage, la manutention, des marchandises ...).

Un port de pêche comprend trois zones et pour chacune il convient de prévoir des quais distincts:

- Une zone d'amarrage et d'avitaillement ;
- Une zone de débarquement ;
- Une zone de réparation et d'entretien.

Situé au chef-lieu de la wilaya de Jijel, le port de Boudis a été réceptionné par l'EURL/EGPP en 2007. Contrairement à l'ancien port de Jijel aujourd'hui occupé par les navires de la marine militaire nationale, il recouvre une superficie totale de 14,2 ha (**Figure n°15**), sa capacité d'accueil est de 135 navires de pêches de différents types ; ses caractéristiques (**Tableau n°5 et 6**) font du port de Boudis le premier port de pêche de la wilaya de Jijel.

- Date de lancement des travaux : 01/10/1994
- Date de mise en exploitation : Mars 2006
- L'entreprise qui a été chargé de l'étude : Laboratoire des études maritimes (LEM)
- Entreprise de réalisation : COSIDER
- Délais de réalisation : 80 Mois

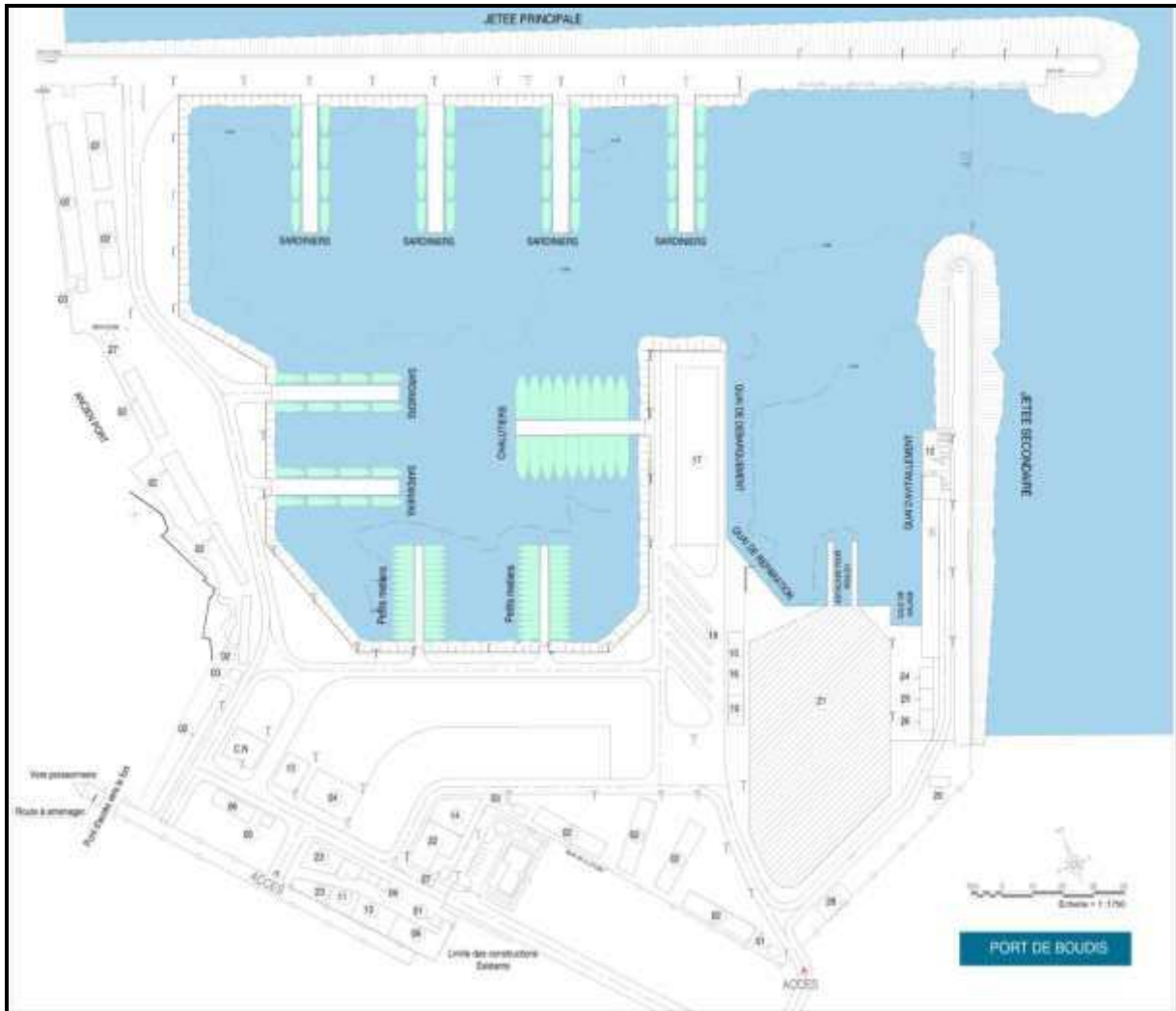


Figure n°15 : Plan de masse du port de Boudis (source : LEM, 2018).

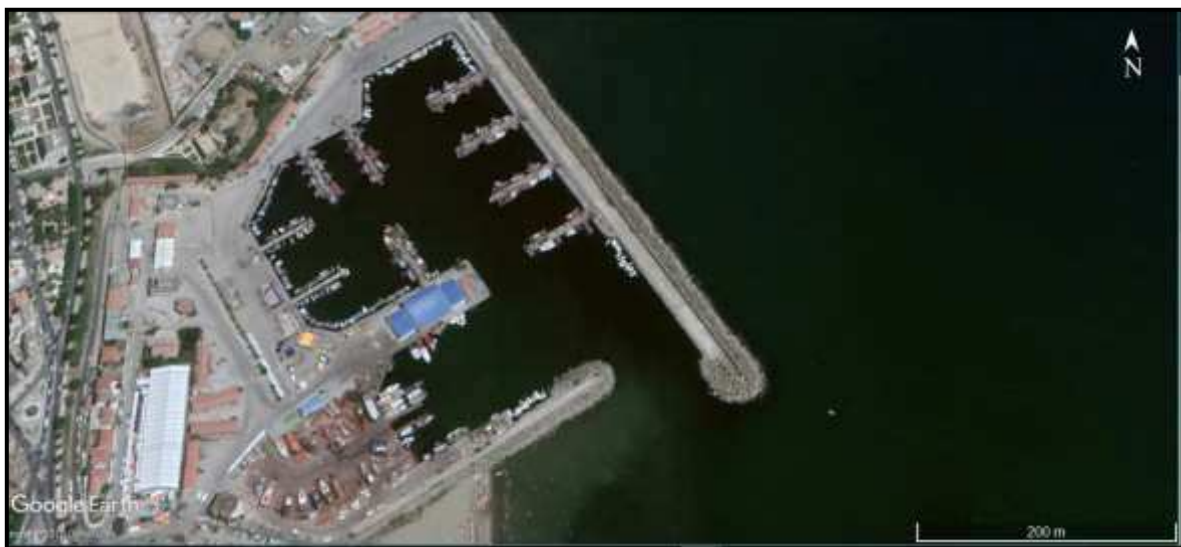


Figure n°16 : Image satellitaire du port de Boudis (source : Google Earth, 2018)

### **I.9.2. Caractéristiques et dimensions de l'aménagement du port :**

Sur la base des hypothèses retenues pour le dimensionnement du port d'une part et, à la demande des pêcheurs d'autre part, les composantes d'aménagement du plan de masse ont été esquissées par le LEM lors de la construction du port.

Le plan d'eau est protégé par deux jetées :

- Une jetée principale de longueur de 505ml, qui est fondée à des profondeurs de 9m et s'étend parallèlement à la côte.
- Une jetée secondaire qui s'étend perpendiculairement à la côte sur une longueur de 235ml jusqu'à des profondeurs de 7m.

Le plan de masse de l'enceinte portuaire du port de pêche de Boudis comprend :

- Neuf (09) appontements : soit un linéaire total d'amarrage de 1050 ml, ces appontements sont fondés à des profondeurs de : (-6m, -7m, -8m, -5m, -4m et -3m). La côte d'arase de ces appontements est à +1.47m.
- Un quai d'amarrage et de débarquement : pour l'accostage des bateaux et le débarquement de la marchandise du navire ou l'embarquement à terre ;
- Un quai d'avitaillement pour effectuer les opérations de chargement du comestible et de l'huile, de l'eau douce, de la glace, du matériel de pêche et des vivres ;
- Un quai de réparation : pour la réparation à flot des chalutiers en quai de réparation d'une longueur de 63m et de 4m de profondeur ;
- Une cale de halage : pour le lancement et la mise à sec des embarcations, elle est de 15\*40m. la plate-forme est constituée de dalles en béton armé posée sur un lit en gravier.
- Une estacade pour roulev : pour la réparation et la mise à sec des chalutiers et sardiniers, elle est constituée de deux quais parallèles et d'un quai transversal. Le tirant d'eau est de 4m.

**Tableau n°5:** Composantes actuelles du port de pêche de Boudis (source : DPRH Jijel, EGPP)

	Désignation	variante
Ouvrages de protection	Jetée principale	505 ml
	Jetée secondaire	235 ml
	Largeur de la passe d'entrée	40 m
Ouvrages d'accostage	Linéaire d'ouvrage d'accostage	1050 m
	Tirant d'eau	-2.5 m à -4 m
	Surface plan d'eau	74000 m <sup>2</sup>
	Surface terre-plein	68000 m <sup>2</sup>
	Longueur des quais	183 ml
	Nature des appontements	En béton
	Type d'amarrage	Parallèle pour sardiniers, perpendiculaire pour petits métiers et chalutiers

### I.9.3. Les unités de pêche:

Les données prévisionnelles à l'horizon 2000 selon l'ANDP de Jijel sont estimées à 123 embarcations.

Le nombre et les caractéristiques par catégorie des embarcations retenues sont les suivantes :

**Tableau n°6:** Typologie et caractéristiques de la flotte du port de Boudis (source : ANDP, EGPP Jijel)

Type d'embarcation	Capacité	Existant	Longueur (m)	Largeur (m)	Tirant d'eau
Chalutiers	18	19	17	05	3.20
Sardiniers	49	49	14	3.50	3.00
Petits-métiers	68	83	07	2.00	1.00

**I.9.4. Ensablement et opération de Dragage :**

Il aussi à noter que lors de la réalisation du port, un important ensablement à l'abri de la jetée secondaire a été constaté. Cette sédimentation a été estimée analytiquement à 8000 m<sup>3</sup>/an.

Par ailleurs lors de la réalisation du port les constats suivants (d'après les rapports d'activité trimestrielle des travaux de réalisation du port de Boudis et la DPRH de Jijel) ont été enregistrés montrant l'importance de l'ensablement à l'abri de la jetée secondaire (**Tableau n°7**) :

**Tableau n°7 : Dates des opérations de dragage (source : DPRH Jijel)**

Dates de dragages effectués	Quantité à draguer (m <sup>3</sup> )
2000	8600 m <sup>3</sup>
2002	7327 m <sup>3</sup>
2006	8360 m <sup>3</sup>
2008	20000 m <sup>3</sup>
2016	40000 m <sup>3</sup>

**I.9.5. Visite du site et reportage photographique :**

Le 04/12/2017 une visite sur le site d'étude a été effectuée. Cette visite avait pour objectif d'étudier l'état des lieux de point de vue hydrosédimentaire, érosion, ouvrage de protection, et rejet.....

La visite s'est déroulée comme suit :

- Inspection visuelle de la zone d'étude.
- Prise de photos.



**Figure n°17:** Illustrations de la plage de Jijel (Kotama)



**Figure n°18 :** Illustrations du port de pêche Boudis

---

# **Chapitre II :**

# **Matériel et méthode**

---

## **II.1. Introduction :**

Les aménagements portuaires occupent une place importante dans le littoral Est, on compte 5 ports de différents types : commercial, militaire, de pêche et de plaisance.

Certe, la construction de plusieurs ports a eu un effet bénéfique sur le plan économique, mais elle a généré différents problèmes. L'ensablement des chenaux d'accès et des bassins d'accostage qui constitue la première préoccupation chez les gestionnaires, les techniciens et les utilisateurs. Leur entretien suscite donc plusieurs campagnes de dragage, parfois très coûteuses. Sur le plan environnemental, les conséquences les plus apparentes sont le dérèglement du transit sédimentaire littoral et les modifications de la position du rivage. (Ghodbani, 2017)

Le port de pêche de Boudis (Jijel) connaît depuis sa construction un ensablement important, Dans la présente étude, on propose d'examiner la problématique posée par une approche numérique afin d'analyser les principaux facteurs océanographiques et sédimentologiques du site et l'introduction d'ouvrages de protection (l'épi et brise-lames réalisés à ce jour).

Cette étude consiste à relier les forçages hydrodynamiques, les processus du transport sédimentaire et le développement morphologique à toutes les échelles de temps. Ainsi cette définition schématise bien la démarche qu'on va suivre afin de comprendre et diagnostiquer le problème de l'ensablement et contribuer à trouver des solutions.

## **II.2. Étude bathymétrique :**

L'étude bathymétrique est une étape indispensable dans le diagnostic et la résolution du problème d'ensablement des ports. Des informations si importantes, à l'échelle spatio-temporelle, peuvent être extraites à partir d'une carte bathymétrique et d'un suivi diachronique de la morphologie sous-marine.

En plus de ces études, la carte bathymétrique est une donnée de base pour la modélisation de l'hydrodynamisme dans les zones côtières. L'étude topo-bathymétrique peut aussi nous être utile dans la sélection de l'emplacement et du type de la structure pour se protéger contre la dérive littorale, en utilisant, par exemple, les affleurements et les récifs rocheux.

### **II.2.1. Traitement des données bathymétriques :**

Pour la modélisation et l'étude bathymétrique de notre zone d'étude, on a du traiter plusieurs données brutes provenant de plusieurs sources :

- La bathymétrie extraite à partir de la digitalisation de deux cartes marines élaborées par l'INCT intitulées : « Mer Méditerranée Côte Algérie Port de Jijel - Echelle : 1/7000 – Edition : 1989 » et « Mer Méditerranée Côte Algérie Port de Jijel à Ras Kalla – Echelle : 1/120000 – Edition : 1998 ».
- Les levés bathymétriques effectués par le LEM en 2003 : pour cela, on a du traiter des plans sur Autocad pour pouvoir extraire des données bathymétriques.

### II.2.2. Description du logiciel Surfer 11 :

Surfer est un logiciel open source conçu par Golden Software, il permet de réaliser des modèles numériques de terrain (MNT) issus des données récoltées sur le terrain ou résultantes d'un calcul.

Son principe est de créer des grilles qui vont interpoler les données irrégulières de nos points X,Y,Z, afin de les ordonner, c'est à partir de ces grilles qu'on pourra créer plusieurs types de cartes: basemap, contourmap, 3Dsurface, vector et bien d'autres...

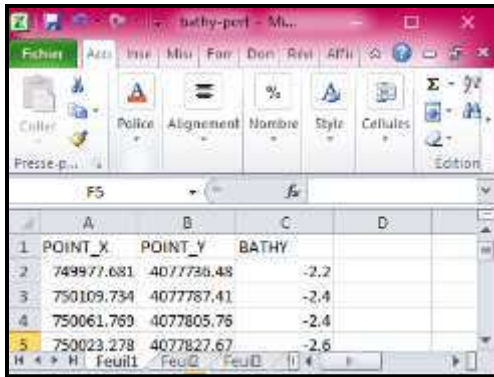
Parmi les fonctionnalités de ce logiciel :

1. Création d'une grille (x,y,z) ;
2. Création des différents types de cartes, les superposer ainsi que leur mise en forme;
3. Réalisation des profils de plage ;
4. Réalisation des calculs de volume ;
5. Calcule des longueurs et des surfaces. (**Source : Tutoriel d'utilisation de Surfer 11**)

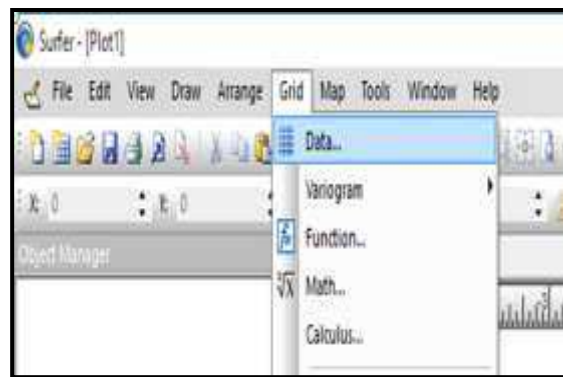
### II.2.3. Manipulation des données :

Le traitement de l'information passe par plusieurs étapes qui sont :

- a) Mise en forme du fichier Excel : Préparer les données bathymétriques et topographiques dans une feuille Excel dans un tableau à 3 colonnes : latitudes, longitudes et profondeurs, respecter les valeurs négatives pour la bathymétrie et positives pour la topographie, ainsi que le format (mettre des virgules non pas des points) et surtout s'assurer de la compatibilité entre la version utilisée de l'Excel avec celle du Surfer.
- b) Préparation de la grille : la grille de calcul est préparée à partir du fichier de bathymétrie obtenue précédemment, en allant dans : Grid => Data et parcourir le fichier Excel puis cliquer sur ok.
- c) Vérifier le choix des colonnes, de sorte que le X pour les latitudes, Y pour les longitudes et Z pour la profondeur. On doit aussi vérifier le choix de la méthode d'interpolation.
- d) Une fois la grille créé, aller dans « Toolbar Options ».
- e) Pour obtenir les cartes d'isobathes en 2D cliquer sur l'icône n°1 et parcourir la grille obtenue en 2 et pour les cartes bathymétriques en 3D cliquer sur l'icône n°3. Enfin pour localiser les stations de mesure, cliquer sur l'icône n°2 et là on doit parcourir le fichier Excel directement et les stations apparaissent.



« a »



« b »



« c »



« d et e »

### II.3. La sédimentologie :

L'analyse des données sédimentologiques ne consiste pas seulement à définir les caractéristiques granulométriques des sédiments mais aussi les éléments conduisant à une image statique des phénomènes dont l'examen permet de dégager les traits généraux des mouvements sédimentaires.

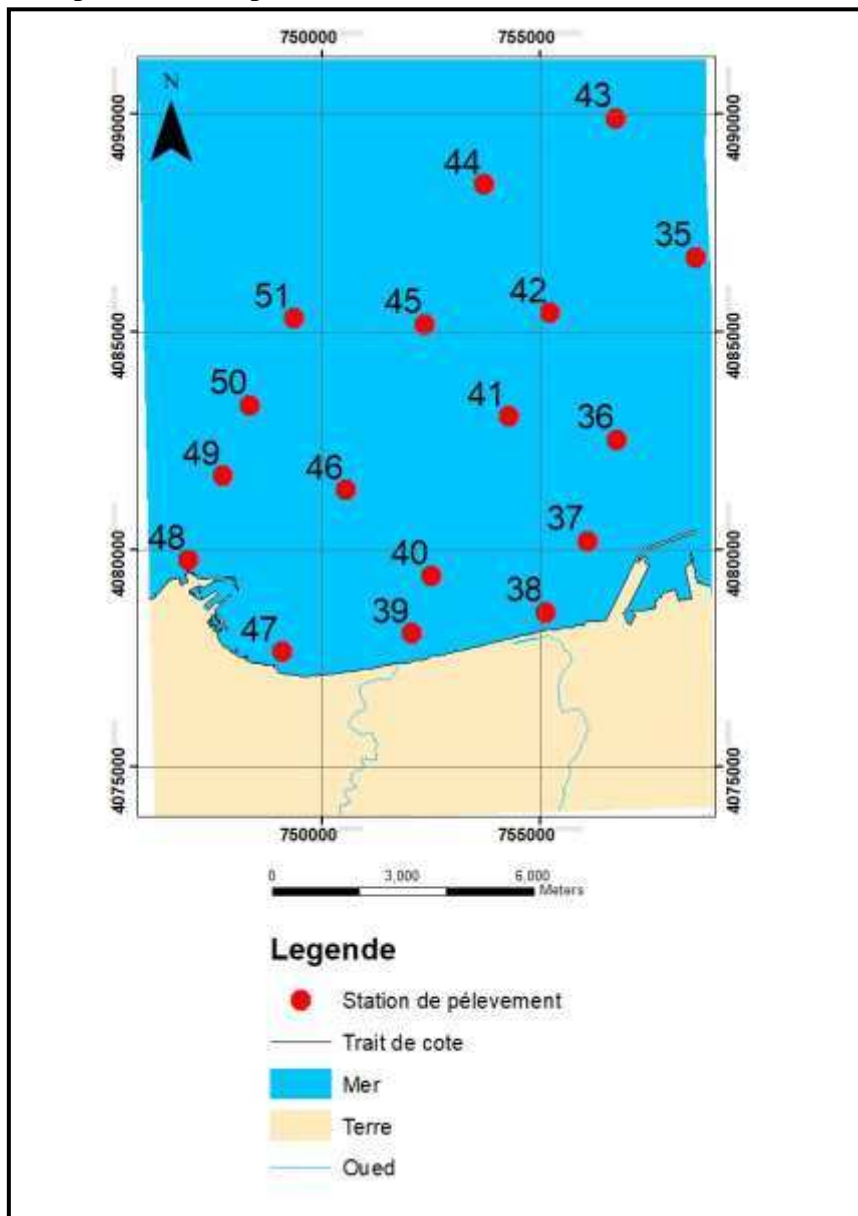
La synthèse des données concernant les sédiments permet de définir les conditions d'érosion, de transport, de dépôt et de répartition des sédiments sous un terme général, la dynamique sédimentaire. Donc dans cette partie, nous verrons comment le paramètre de taille des sédiments peut nous renseigner sur les transits sédimentaires et sur leur répartition le long de la côte, afin de déterminer les mouvements sédimentaires responsables de l'ensablement du port de Boudis.

Un autre objectif de la sédimentologie est de déterminer le grain moyen des sédiments afin de l'intégrer dans la simulation du transport sédimentaire par le logiciel Mike 21.

**II.3.1. Echantillonnage :**

Pour l'étude sédimentaire, on a du traiter des données brutes extraites à partir d'une étude réalisée dans le cadre d'un mémoire d'ingénieur portant sur : « L'étude des caractères sédimentologiques et géotechniques des sédiments superficiels de la baie de Jijel, **Aouer,S et Serghma,A.(2000).** » afin d'élaborer des cartes de répartitions des sédiments (D50, teneur en CaCO3 et des différents indices) à l'aide du logiciel Surfer.

On a utilisé 17 échantillons qui couvrent notre zone d'étude, leur positionnement est donné par la **figure n°19** présentée ci-après :



**Figure n°19 :** Positionnement des points de prélèvements au niveau de la zone d'étude .

Ces derniers sont prélevés à l'aide d'une benne preneuse de type VanVeen et mis dans des sacs en plastique étiquetés, par la suite ils ont été traité au laboratoire.

Chaque échantillon prélevé est caractérisé par une teneur en pélites (fraction fine dont le diamètre des particules est inférieur à  $40\mu\text{m}$ ) et une fraction grossière (fraction dont le diamètre des particules est supérieure à  $40\mu\text{m}$ ).

### II.3.2. Méthode d'analyse au laboratoire :

L'étude des matériaux est réalisée par granulométrie sur une colonne de tamis AFNOR.

La méthodologie est représentée dans l'organigramme qui suit : (Figure n°20)

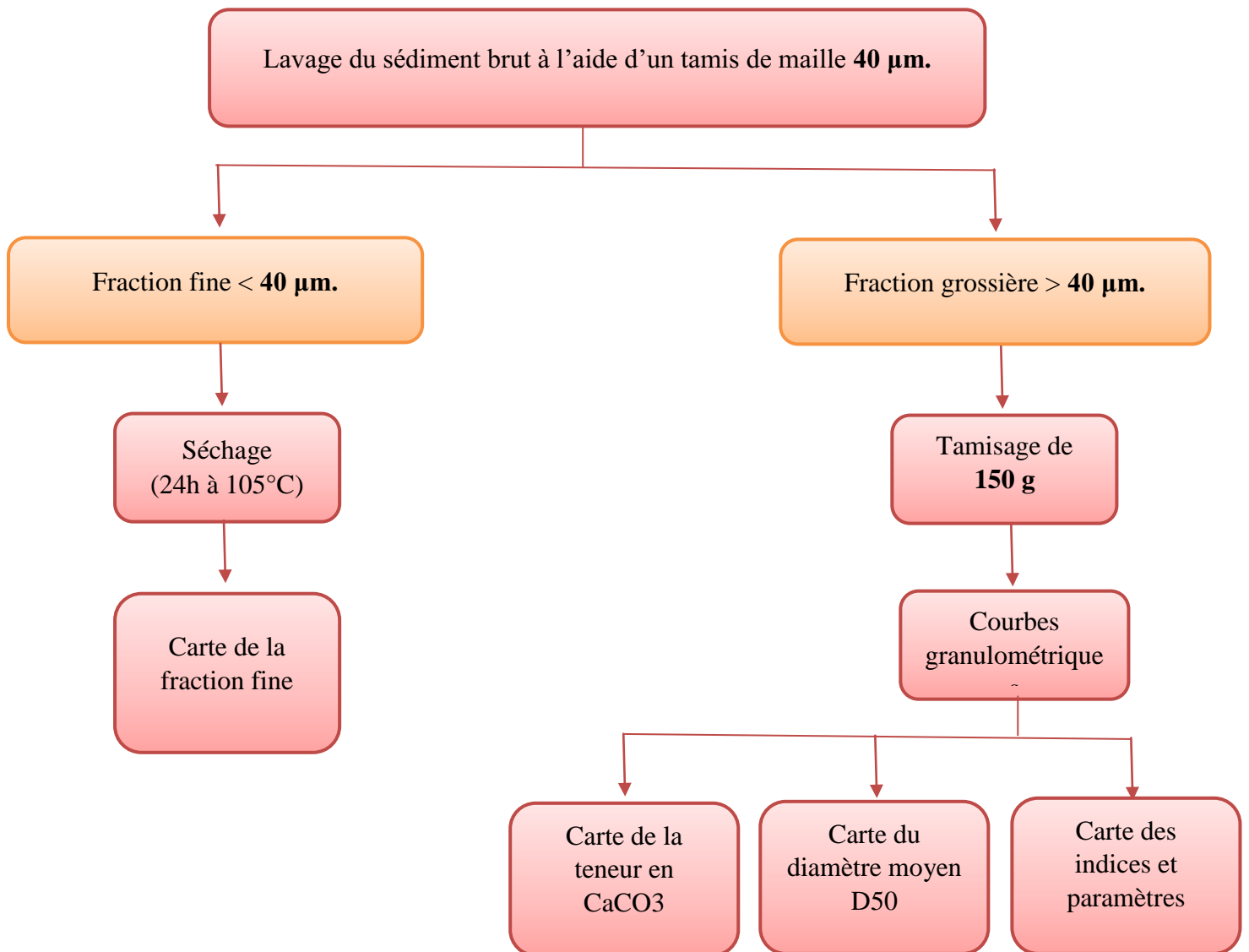
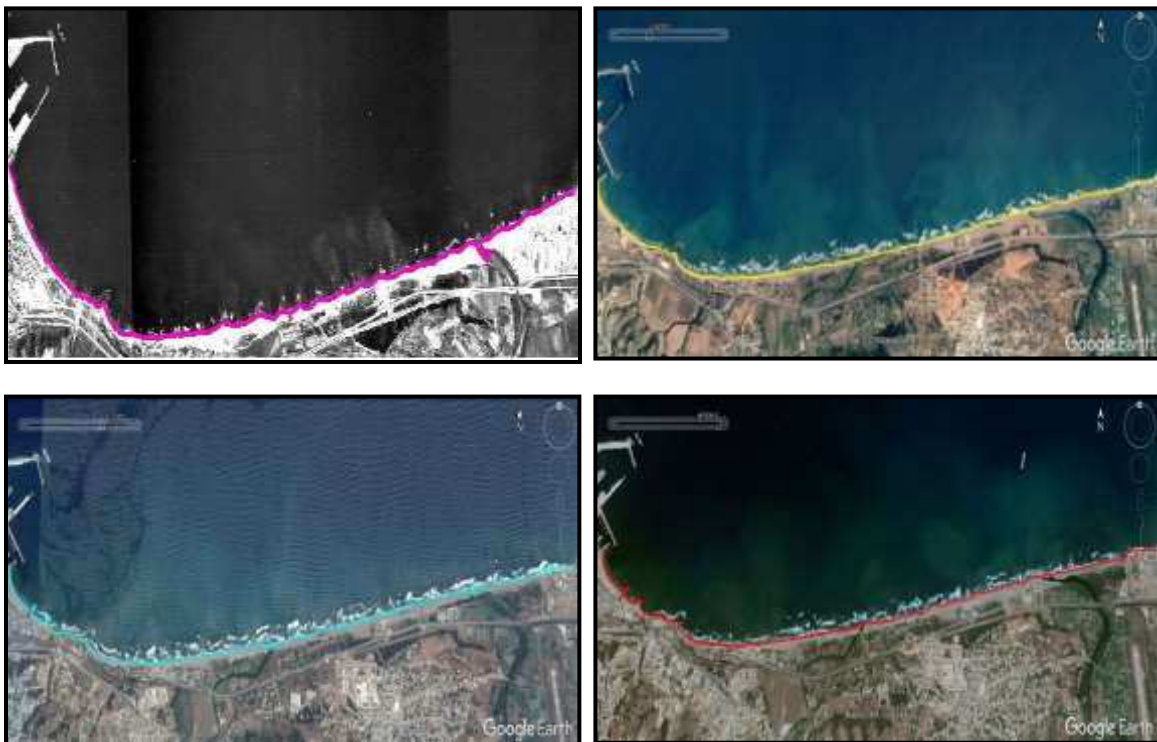


Figure n° 20: Modalité d'analyse granulométrique.

## II.4. Evolution du trait de côte :

L'étude des changements d'un littoral peut se faire par différentes méthodes d'analyse : l'interprétation de photographies aériennes, l'analyse des cartes (historiques, topographiques et hydrographiques), l'étude des images satellitaires, des relevés sur le terrain et des enquêtes auprès des gens du milieu constituent autant de sources d'information pour étudier le trait de côte (Grenier et Dubois, 1990, in, Abdelaoui et Ozer, 2007).

Pour étudier la variation du trait de côte dans notre zone d'étude, nous avons utilisé des images satellitaires de Google Earth (2007 ; 2013 ; 2017), et une photo aérienne (1988) avec lesquelles on a pu digitaliser la ligne de côte pour les 4 années et cela en utilisant le logiciel ArcGis 10.2 et l'extension DSAS. (Figure n°21)



**Figure n°21** : Photographie aérienne (1988), et images satellitaires de Google Earth (2007, 2013, 2017).

### II.4.1. Description du logiciel Google Earth Pro :

Google Earth est un logiciel, propriété de la société Google, permettant une visualisation de la Terre avec un assemblage de photographies aériennes ou satellitaires.

Il contient des images à grande résolution qui sont issues d'entreprises de commercialisation d'images et sont archivées sur le serveur de Google Earth Pro qui est accessible par connexion internet.

### II.4.2. Description du logiciel ArcGis 10.2 :

ArcGIS 10.2 est un logiciel de la firme ESRI, leader mondial des SIG, ce logiciel offre de nombreuses potentialités pour la manipulation, la gestion, l'analyse et l'édition des données spatiales. Il comprend trois applications principales :

- ArcCatalog : Permet de gérer les fichiers de données et l'organisation des bases de données ainsi que d'enregistrer et de visualiser les métadonnées.
- ArcMap : Est utilisé pour toutes les tâches de cartographie et de mise à jour ainsi que pour les analyses associées aux cartes.
- ArcToolbox : Est une boîte à outils permettant d'effectuer des conversions, le transfert de format et aussi le changement de projection.



ArcMap



ArcCatalog



ArcToolbox

A l'aide de ces trois applications, on peut effectuer toutes les tâches SIG, de la plus simple à la plus avancée, y compris la cartographie, la gestion des données, l'analyse géographique, la mise à jour des données, le géotraitement ... etc.

### II.4.3. Aperçu de l'extension DSAS :




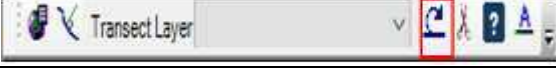
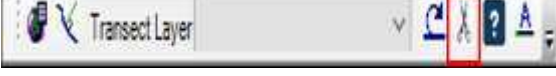

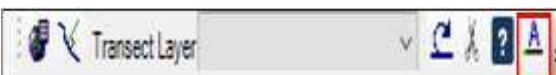
DSAS (Système d'Analyse Shoreline Digital) est une extension d'ArcMap Développée par l'United States Geological Survey utilisée pour interpréter le littoral historique.

Le DSAS permet de calculer les taux de changement de littoral à partir de plusieurs positions historiques. Une interface conviviale de simples boutons et menus guide l'utilisateur à travers les étapes principales de l'analyse des changements de rivage. Les composantes de l'extension incluent des instructions sur la manière appropriée de définir une ligne de référence pour les mesures, la génération automatisée et manuelle des transects de mesure, des métadonnées en fonction des paramètres spécifiés par l'utilisateur et la production des taux calculés de l'évolution du littoral et d'autres informations statistiques

Le DSAS génère automatiquement des transects qui sont moulés perpendiculairement à la ligne de base à un espacement spécifié par l'utilisateur le long du littoral. La distance entre la ligne de base et chaque point d'intersection du rivage sur le transect DSAS peut être utilisée pour calculer plusieurs paramètres statistiques et mesures de distance.

Les résultats de tous les calculs sont affichés dans une table qui peut être liée au fichier transect par un champ d'attribut commun. DSAS est destiné à faciliter le processus de calcul du changement de rivage et à fournir des informations sur le taux de changement et les données statistiques nécessaires pour établir la fiabilité des résultats calculés.

**Tableau n°8 : Barre d'outils de DSAS**

	Définir ou modifier les paramètres, spécifier les noms des fichiers
	Générer une nouvelle classe d'entités des profils en fonction des paramètres par défaut spécifiés par l'utilisateur
	Le menu déroulant, enregistrer tous les fichiers de transects ajoutés au projet ArcMap actif
	Calculer les statistiques, lancer une boîte de dialogue avec une liste spécifique des statistiques du taux à calculer
	Lancer une boîte de dialogue offrant aux utilisateurs la possibilité de générer une copie du fichier de profil spécifié accroché à l'enveloppe de changement de rivage
	Fonction d'aide du DSAS
	Information sur le DSAS et le numéro de la version

**II.5.3.1. Les indicateurs du DSAS :**

Trois méthodes statistiques ont été utilisées pour calculer la variation des taux de rivage et de la distance y compris le taux de pointe (EPR), le mouvement net de la côte (NSM) et le linéaire de régression (LRR). (Ibrahima, 2012).

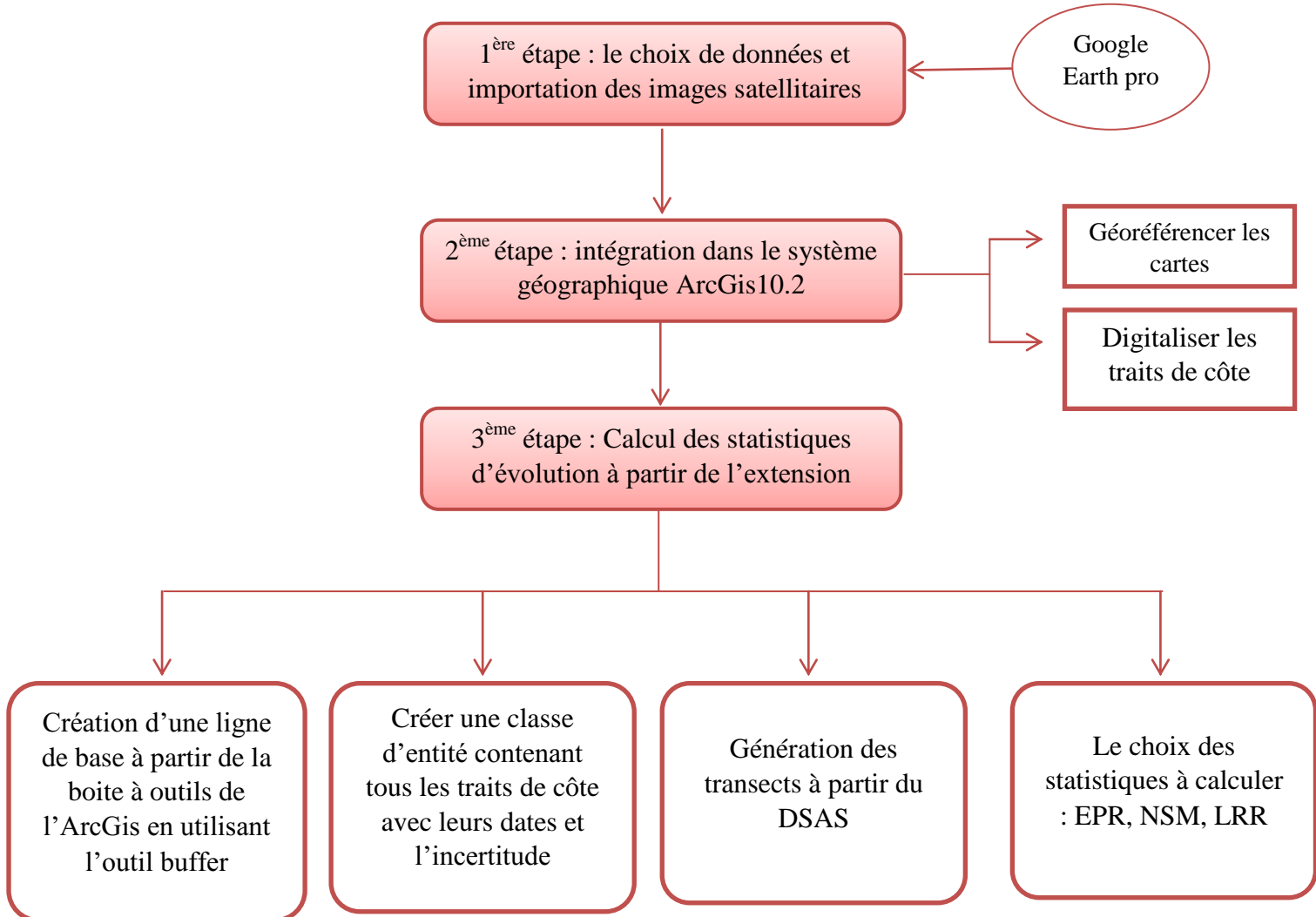
- **Mouvement net des rivages (NSM) :** Le mouvement du littoral net signale une distance par un taux. Le NSM est associé aux dates de seulement deux rives. Il rend compte de la distance totale entre les rivages les plus anciens et les plus jeunes pour chaque profil.  

$$NSM = \text{la distance totale entre les rives les plus anciennes et les plus jeunes.}$$
- **Le taux de point final (EPR) :** Il est calculé en divisant la distance de déplacement du littoral par le temps écoulé entre la plus ancienne et la rive la plus récente. Les principaux avantages de l'EPR sont la facilité de calcul et exigence minimale de seulement deux dates du littoral.  

$$EPR (m / an) = \text{distance} / (\text{temps entre les rives les plus anciennes et les plus jeunes}).$$
- **Le Linear Regression Rate-of-change (LRR):** Il correspond à la valeur de la pente d'une droite de régression linéaire positionnée dans le nuage de points formé par les mesures de distance entre tous les points d'intersection de chaque transect et des traits de côte comparés. Il traduit également le taux d'évolution annuelle de la ligne de référence le long de chaque transect, il 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.

**II.4.4. Méthodologie :**



**Figure n°22 :** Organigramme qui résume les différentes étapes suivies.

## II.5. Modélisation numérique :

La modélisation en tant qu'outil de dimensionnement peut être définie comme une représentation de la réalité sous une forme qui permet d'effectuer une observation des mesures précises de phénomènes présentant un intérêt pour la performance de l'ouvrage et de son environnement.

La représentation des phénomènes hydrauliques s'effectue (**Viguié, 1992**) :

- ✓ Matériellement, sous forme de modèles réduits ou physiques ;
- ✓ Numériquement, sous forme de modèles numériques ;
- ✓ Les modèles hybrides qui sont la combinaison des deux précédents.

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.

Le modèle numérique utilisé dans le cadre de cette étude est le MIKE 21 qui est un logiciel professionnelle de modélisation numérique 2D des écoulements à surface libre, développé par DHI Water & Environnement.

### II.5.1. Description du modèle de simulation MIKE :

Le MIKE 21 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**).

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 des différents calculs qui répondant à une problématique précise :

- MIKE 21-SW (Spectral Waves Flexible Mesh) ;
- MIKE 21-HD (Hydrodynamic model) ;
- MIKE 21-ST (Non-Cohesive Sediment Transport).

### **a) 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.

### **b) Modèle numérique hydrodynamique (MIK 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 Modèle MIKE 21-ST.

### **c) 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, il est couplé au modèle hydrodynamique MIKE21/3-HD et au modèle de vagues MIKE21-SW.

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).

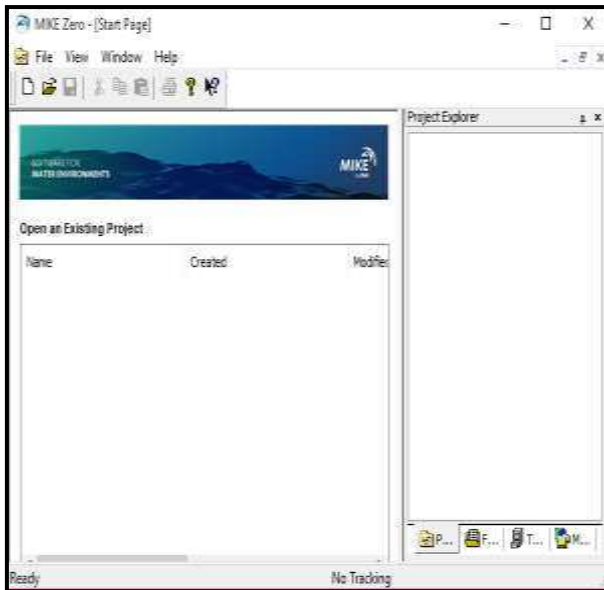


Figure n°23: Module MIKES 21 Flow Model.

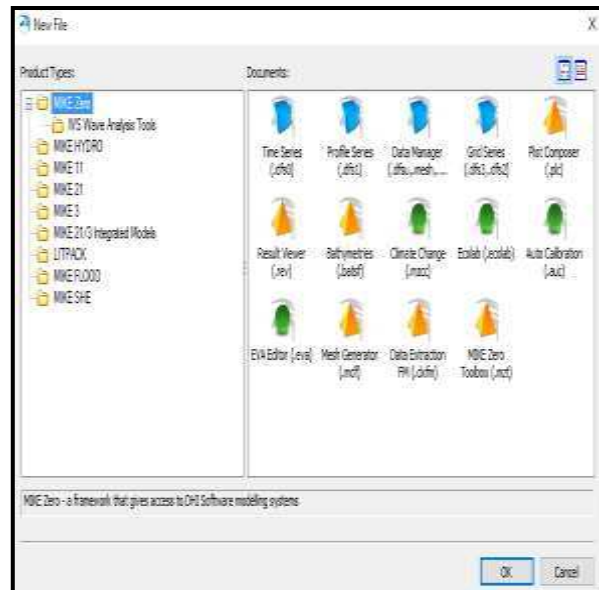


Figure n°24: La boîte de dialogue 'New file'.

### II.5.2. Etapes de la modélisation par le MIKE 21 :

A l'aide du module « Mesh Generator » dans le Mike 21, nous pouvons :

- Importer le trait de côte à partir des données transformées précédemment (xyz) ;
- Importer les données bathymétriques (fichier XYZ) dans le fichier de maillage.

Système de projection : Il faut choisir le système de projection pour la conception du maillage. Ce choix influence le format de l'affichage sur la carte. Les systèmes de projection des données de trait de côte et de bathymétrie peuvent être différents. Il nous faut uniformiser ces données par rapport au système choisi lors de l'importation des données dans le MIKE21 (Than, 2015).

Système utilisé et coordonnées :

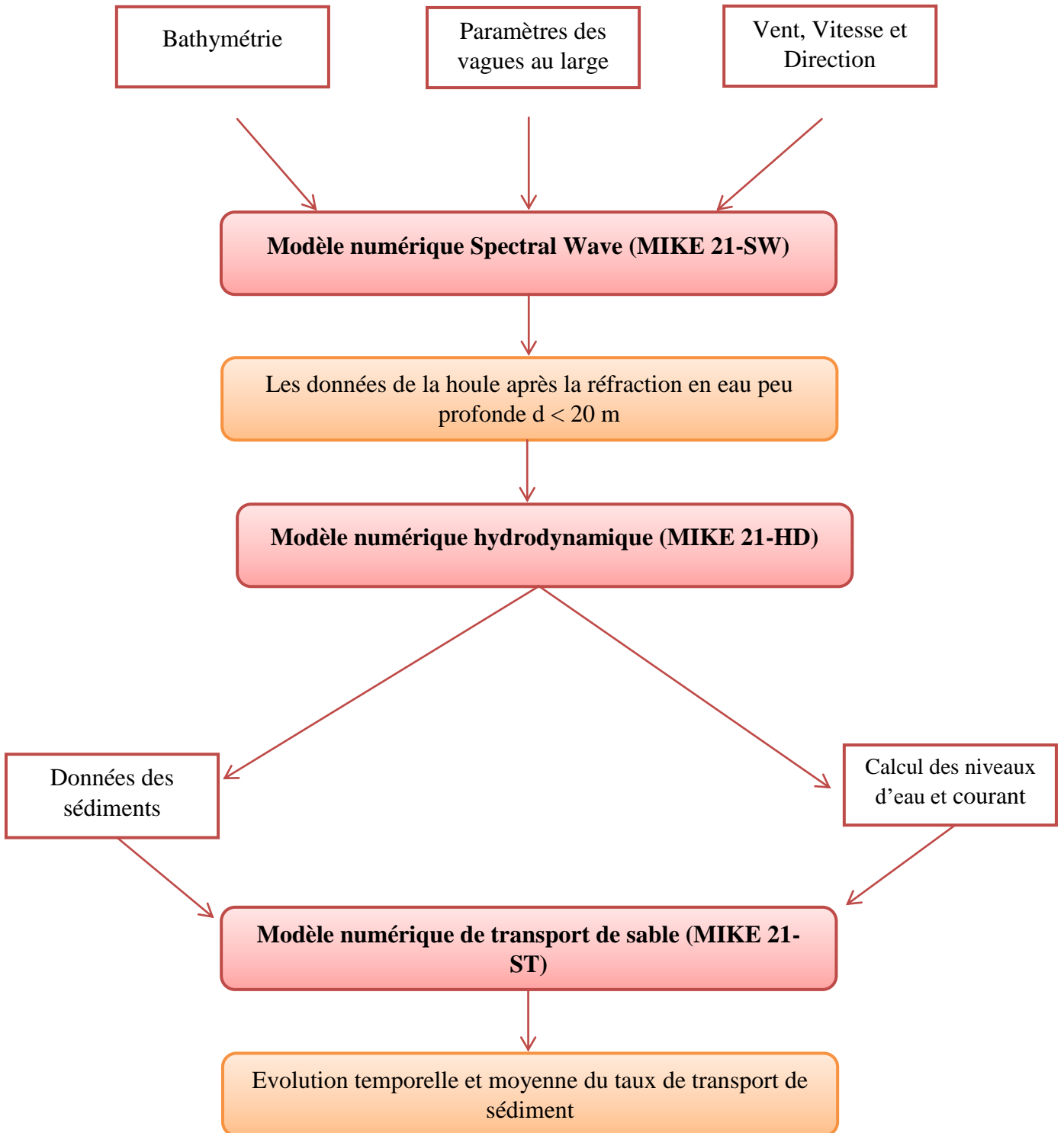
- Système géodé
- Ellipsoïde : WGS84
- Projection : UTM zone 31 Nord

Avant d'entamer la simulation il est important de créer un Mesh File, ce dernier relie la profondeur des eaux, extraite de données bathymétriques avec le système de référence ZH, à chaque point du domaine. Il contient donc les informations concernant la profondeur, les limites du mesh file (Boundary) et les éléments du maillage qui sont de type triangulaire plus serrés à la côte.

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 qui est de 24h avec un intervalle d'une heure, c'est-à-dire que chaque heure on aura un résultat (output) ;
- Puis on effectue la prédiction des séries temporelles des hauteurs de marée (ou niveaux d'eau) en utilisant l'outil du MIKE 21-Toolbox, cette prédiction est basée sur les constituants dérivés d'un modèle global de la marée, le fichier du résultat obtenu est utilisé comme données d'entrée pour le modèle hydrodynamique (MIKE 21-HD) ;
- Ensuite on génère la table sédimentaire (Q3d Sediment Transport Tables) 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 des différentes houles au niveau du modèle numérique spectral wave (MIKE 21- SW).

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



**Figure n°25** : Approche méthodologique de la modélisation par les codes MIKE-21.

### **II.5.3. Etude de la réfraction de la houle :**

L'objet de cette étude est de connaître les caractéristiques de la houle (direction et hauteur) au cours de sa propagation, depuis le large jusqu'à la côte et plus particulièrement aux environs du port.

La connaissance des caractéristiques de la houle (direction, amplitude, période) permet d'apprécier et de comprendre les phénomènes qui se produisent dans la zone de déferlement et serviront de données d'entrée pour le dimensionnement des ouvrages maritimes ainsi pour le calcul du transit sédimentaire.

#### **II.5.3.1. Manipulation des données :**

La réalisation de cette étude se fait à l'aide d'un Modèle MIKE 21-SW (Spectral Waves Flexible Mesh).

Il est nécessaire de connaître les conditions de la houle pour la simulation de sa propagation. Plusieurs données ont été insérées en entrée du modèle de MIKE 21 Spectral Waves :

- Bathymétrie ;
- Période des houles ( $T_p$ ) ;
- Hauteur significative des houles ( $H_s$ ) ;
- Directions des houles dominantes.

Vu que notre zone est exposée aux houles de secteurs Nord, Nord-Est, Nord-Ouest, Est et Ouest nous avons choisi les directions Nord ( $360^\circ$ ), Nord-Est ( $45^\circ$ ) et Nord-Ouest ( $315^\circ$ ) pour la simulation du SW, HD et ST avec la hauteur significative moyenne qui est de 8s.

Les secteurs et les périodes les plus significatifs à utiliser comme données d'entrée pour l'étude sur modèle numérique sont choisis comme illustré sur le **tableau n° 9**.

### **II.5.4. Courantologie :**

En bordure de la plage on peut observer le déplacement des masses d'eau, plus ou moins chargées de sable, sous l'action des déferlements, déplacements accentués par l'effet du vent orienté dans la même direction que la houle. L'influence des très faibles marées locales étant négligeable, il est certain que les caractéristiques de ces courants et leurs fluctuations seront très étroitement liées au régime des vents et des houles.

#### **II.5.4.1. Manipulation des données :**

Pour modéliser ce phénomène on utilise le modèle HD (Hydrodynamic model) de la suite MIKE 21. Ce modèle est utilisé principalement pour simuler de nombreux phénomènes hydrauliques dont les courants induits par la houle ainsi que les surcotes. Pour les conditions du **tableau n°9**, les courants sont calculés à partir des contraintes de radiation issues du modèle PMS. Le niveau d'eau aux frontières latérales est modifié localement afin de prendre en compte la surélévation du plan d'eau dans la zone de déferlement.

**Tableau n°9:** Houle annuelle dans la région de Jijel (SSMO ; 1970)

Période	Direction houle au large (m)		
	Nord	Nord Est	Nord-Ouest
6 s	Hs= 1.00m	Hs= 1.09m	Hs= 1.10m
8 s	Hs= 2.67m	Hs= 2.56m	Hs= 2.64m
10 s	Hs= 4.92m	Hs= 5.05m	Hs= 4.53m

### II.5.5. Simulation du transport sédimentaire :

Les systèmes côtiers ont été analysés selon leurs caractéristiques hydro-sédimentaires. Les dérives littorales principales et secondaires et les courants de retour ont été déterminés par l'analyse des zones d'accumulation et de reculs récents et historiques.

Les courants de dérive littorale sont responsables de la dérive littorale des sédiments, ils déplacent les sédiments dans la zone de déferlement ils créent des chenaux d'érosion longitudinaux, parallèles au rivage et aux isobathes, ces chenaux peuvent déplacer les sédiments enlevés du fond jusqu'à des distances supérieures 2,5 kilomètres. La dérive littorale peut, selon les cas, apporter ou exporter des sédiments et influencer sur le bilan sédimentaire. La dynamique côtière est donc essentiellement contrôlée par : la propagation de la houle à la côte, la dérive littorale parallèle au trait de côte, les courants de retour et aussi l'action éolienne qui a un effet sur un trait de côte sableux.

#### II.5.5.1. Manipulation des données :

Afin de déterminer la trajectoire des particules sédimentaires responsables de l'ensablement du port de Boudis, on a simulé les tendances aux transports par le modèle ST (Non-Cohesive Sediment Transport) de la suite MIKE 21 qui calcule le transport sédimentaire sur le fond et en suspension sous l'action combinée des courants et de la houle.

Les taux de transport de sédiments sont calculés à partir de données bathymétriques, des profondeurs instantanées de l'eau, les tailles et la gradation spatiale des sédiments (La médian D50=0.15mm) et les variations spatio-temporelles des courants et des vagues dans la région étudiée.

---

# **Chapitre III :**

# **Résultat et discussion**

---

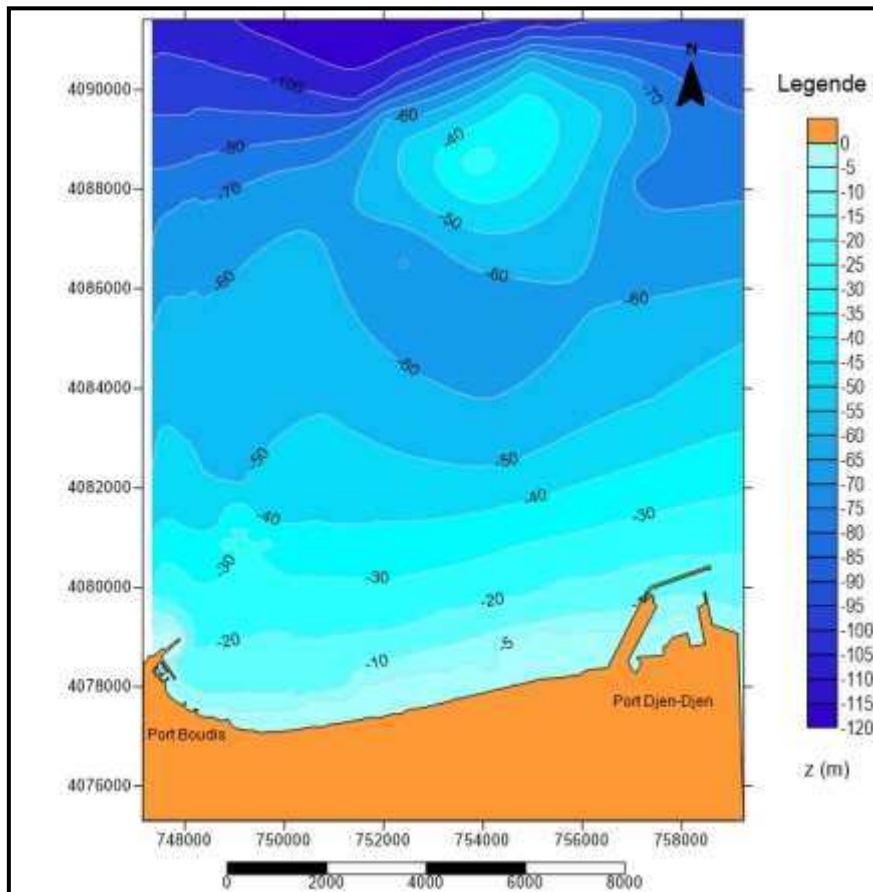
### III.1. Etude bathymétrique :

#### III.1.1. Morphologie sous-marine :

L'analyse de la carte bathymétrique (**Figure n°26**) révèle une morphologie sous-marine plus au moins régulière, les isobathes qui se situent entre le trait de côte et -45m de profondeur sont parallèles à la côte, elles sont serrées à l'Ouest ce qui montre une pente raide contrairement à l'Est où la pente est plus ou moins douce.

Au-delà de -45m de profondeur, les équidistances entre les isobathes augmentent traduisant une pente plus douce.

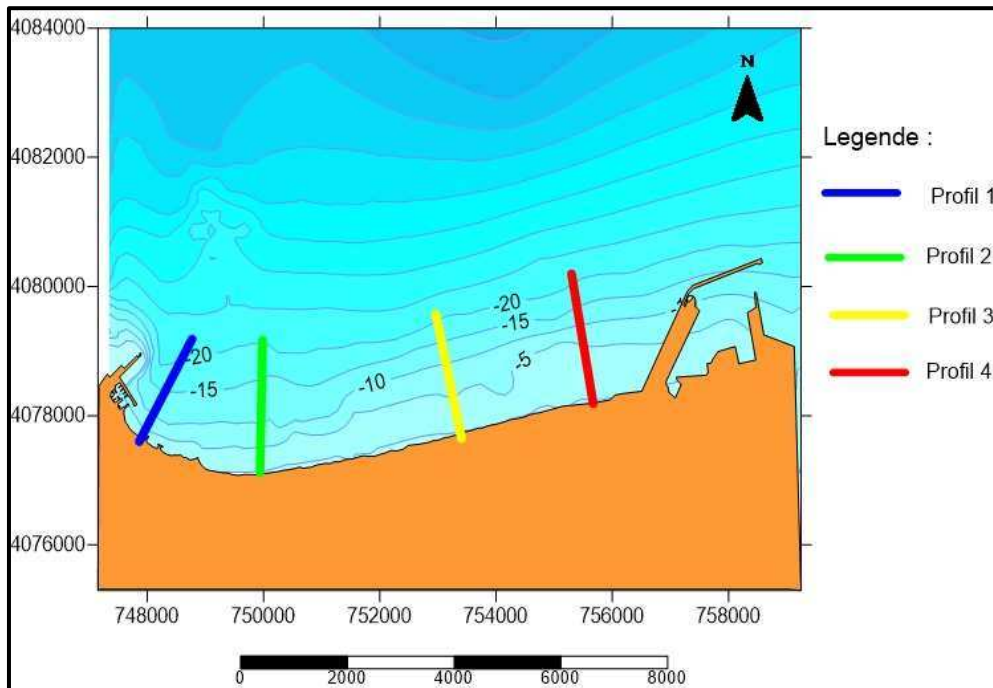
On remarque aussi la présence d'un haut fond d'une profondeur moyenne de -40m de profondeur par rapport à celle des points avoisinants (-60 à -100m).



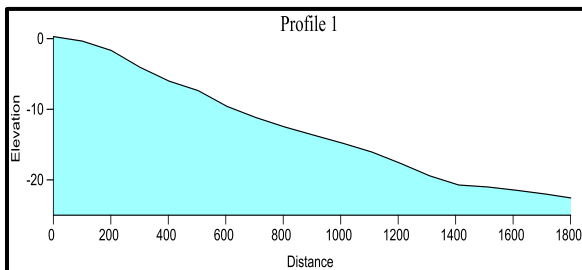
**Figure n°26 : Carte bathymétrique 2D de la zone d'étude (2003)**

### III.1.2. Etude des profils bathymétriques :

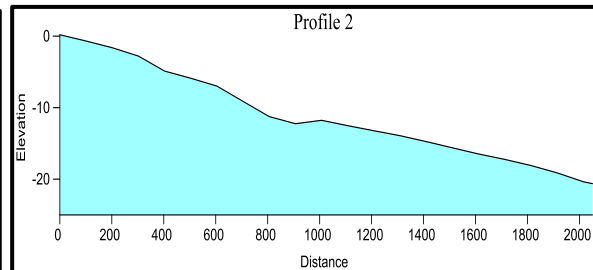
L'étude des profils bathymétrique consiste à détailler l'évolution et les caractéristiques morphologiques, pour cela on a réalisé 4 profils perpendiculaires à la côte (**Figure n°27**).



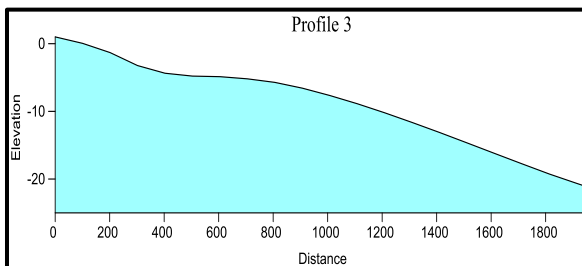
**Figure n°27** : Carte bathymétrique et le tracé des profils dans la zone d'étude



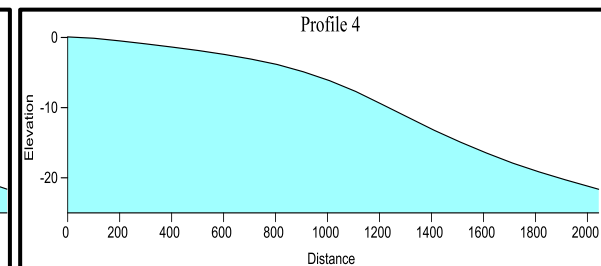
**Figure n°28** : Profil sous marin n°1



**Figure n°29**: Profil sous marin n°2



**Figure n°30** : Profil sous marin n°3



**Figure n°31** : Profil sous marin n°4

Les profils tracent un fond régulier avec une pente raide pour les profils 1 et 2 jusqu'à -20m pour le premier et -15m pour le deuxième, se traduisant par des courbes qui sont serrées. Pour les profils n°3 et 4, la pente devient de plus en plus douce avec une rupture légère à -5m pour le profil n°3.

### III.2. La sédimentologie :

#### III.2.1. Le grain moyen D50 (µm) :

Le diamètre moyen D50 est le diamètre du grain à l'ordonnée 50%, c'est la médiane :

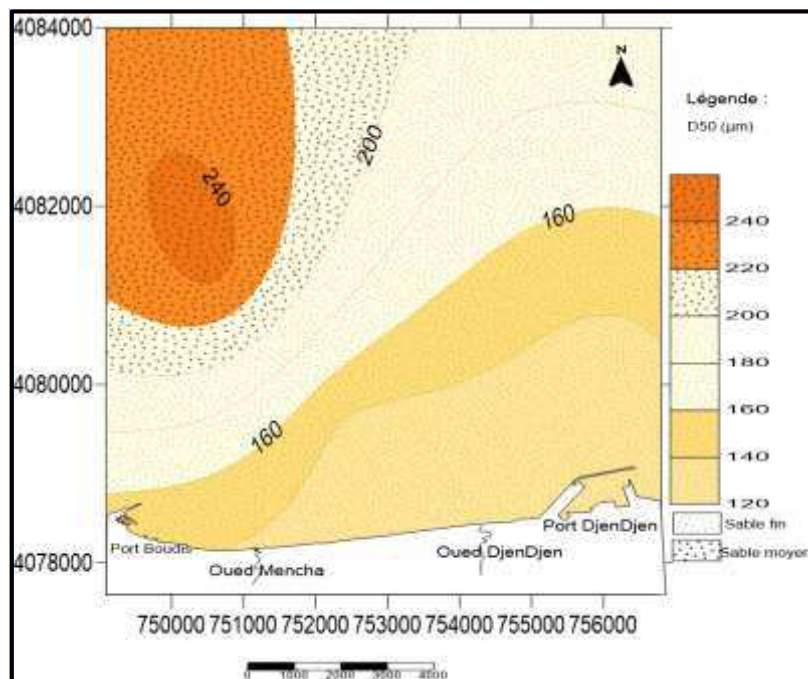
$$D50 = \frac{\varphi 16 + \varphi 50 + \varphi 84}{3}$$

**Tableau n°10** : Répartition des sédiments en fonction de leurs diamètres (**Folk et Ward**)

Sédiments	Diamètre
sables fins	40 - 200µm
sables moyens	200 - 500µm
sables grossiers	500 - 2000µm
sables très grossiers	> 2000µm

La carte de la répartition du diamètre (D50) du grain moyen (**Figure n°32**) décrit une classe a sédiments fins de la côte jusqu'à une profondeur de 20m, au-delà de cette profondeur les sédiments deviennent moyennement grossier en raison de la présence d'un haut fond à ce niveau-là.

Les sédiments présents dans le site d'étude sont des sables moyens à fins dont le diamètre moyen varie entre 120 et 380 microns.



**Figure n°32:** Carte de répartition du diamètre du grain moyen (D50) dans la zone d'étude

**III.2.2. Indices granulométriques :**

**a) Indice de dispersion ou de classement:**

Cet indice peut être exprimé comme suit :

-Folk et Ward

$$S_0 = [(\varphi_{84} - \varphi_{16}) / 4] + [(\varphi_{95} - \varphi_5) / 6,6]$$

Il donne une idée sur l'étalement de la courbe autour de son grain moyen, et nous renseigne sur le degré de classement du sédiment.

Selon les valeurs obtenues de  $S_0$  le sédiment sera classé comme suit :

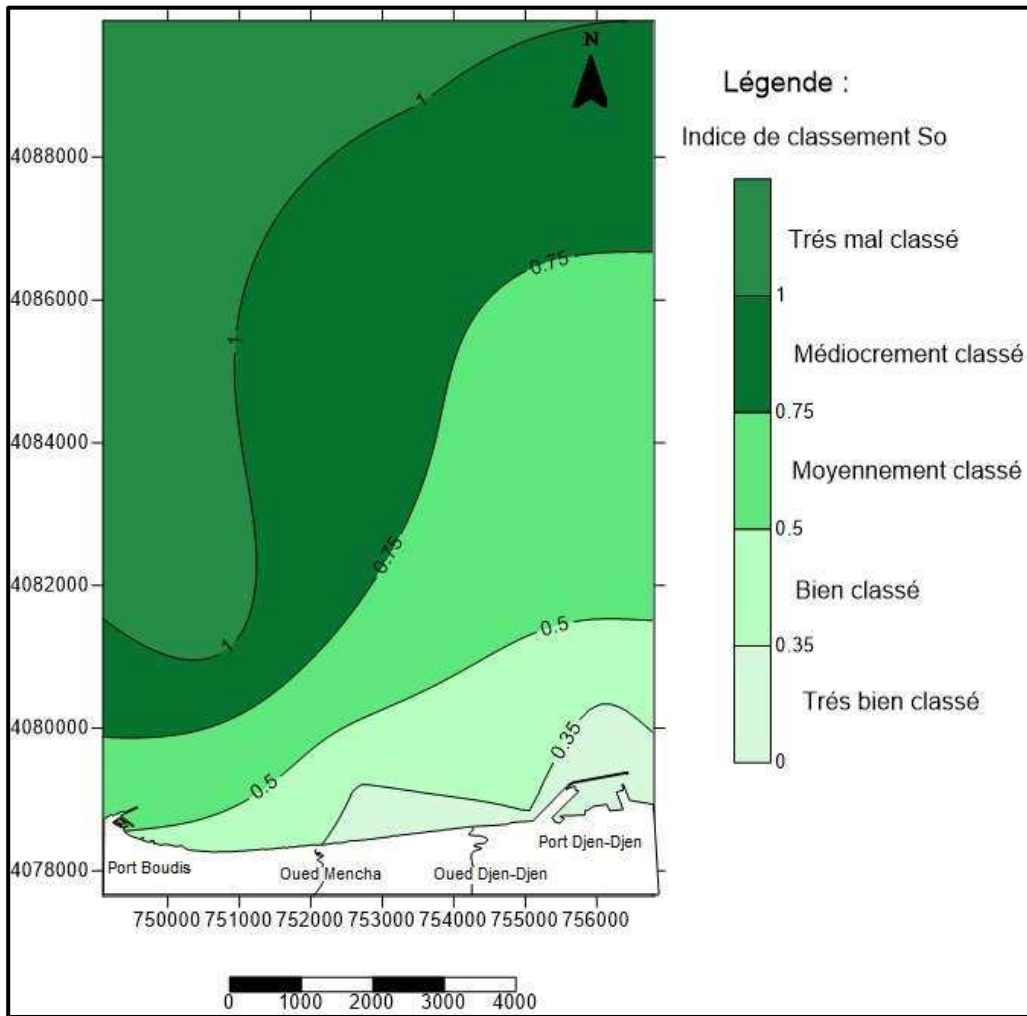
**Tableau n°11 : Les valeurs de  $S_0$  pour le classement (Folk et Ward)**

Les valeurs de $S_0$	Le classement
0.00 < $S_0$ < 0.35	Très bien classé
0.35 < $S_0$ < 0.50	Bien classé
0.50 < $S_0$ < 0.75	Moyennement classé
0.75 < $S_0$ < 1.00	Médiocrement classé
1.00 < $S_0$ < 2.00	Très mal classé

La carte (**Figure n°33**) montre la distribution géographique de l'indice de classement dans la zone d'étude, les valeurs de cet indice varient entre 0.33 et 1.11.

Les valeurs rencontrées augmentent de la côte vers le large et diminuent de l'Ouest vers l'Est. De l'Est en Ouest, entre des profondeurs de -20m et -65m, l'indice de classement varie entre 0.5 et 0.75, les sédiments rencontrés sont moyennement classés.

A l'Ouest, à partir de -32m de profondeur, les valeurs de l'indice de classement sont comprises entre 0.75 à 1.99, dans ce cas-là les sédiments présentent un classement médiocre à très mal classé.



**Figure n°33:** Carte de l'indice de classement ( $S_0$ )

**b) Coefficient d'asymétrie :**

Ils indiquent la prédominance des sédiments fins ou des sédiments grossiers. Ils caractérisent le degré de symétrie de la courbe granulométrique par rapport à la médiane.

-Folk et Ward 
$$SKI = ((\phi_{16} + \phi_{84} - 2\phi_{50}) / 2 (\phi_{84} + \phi_{16})) + ((\phi_5 + \phi_{95} - 2\phi_{50}) / 2 (\phi_{95} + \phi_5))$$

Les valeurs d'asymétrie varient de -1 à 1 Folk et Ward ont proposé la classification suivante :

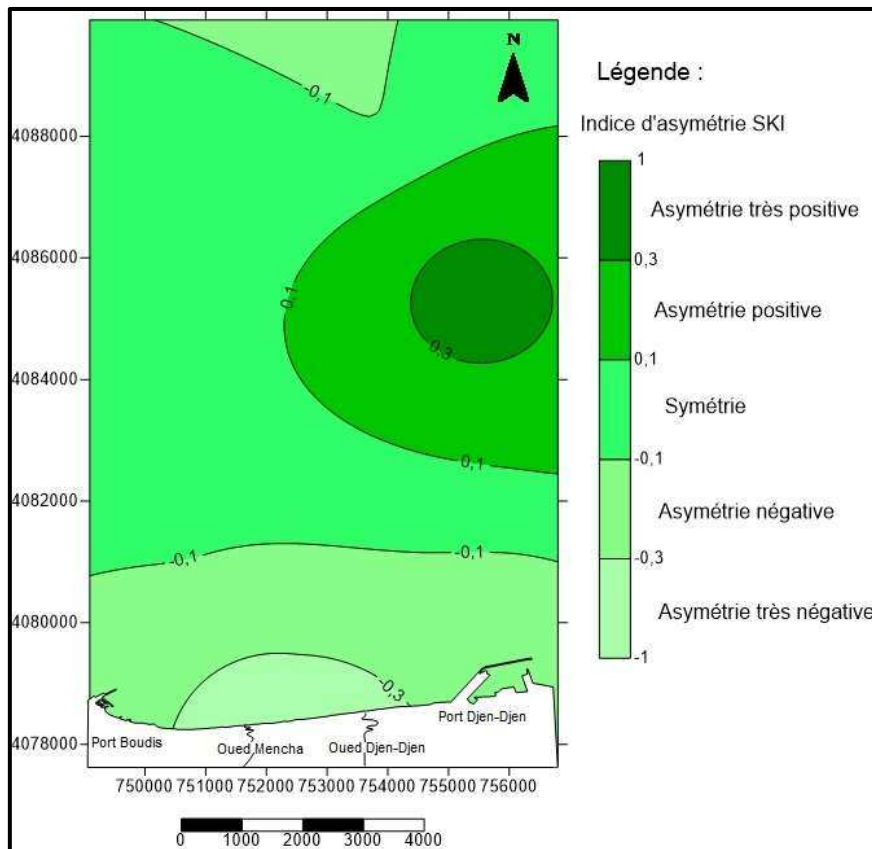
**Tableau n°12:** Les valeurs adoptées de SKI pour l'asymétrie (Folk et Ward).

La valeur de SKI	L'asymétrie
$-1.00 < SKI < -0.30$	Asymétrie très négative
$-0.30 < SKI < -0.10$	Asymétrie négative
$-1.00 < SKI < +1.00$	Symétrie
$+1.00 < SKI < +0.30$	Asymétrie positive
$+0.30 < SKI < +1.00$	Asymétrie très positive

La carte (**Figure n°34**) montre la distribution géographique de l'indice d'asymétrie dans la zone d'étude, les valeurs de cet indice varient entre -0.22 et 0.43.

D'importantes valeurs négatives sont perçues entre 0 et -40m de profondeur où le  $SKI < -0.1$ , donc le tri est maximum dans la fraction grossière, la dispersion est plus large du côté grossier.

Au-delà de cette profondeur -40m, à l'Est, le  $SKI > 0.1$ , donc le tri est maximum du côté de la fraction fine, la dispersion est plus large du côté fin.



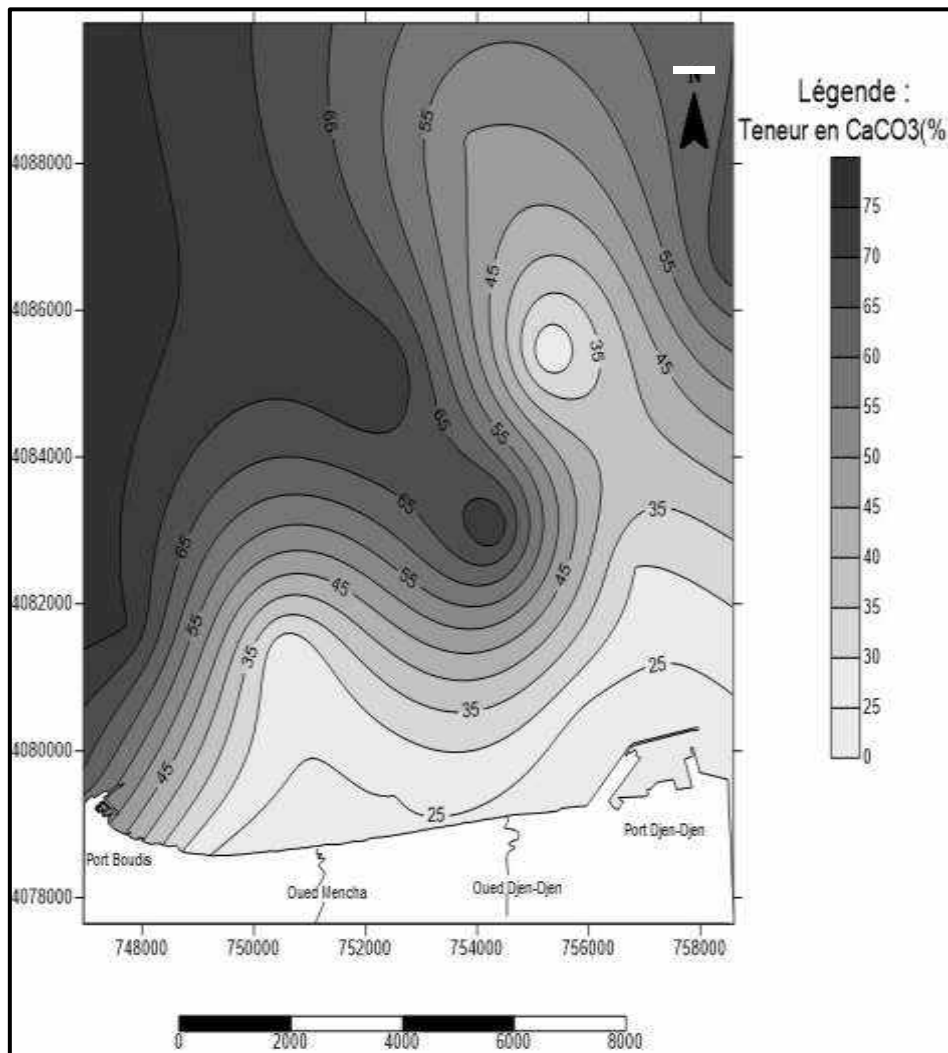
**Figure 34:** Carte du coefficient d'asymétrie (SKI)

**III.2.3. Répartition des carbonates :**

La carte (**Figure n°35**) des teneurs en carbonates dans la fraction fine montre une distribution hétérogène le long de la zone d'étude.

Des teneurs relativement faibles (20 à 30%) sont localisées au niveau de la côte 0 à -15m de profondeur, ces particules fines sont issues des oueds Mencha et Djendjen puis dispersées par le biais des courants, ce qui explique leur origine terrestre dans cette partie.

Vers le large, les teneurs en carbonates augmentent jusqu'à 75%, elles dénotent la présence de vasières occidentales, développées derrière les hauts fonds, riches en particules fines ce qui signifie l'origine marin de ces particules.



**Figure n°35:** Carte de répartition des carbonates (CaCO3)

### III.3. Evolution du trait de côte :

Les travaux de construction du port de pêche Boudis et les ouvrages de protection (épi et brise-lame) ont modifiés l'équilibre sédimentaire de la zone, ce qui a entraîné des modifications dans la configuration de la ligne de rivage dans la zone d'étude.

Notre objectif est d'analyser l'évolution du trait de côte durant une période qui s'étale de 1988 à 2017 entre les deux ports (Boudis et Djen-Djen) impliquant les deux plages (Kotama et Terre Rouge) ainsi que les deux oueds (Mencha et Djen-Djen). (**Figure n°36**).



**Figure n°36** : Variation de la ligne de rivage entre le port de Boudis et Djen-Djen

L'extension DSAS a permis de générer des tracés (transects) perpendiculaires à la ligne de base avec une longueur de 300m et un espacement de 30m. Le résultat obtenu est cartographié en deux zones Est et Ouest de l'oued Mencha. (**Figure n°37 et 38**)



**Figure n°37 :** Transects et trait de côte de 1988-2007-2013-2017, zone Ouest.



**Figure n°38 :** Transects et trait de côte de 1988-2007-2013-2017, zone Est.

L'extension DSAS nous a permis de faire une analyse détaillée sur la variation de la ligne de rivage en déterminant pour chaque transect les indicateurs du taux d'évolution définis précédemment (EPR, NSM et LRR). (**Supports statistiques des indicateurs : Annexe n°5**)

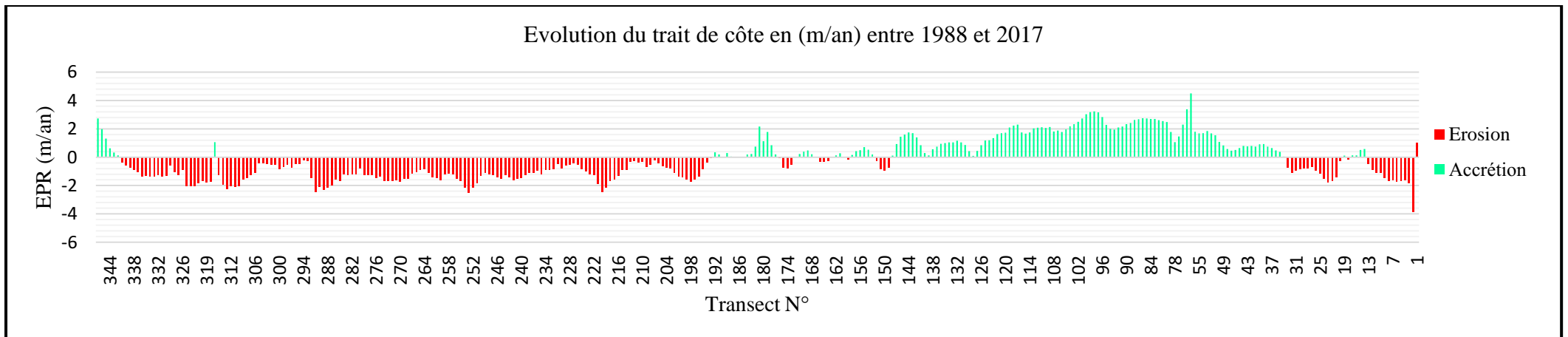
### III.3.1. End Point Rate (EPR):

Période de 1988-2007-2013-2017 : (Figures n°39 ; 40 et 41).



**Figure n°39:** Évolution du trait de côte en (m/an) entre 1988-2007-2013-2017(Ouest).

**Figure n°40:** Évolution du trait de côte en (m/an) entre 1988-2007-2013-2017 (Est).



**Figure n°41 :** Changements moyens de la position de la ligne de rivage entre 1988 -2017(Est et Ouest).

L'évaluation des variations spatio-temporelle de la position du trait de côte de 1988 et 2017 a permis de mettre en évidence les surfaces d'accrétion et d'érosion en fonction du temps.

D'après ces résultats, on remarque une accrétion de l'ordre de 1m/an dans la partie Est notamment au niveau de l'embouchure de l'oued Djen-Djen ce qui est du à l'apport des sédiments par ce cours d'eau tandis qu'un recul du trait de côte qui ne dépasse pas 1m/an est observé à proximité de la jetée secondaire du port de Djen-Djen.

A l'Ouest, l'érosion prédomine au niveau des plages, elle est parfois très importante (<1m/an) et d'autres fois on remarque un recul plus au moins important (entre 1 et 0.5 m/an).

Au niveau des ouvrages, une érosion est présente à l'aval de l'épi et une légère accumulation au niveau du brise-lames.

Des cas particuliers sont remarquables à côté de la jetée secondaire du port de Boudis qui se traduit par une forte accrétion et au niveau de l'oued Mencha par un équilibre sédimentaire.

### **III.3.2. Net Shoreline Movement (NSM):**

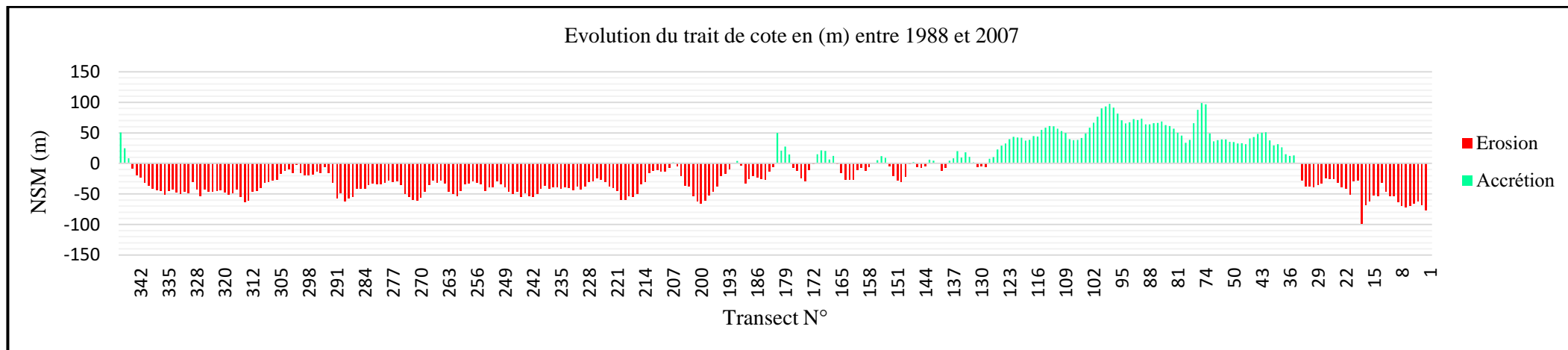
**Période de 1988-2007 :(Figures n° 42 ; 43 et 44)**



**Figure n°42:** Le mouvement net du trait de côte (NSM) en (m) entre 1988 et 2017(Ouest).



**Figure n°43:** Le mouvement net du trait de côte (NSM) en (m) entre 1988 et 2007 (Est).



**Figure n°44:** Changements moyens de la position de la ligne de rivage entre 1988 et 2007 (Est et Ouest).

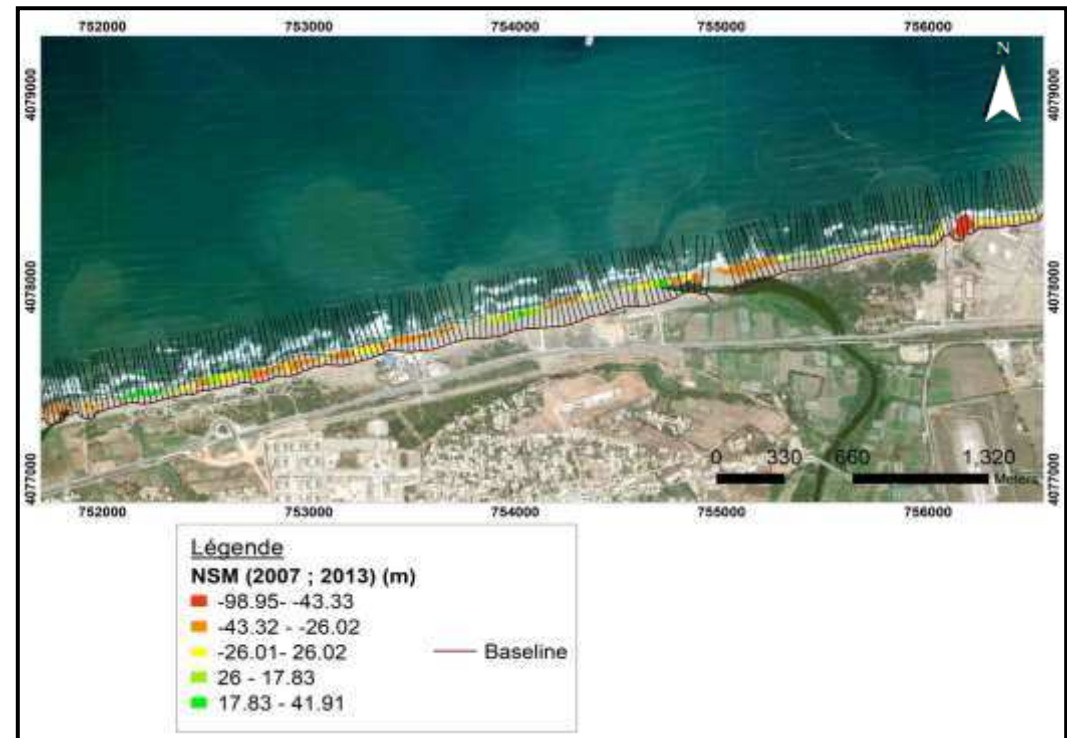
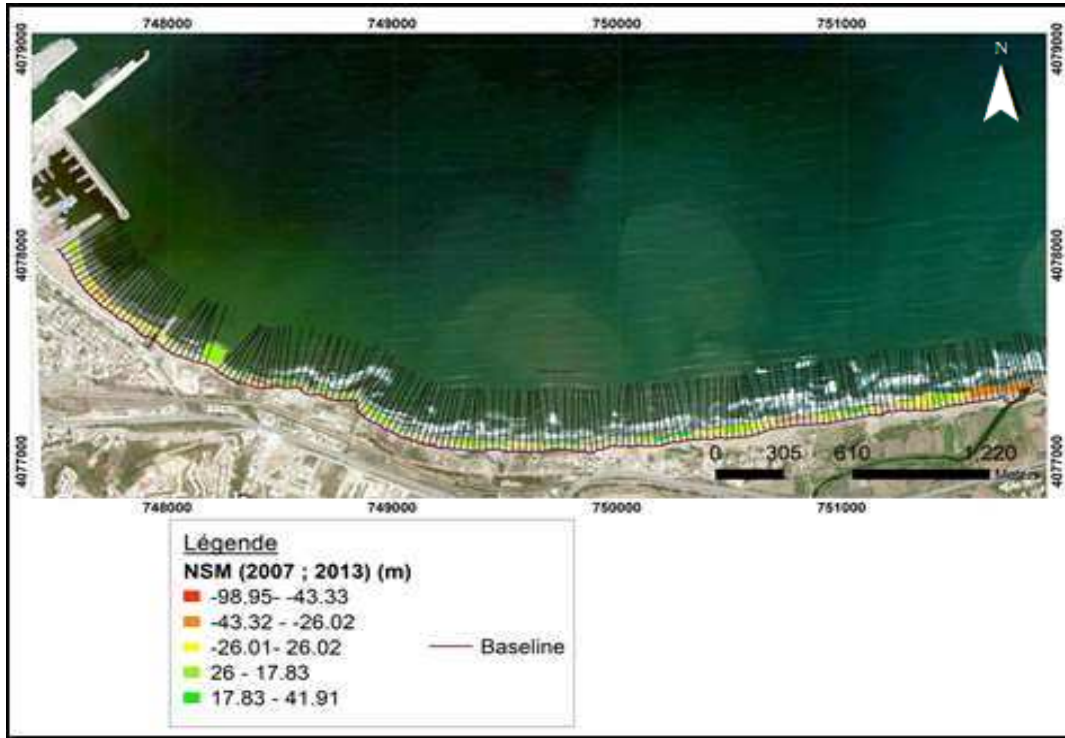
Le mouvement net du rivage NSM nous renseigne sur les distances de déplacement du trait de côte sur chaque transect entre 1988 et 2007.

L'érosion la plus marquante est celle enregistrée à l'Ouest, le recul du trait de côte sur la plage de Kotama (avant la construction des ouvrages de protection épi et brise-lames) et Terre Rouge est comprise 17.16 à 43.77m.

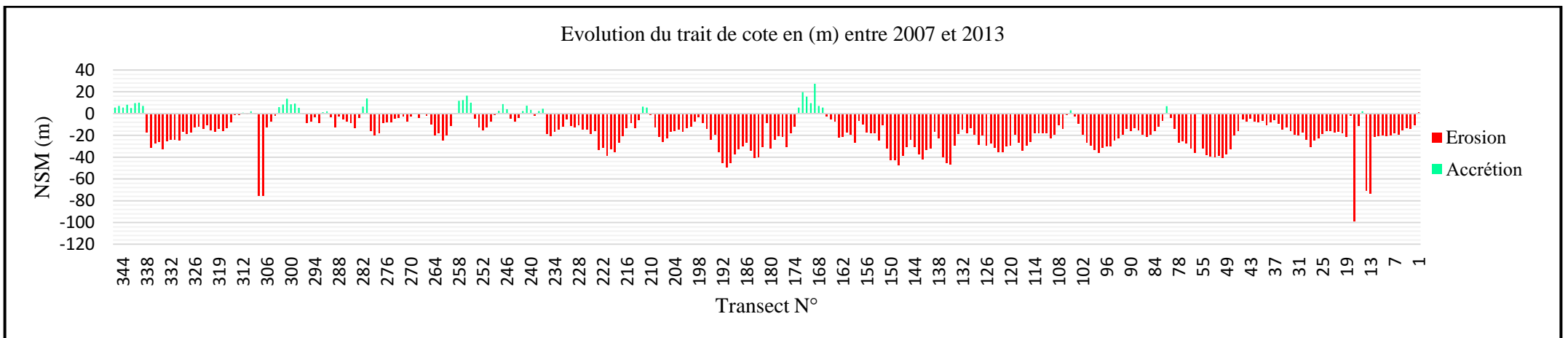
A l'Est, nous remarquons une accrétion linéaire aux alentours de l'oued Djen-Djen avec des valeurs supérieures à 55.06m, et de l'oued Mencha avec 17.98m d'accumulation.

Par contre une érosion domine la partie près de la jetée secondaire du port de Djen-Djen.

**Période de 2007-2013 : (Figures n°45 ; 46 et 47).**



**Figure n°45:** Le mouvement net du trait de côte (NSM) en (m) entre 2007 et 2013 (Ouest). **Figure n°46:** Le mouvement net du trait de côte (NSM) en (m) entre 2007 et 2013 (Est).



**Figure n°47 :** Changements moyens de la position de la ligne de rivage entre 2007 et 2013 (Est et Ouest).

Après la construction des ouvrages au niveau de la plage de Kotama, on remarque que le brise-lames a causé une forte accumulation qui peut atteindre une distance supérieure à 17.83m formant un tombolo, et un équilibre à l'aval de l'épi avec un début d'accumulation à l'amont et près de la jetée secondaire du port de Boudis.

**Période de 2013-2017 : (Figure n°48 ; 49 et 50)**



Figure n°48 : Le mouvement net du trait de côte (NSM) (m) entre 2013 et 2017 (Ouest)



Figure n°49 : Le mouvement net du trait de côte (NSM) en (m) entre 2013 et 2017 (Est).

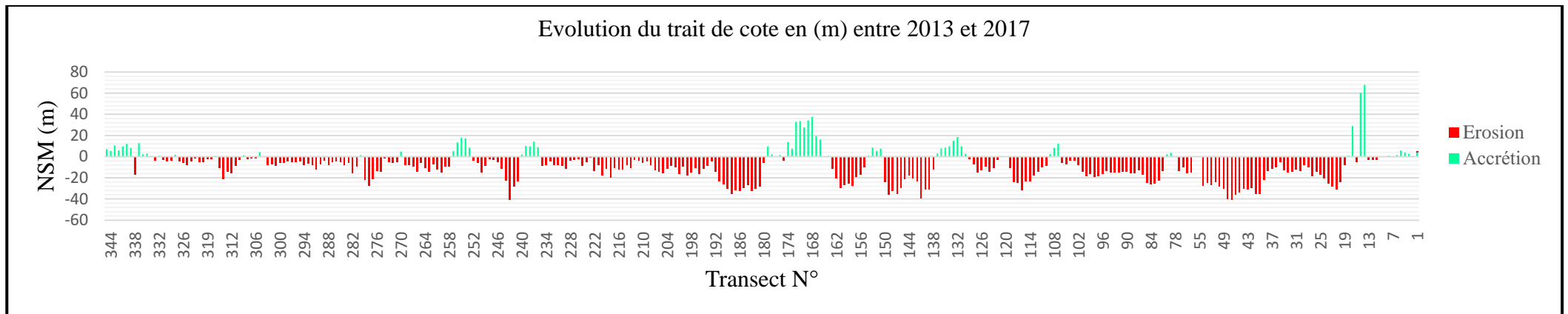


Figure n°50 : Le mouvement net du trait de côte (NSM) en (m) entre 2013 et 2017 (Est et Ouest).

Pour cette période la tendance de l'engraissement continue avec une distance de 17.98m à 19.34m à l'approche de la jetée secondaire du port de Boudis.

Inversement, nous avons enregistré un faible recul du trait de côte tout au long de la zone à l'exception d'un équilibre sédimentaire au niveau des embouchures des oueds.

### **III.3.3.Linear Regression Rate-of-change (LRR):**

#### **Période de 1988-2007-2013-2017 : (Figure n°51 et 52)**

Pour l'analyse générale de l'état évolutif de notre zone on a calculé le LRR qui tient compte de la tendance évolutive du trait de côte sur toute la période considérée (1988 ; 2007 ; 2013 ; 2017).

D'après les deux cartes, on remarque une accrétion significative à une vitesse supérieure à 1m/an dans la partie Est notamment au niveau de l'embouchure du oued Djen-Djen tandis qu'un recul moins important (0.5 à 1 m/an) est observé près de la jetée principale du port de Djen-Djen.

A l'Ouest, une dynamique variable entre régression et transgression de la ligne du rivage, au niveau des plages ce qui est due à l'implantation de l'épi sur la plage de Kotama et l'absence d'ouvrages qui protègent la plage Terre Rouge.

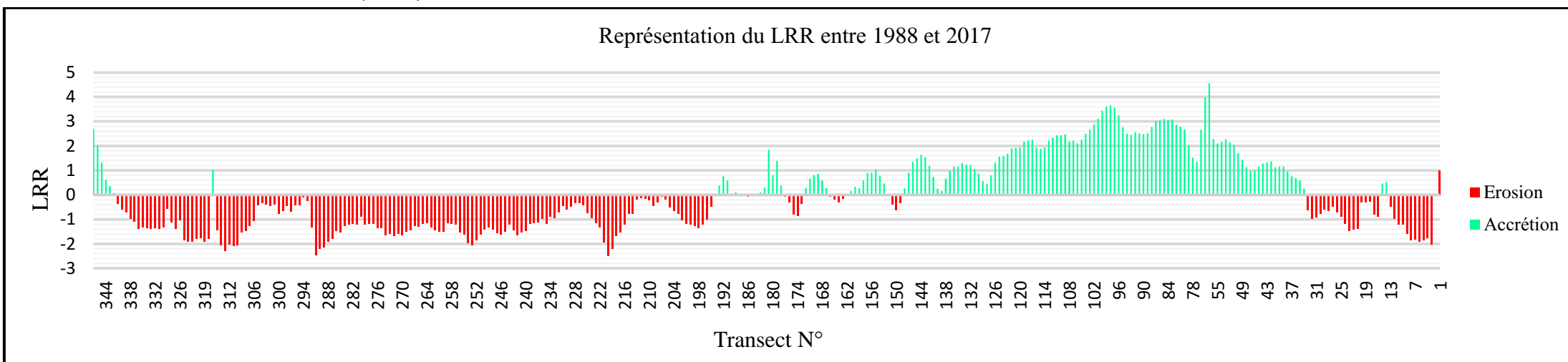
Une légère accumulation au niveau du brise-lames formant un tombolo, et une forte accrétion près de la jetée secondaire du port de Boudis supérieure à 1 m/an a été observée.



**Figure n°51 :** Évolution du trait de côte en (m/an) durant la période 1988-2007-2013-2017 (Ouest).



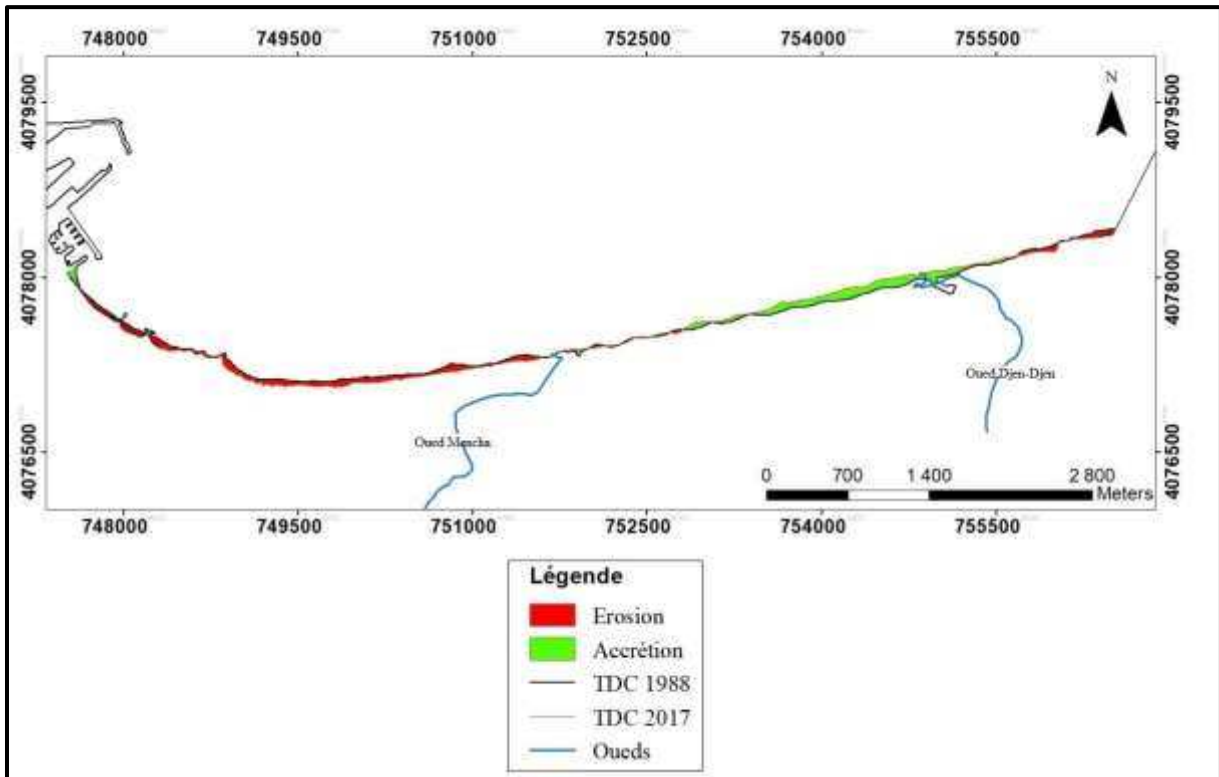
**Figure n°52 :** Évolution du trait de côte en (m/an) durant la période 1988-2007-2013-2017 (Est).



**Figure n°53 :** Évolution du trait de côte en (m/an) durant la période 1988-2007-2013-2017(Es et Ouest).

**III.3.4. Analyse du bilan sédimentaire :**

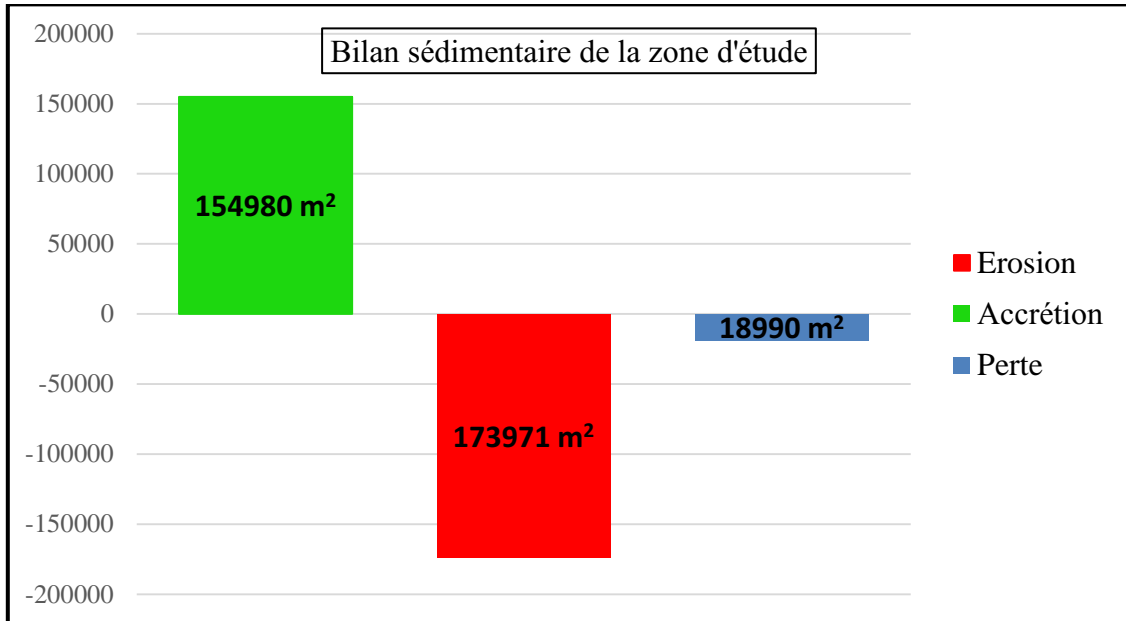
L'analyse du bilan sédimentaire nous a permis d'avoir les surfaces totales d'érosion et d'accrétion en m<sup>2</sup> durant toute la période allant de 1988 jusqu'à 2017. (**Figure n°54**)



**Figure n°54:** Analyse du taux d'évolution en surface de la zone entre 1988 et 2017

**Tableau n°13 :** Bilan d'érosion et d'accrétion du littoral de la zone d'étude

Période	Surface d'érosion (%)	Surface d'accrétion (%)	Surface perdue (%)
1988-2017	52	47	5



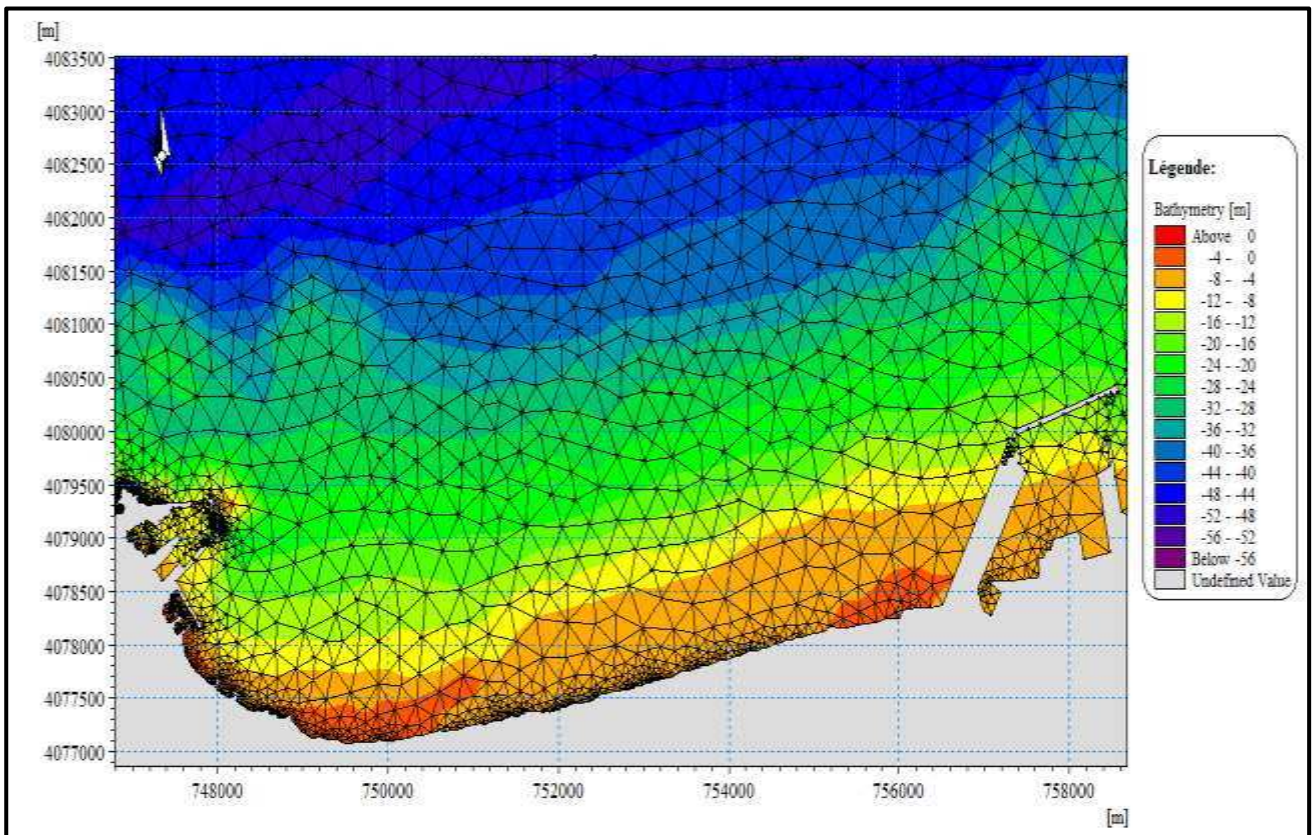
**Figure n°55:** Histogramme du bilan sédimentaire de la zone d'étude entre 1988 et 2017

À partir du tableau ci-dessus, le bilan général de l'état d'évolution des surfaces est estimé à une perte de 1899m<sup>2</sup>, durant une période de 29 ans.

L'analyse de l'histogramme (**Figure n°55**) montre d'une façon synthétique que dans notre zone d'étude l'érosion a pris l'avantage sur l'accumulation avec une surface de 173971 m<sup>2</sup>.

### III.4. Modélisation numérique :

Le résultat obtenu après avoir généré le Mesh est représenté dans la figure suivante (**Figure n°56**) :



**Figure n° 56** : Maillage et bathymétrie du site d'étude.

### III.4.1. Réfraction de la houle :

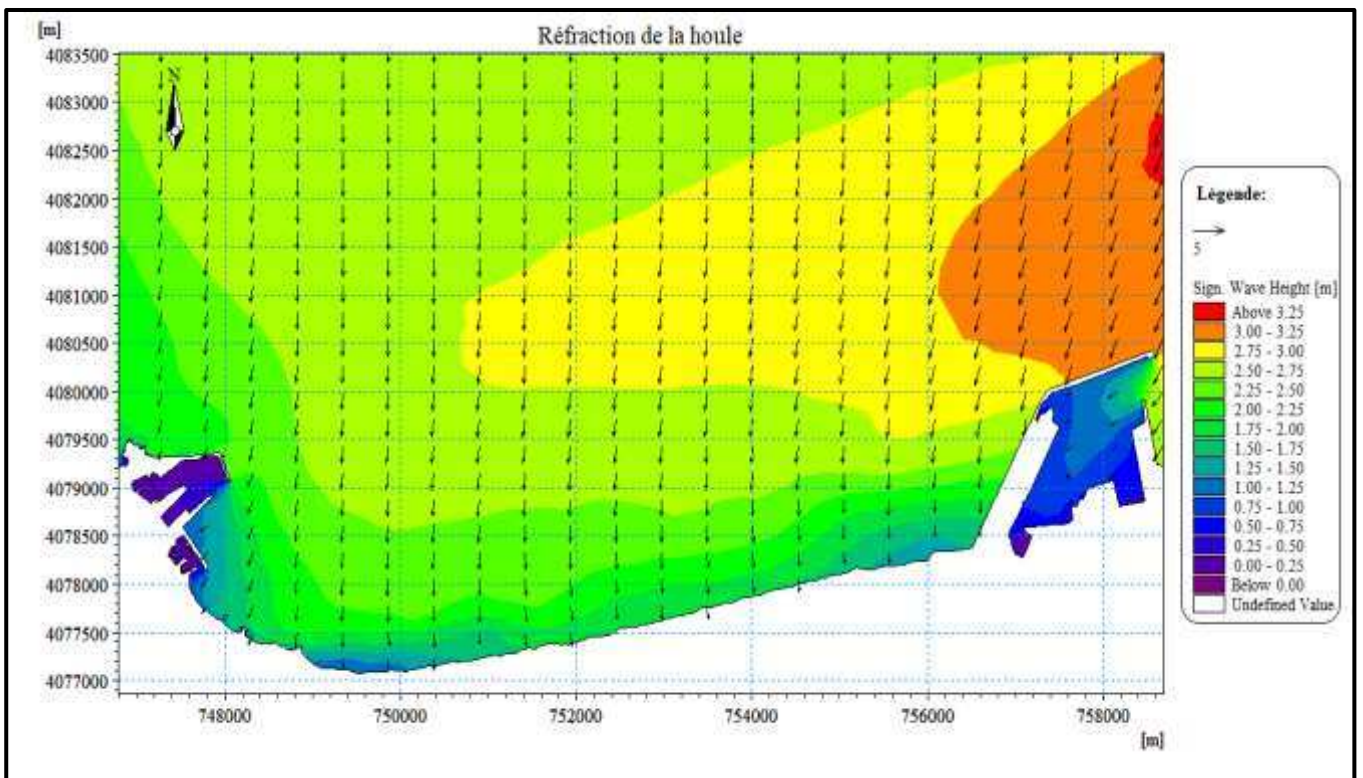
- **Action des houles de direction Nord- Est (45°N) :**

A l'approche de la côte, lorsque les vagues commencent à sentir le fond, elles subissent des modifications qui affectent leurs directions et caractéristiques.

La réfraction de la houle de secteur Nord-Est (**Figure n°57**) montre que les orthogonales sont peu réfractés à l'Est avec une hauteur de houle allant de 3 à 3.25m et très peu réfractés en allant vers l'Ouest de 1,75 jusqu'à 2.75m de hauteur.

La houle atteint la côte avec des valeurs variables selon la bathymétrie, des valeurs entre 3 et 3.25m notées au niveau de la jetée principale du port de Djen-Djen à des profondeurs de -20m.

Des houles de hauteurs variables de 1.25 à 2m frappent la plage Terre Rouge, et au niveau du port de Boudis, elles sont réfractées avec une hauteur de 1m, cela signifie que la houle perd une partie de son énergie lorsqu'elle atteint de faibles profondeurs (de 0 à -4m).



**Figure n°57** : Epures de la réfraction de la houle, MWD=45° ; Hs=2,56m ; T=8s.

• **Action des houles de direction Nord (360°N) :**

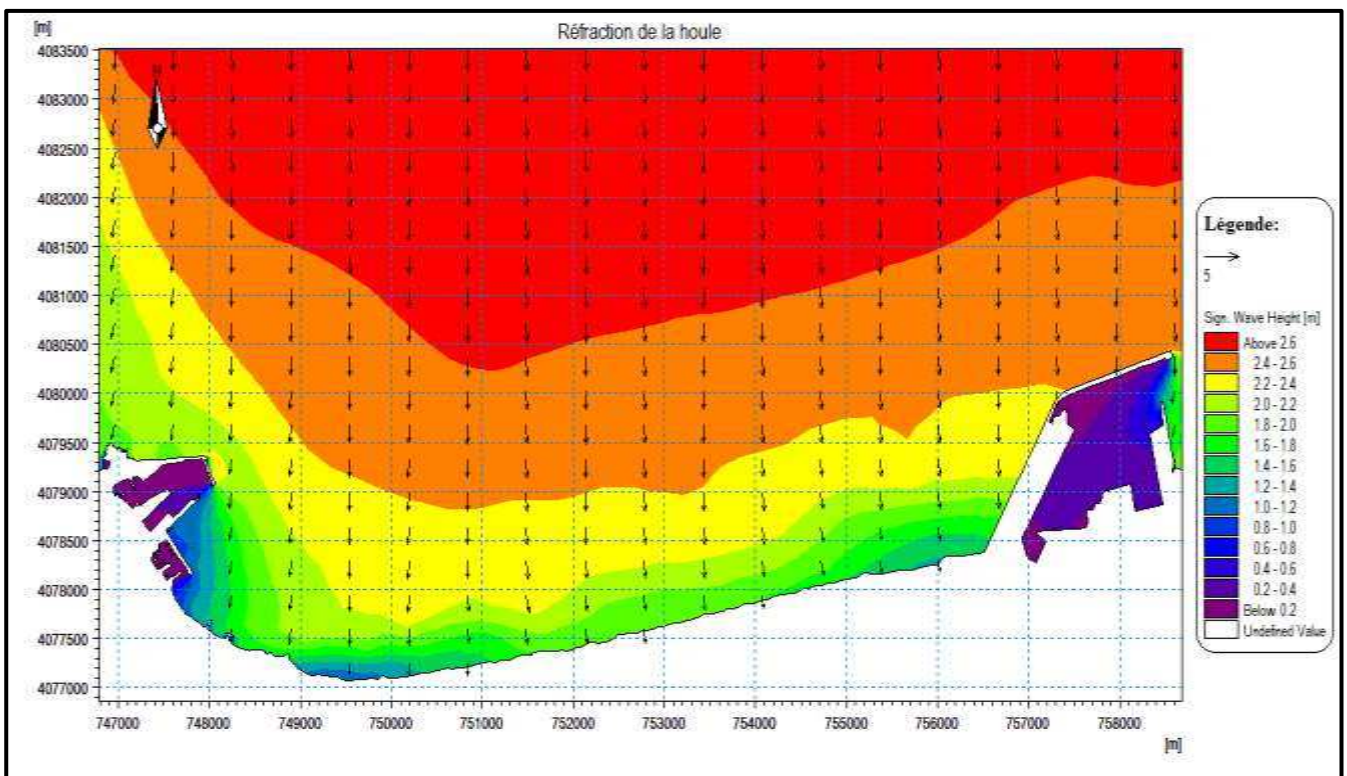
La réfraction de la houle de secteur Nord (**Figure n°58**) montre que les orthogonales sont perpendiculaires à la côte. La simulation a permis d'identifier une augmentation de la hauteur de la houle de 2m à l'Ouest jusqu'à plus de 2.6m à l'Est.

Au large, les houles de direction Nord ne subissent aucune modification, gardent leurs caractéristiques initiales et perd son énergie en progressant vers la côte.

D'après les résultats, au-delà de -32m de profondeur la hauteur des houles dépasse 2.6m, au-dessous de cette dernière, la hauteur diminue progressivement avec une houle frontale vers la côte ce qui est dû au fait que celle-ci se réfracte avec un angle de déviation presque nul où elle atteint 1.6m à des profondeurs avoisinantes de -12m ceci soumis la zone à un risque d'érosion surtout en absence d'ouvrages de protection (Plage Terre Rouge).

A des profondeurs inférieures à -8m, une diminution remarquable de la hauteur des vagues est observée (Hs varie entre 1.6 et 0.6m).

Au voisinage du port de Boudis, on observe au niveau de la passe d'entrée des valeurs de 0.8 à 1m.



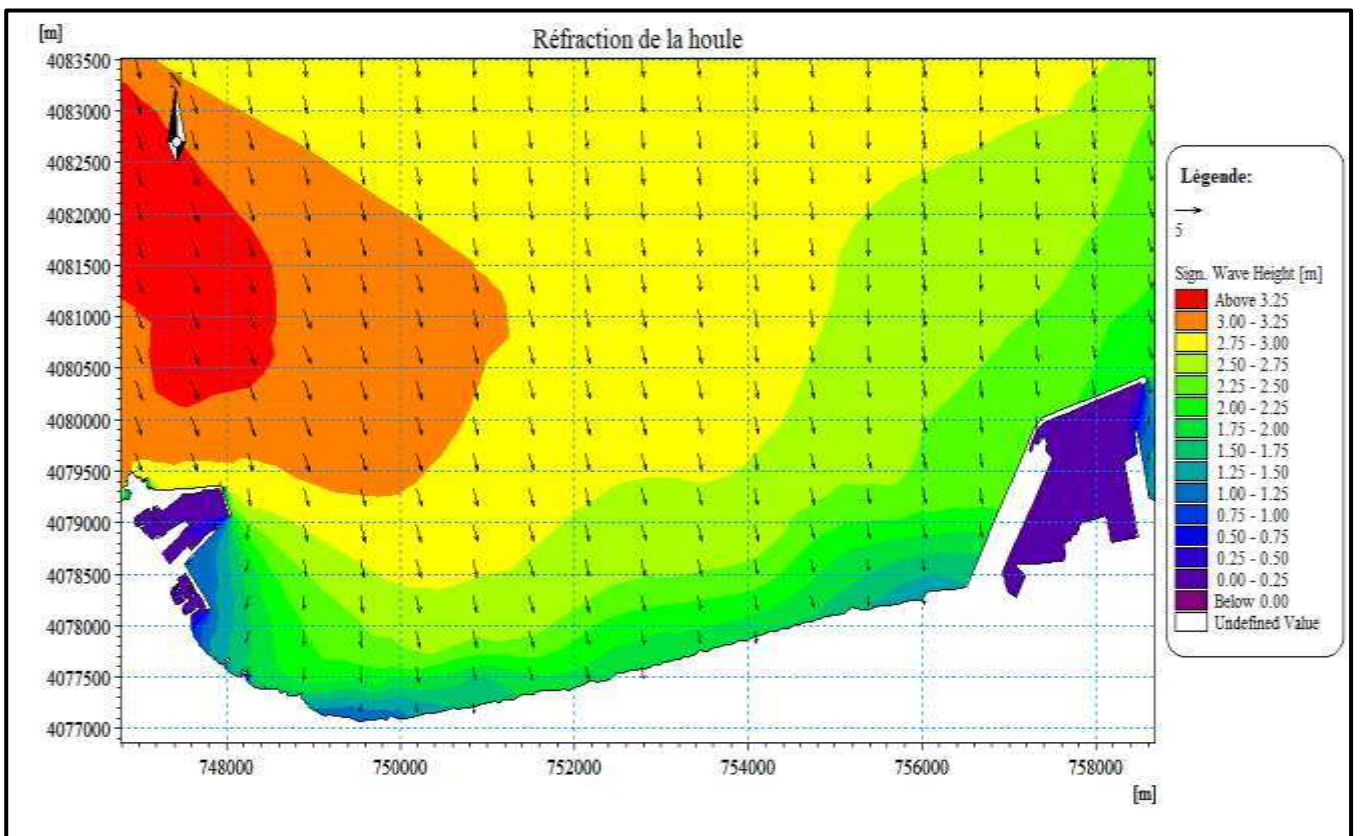
**Figure n°58:** Epures de la réfraction de la houle, MWD=360° ; Hs=2.67m ; T=8s.

• **Action des houles de direction Nord-Ouest (315°N) :**

Le résultat de l'étude de la réfraction de la houle du Nord-Ouest (**Figure n°59**) montre que les orthogonales sont très réfractés à l'Ouest contrairement à l'Est avec une diminution de la hauteur de la houle qui est supérieure à 3 m à l'Ouest et aux alentours de 2m à l'Est.

La houle perd son énergie à l'approche du rivage, avec des valeurs de l'ordre de 1m de hauteurs a des faibles profondeurs (-4m).

La propagation semble se faire de façon quasi-frontale aux environs du port de Djen-Djen, et pivotent légèrement à proximité du port de Boudis avec une hauteur de l'ordre de 1.2m au niveau de la passe d'entrée ce qui génère un obstacle pour la manœuvrabilité des bateaux.



**Figure n°59 :** Epures de la réfraction de la houle, MWD=315° ; Hs=2.64m ; T=8s.

### III.4.2.Courantologie :

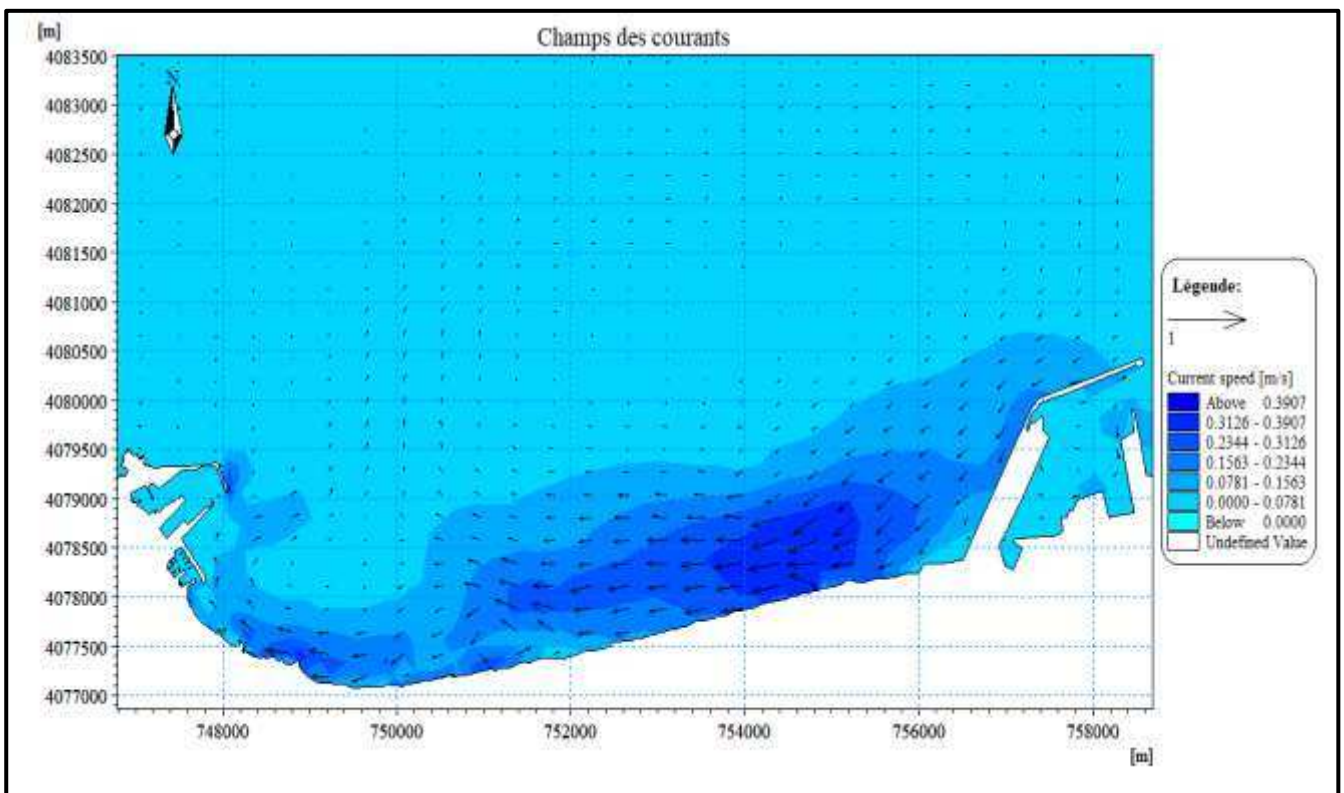
- **Action des houles de direction Nord- Est (45°N) :**

La longueur des vecteurs représentés dans la carte (**Figure n°60**) sont proportionnels au gradient de vitesse, elle augmente suivant la morphologie des fonds et l'interaction houle-houle, houle-vent ou bien houle-courant ce qui explique une forte intensité des courants au niveau des ports, et des ouvrages de protection (épi et brise-lames au niveau de la plage Kotama).

La houle de secteur Nord-Est génère des courants de dérive littoraux de direction Nord-Est vers l'Ouest.

L'intensité des courants à l'approche de la côte varie entre 0.23 à plus de 0.39m/s à l'Est et environs 0.23m/s à l'Ouest.

L'intensité des courants au niveau de la passe d'entrée du port de Boudis est de l'ordre de 0.15m/s ce qui aura un effet visible sur le transport des sédiments et de l'évolution de la morphologie côtière.



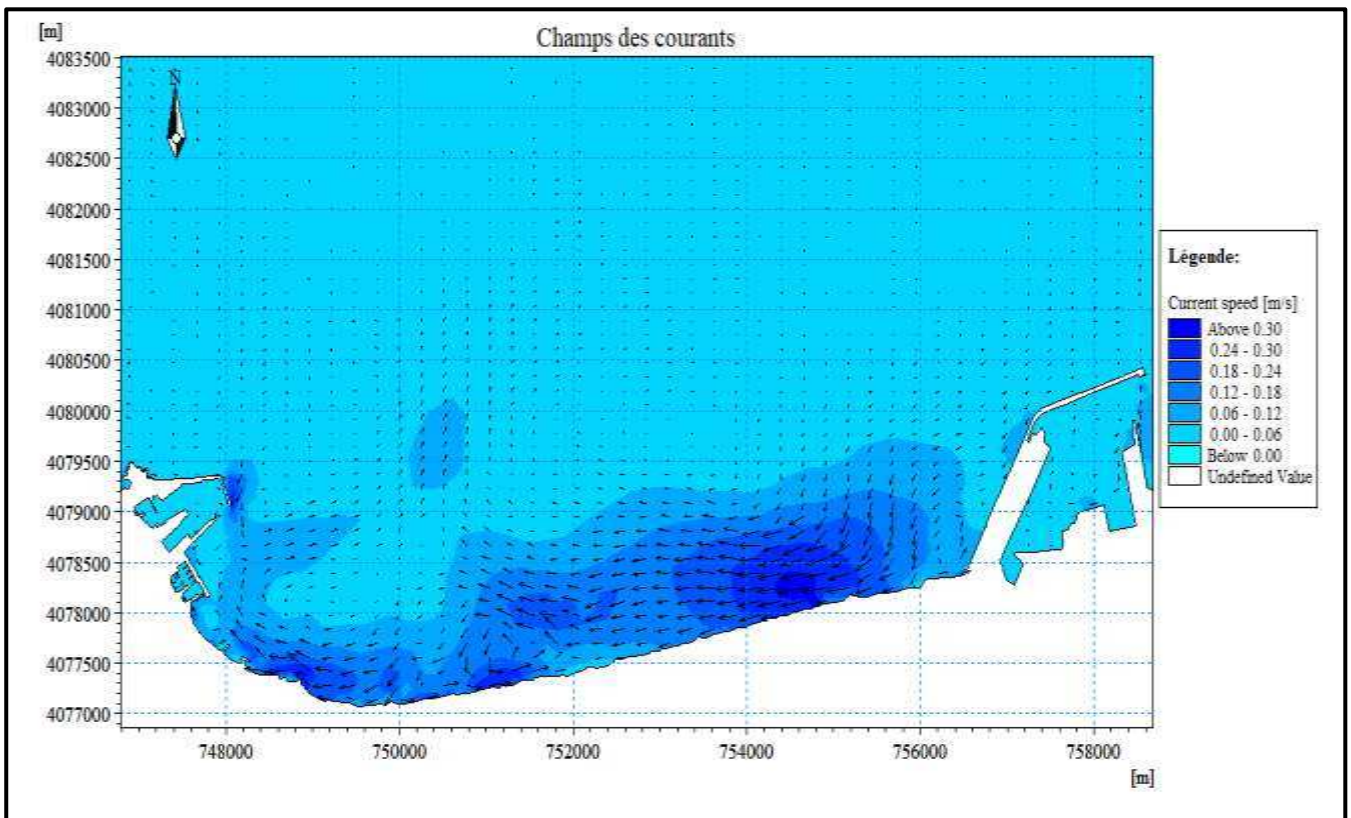
**Figure n°60 :** Champ des courants, MWD=45° ; HS =2.56m ; T=8s.

• **Action des houles de direction Nord (360°N) :**

La houle du Nord génère des courants de dérive littoraux de direction Nord-Est vers l'Ouest, ils évoluent avec une intensité variable près du rivage. (**Figure n°61**)

On remarque un courant de retour au voisinage de la plage Terre Rouge, ce qui a donné naissance à un champ tourbillonnaire dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.

L'intensité de ces courants est inférieure à celle des courants induits par la houle de secteur Nord-Est, elle varie entre 0.12 à plus de 0.30m/s à l'Est et environs 0.18m/s à l'Ouest.



**Figure n°61:** Champ des courants, MWD=360° ; HS =2.67m ; T=8s.

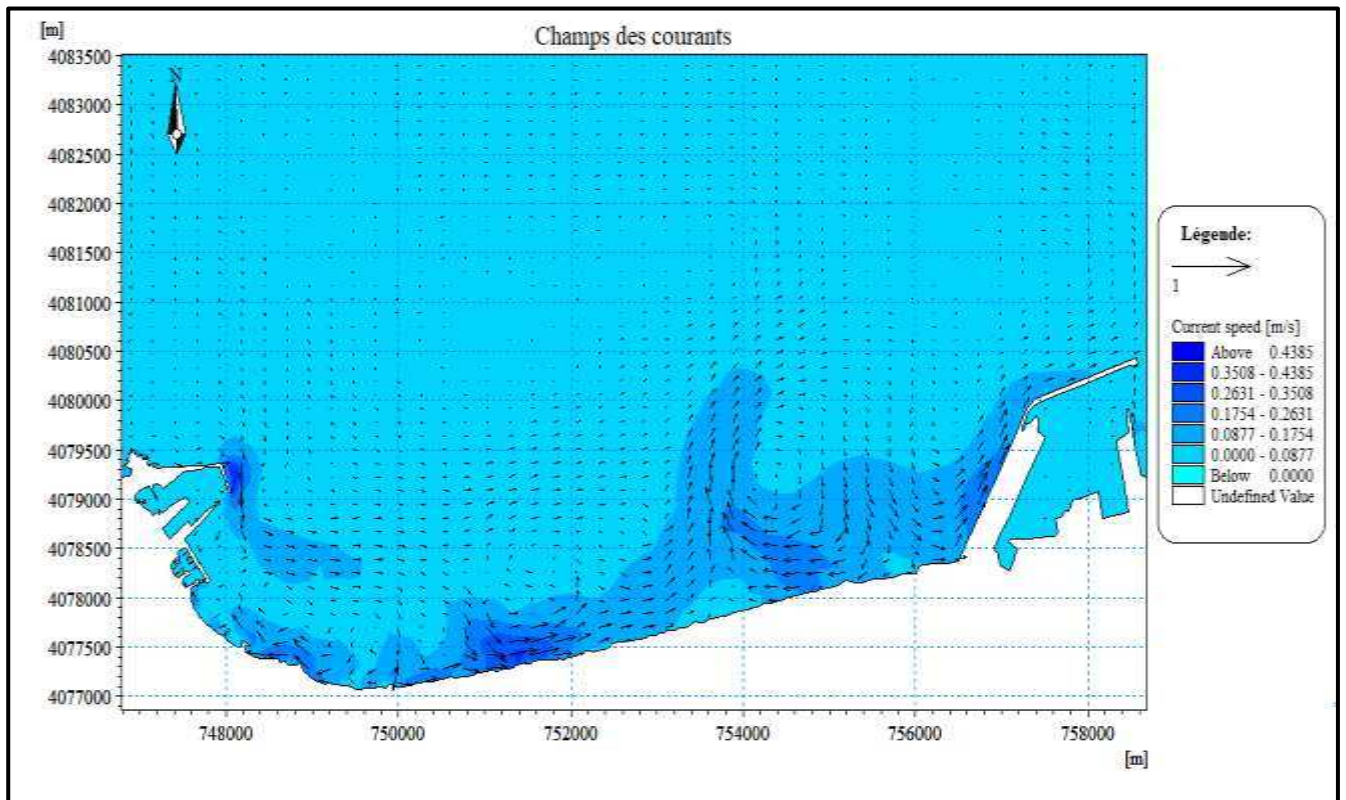
- **Action des houles de direction Nord-Ouest (315°N) :**

La houle du Nord-Ouest génère des courants de dérive littoraux de secteur Ouest (**Figure n°62**).

Les résultats de la simulation montrent la naissance d'un courant circulaire dans le sens des aiguilles d'une montre au niveau des deux plages Terre Rouge et Kotama, ce tourbillon occupe un champ plus important dans la première plage que la deuxième.

Ce courant circulaire joue un rôle important dans l'arrachage et la redistribution des sédiments le long de la côte.

Au niveau de la zone Ouest, des vitesses entre 0.17 et 0.26m/s sont observées, elles sont plus élevées à l'Est avec des valeurs de l'ordre de 0.35m/s.



**Figure n°62 :** Champ des courants, MWD=315° ; HS =2.64m ; T=8s.

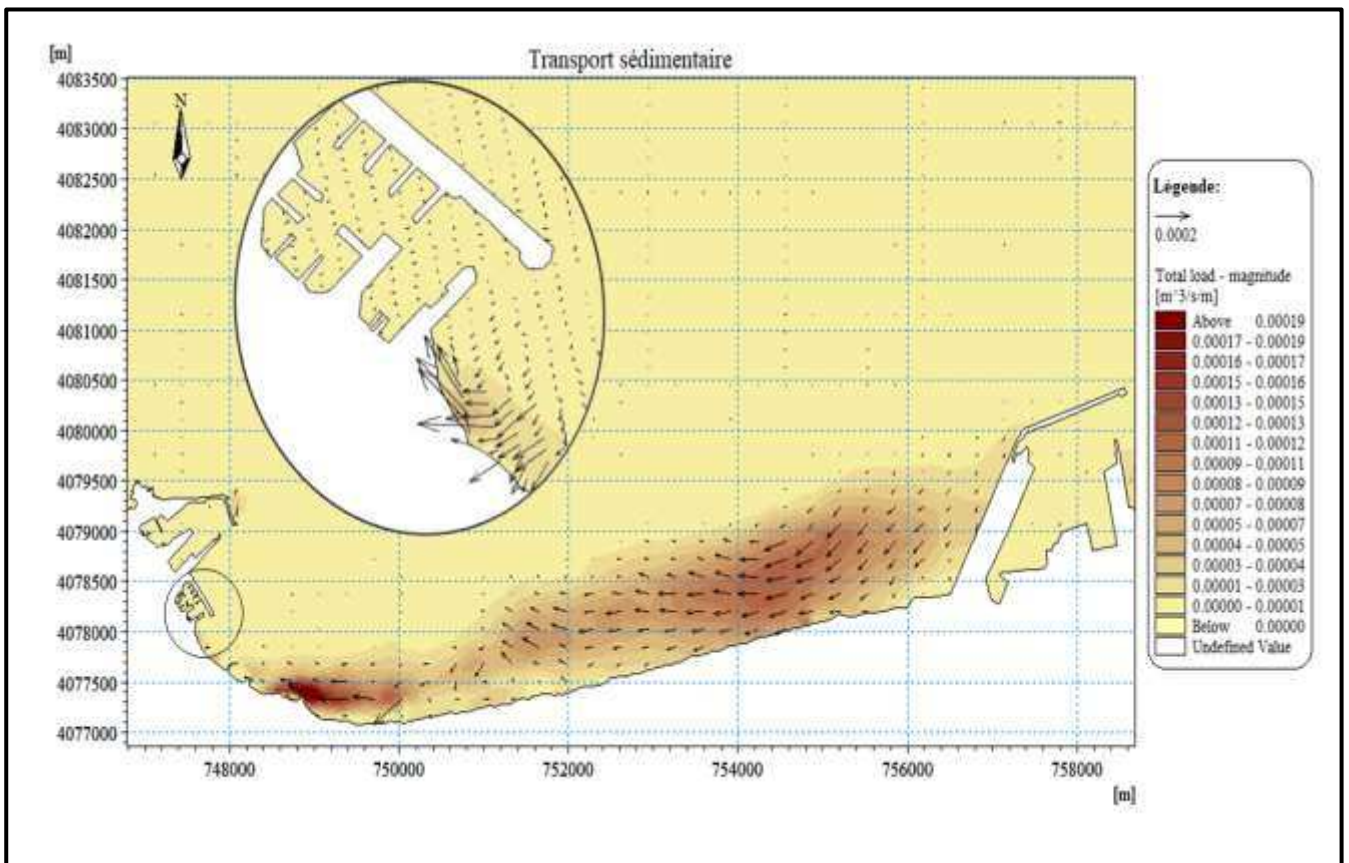
**III.4.3. Transport sédimentaire :**

- **Action des houles de direction Nord- Est (45°N) :**

La capacité du transport sédimentaire engendré sous l’effet des houles de Nord-Est (**Figure n°63**) se traduit par un transit des sédiments de l’Est vers l’Ouest qui est engendré par un courant Nord-Est.

Les houles de Nord-Est dominantes en période estivale abordent la côte avec une incidence oblique créant un courant de dérive littorale assurant le transport des sédiments dans le même sens, ceci leur donne le temps de se déposer au niveau de la côte et former ainsi des zones d’accumulation notamment à proximité des ouvrages de protection et au niveau de la jetée secondaire du port de Boudis.

On constate également que le transport dans cette direction est estimé aux environs de 100000 m<sup>3</sup>/an/m.



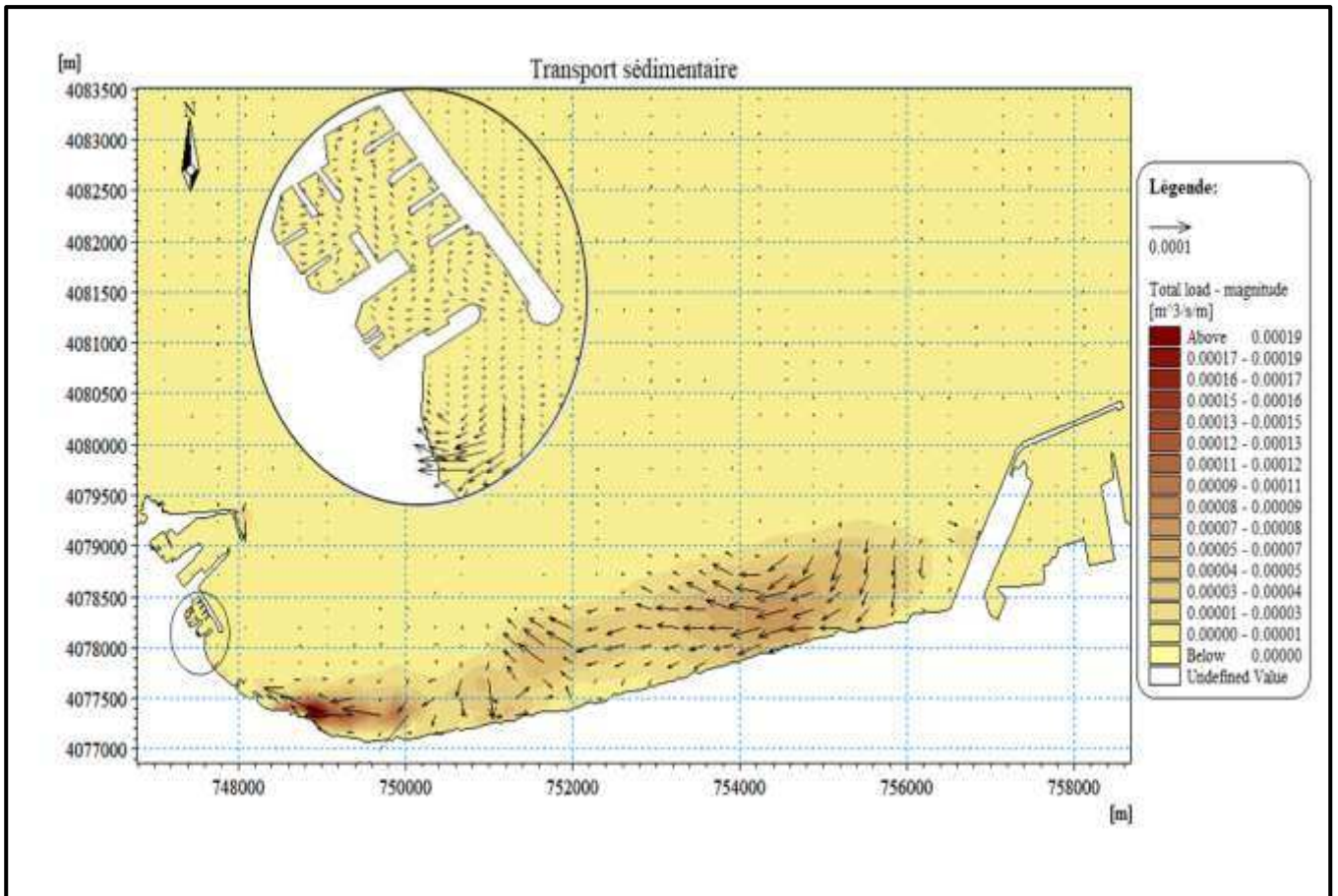
**Figure n°63 :** Capacité du transport sédimentaire, MWD=45° ; Hs=2,56m ; T=8s.

• **Action des houles de direction Nord (360°N) :**

La capacité du transport sédimentaire engendré sous l'effet des houles de secteur Nord (**Figure n°64**) se traduit par un transit des sédiments de l'Est vers l'Ouest qui est engendré par un courant Nord-Est.

La houle du nord régulière sur toute l'année arrive à la côte avec une incidence frontale, créant un courant de retour assurant la répartition des sédiments de la côte au large.

Le transport dans cette direction est estimé aux alentours de 51000 m<sup>3</sup>/an/m.



**Figure n°64** : Capacité du transport sédimentaire, MWD=360° ; HS =2.67m ; T=8s.

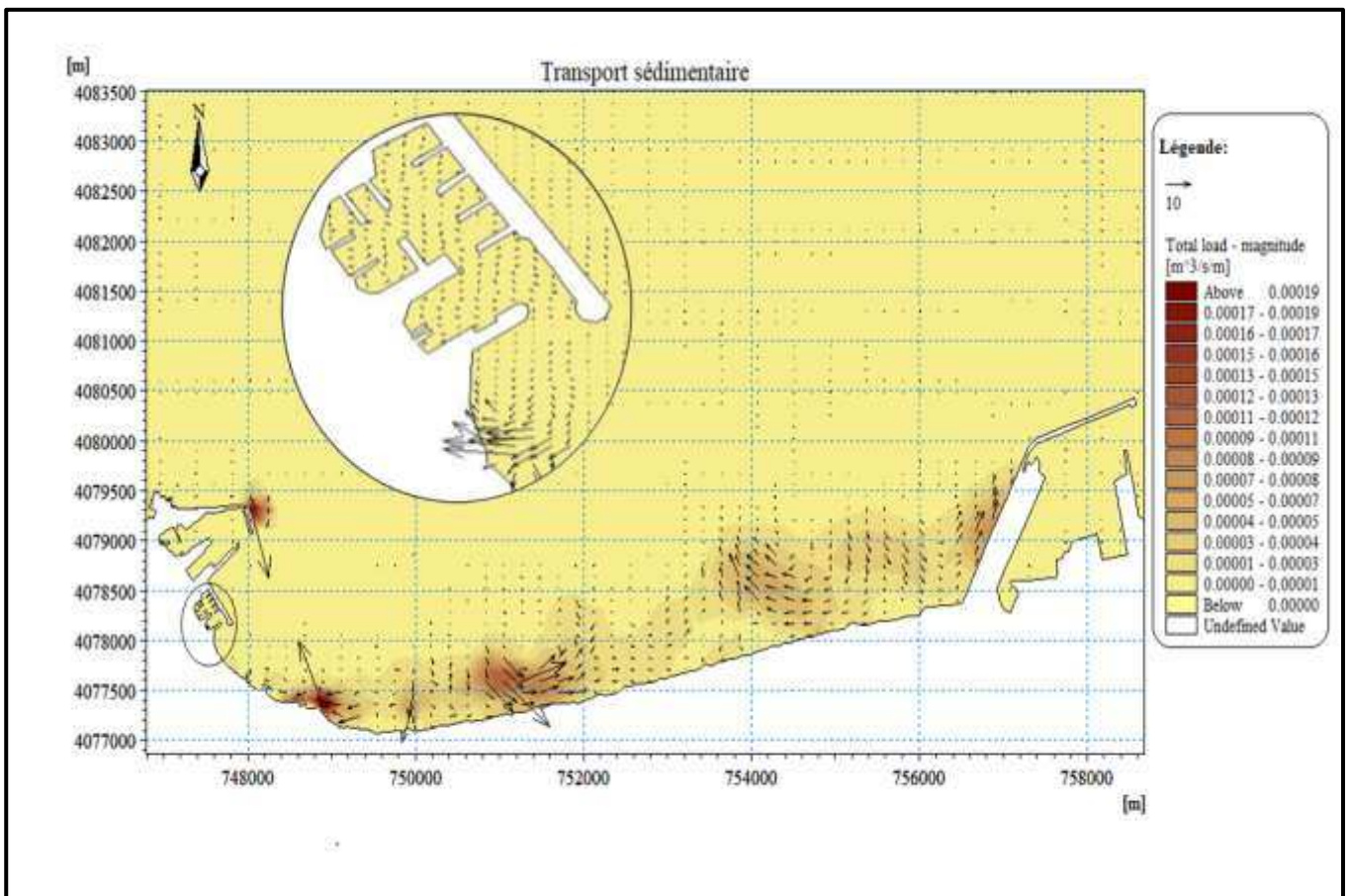
• **Action des houles de direction Nord-Ouest (315°N) :**

La capacité du transport sédimentaire engendré sous l'effet des houles de Nord-Ouest (**Figure n°65**) se traduit par un transit des sédiments de l'Ouest vers l'Est qui est engendré par un courant Nord-Ouest.

Les houles du Nord-Ouest dominantes en période hivernale longeant la côte avec une incidence oblique créant un courant de dérive littorale assurant le transit dans la même direction.

On note que le transit sédimentaire provenant de l'Est est plus important que celui de l'Ouest car ce dernier n'offre pas le temps nécessaire aux sédiments de se déposer.

Le transport dans cette direction est estimé aux voisinages de 39000 m<sup>3</sup>/an/m.



**Figure n°65 :** Capacité du transport sédimentaire, MWD=315° ; HS =2.64m ; T=8s.

D'après les résultats des trois simulations de la réfraction de la houle, des courants et du transport sédimentaire sur les trois directions Nord-Est, Nord et Nord-Ouest, on conclue que :

Le climat de houle le plus prépondérant qui agit sur notre côte et site d'étude est en faveur d'une énergie orientée de l'Est vers l'Ouest, ces houles créent des courants qui agissent sur des fonds sableux en majorité et qui les dispersent selon l'intensité et le grain en place vers des zones de calmes pour les déposer.

En effet, ces houles créent des courants de forte intensité vers la côte avec des orientations vers l'Ouest pour les directions concernées. Cette destination finale des courants de houles et des sédiments chargés se heurte à la jetée secondaire du port, sa position fait que cette dernière travaille comme un épi interceptant les sédiments qui y transitent. Cet état fait que le port sert de réceptacle de ces sédiments.

---

**Chapitre IV :**  
**Solution d'aménagement**  
**contre le problème**  
**d'ensablement du port**

---

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

Sur la base des résultats des différentes analyses de la sédimentologie, bathymétrie, évolution du trait de côte et la modélisation hydrosédimentaire effectués dans les chapitres précédents, nous avons proposé des solutions de protection qui permettent d'atténuer l'action des houles, des courants et du transit sédimentaire pour diminuer le phénomène d'ensablement qui pourrait entraver à court et à long terme l'exploitation du port. C'est pourquoi il est recommandé de ramener le trait de côte à sa position initiale en draguant le sable accumulé à l'abri de la jetée secondaire et dégager la passe d'entrée quelle que soit la solution retenue.

### **IV.2. Proposition des variantes d'aménagement :**

La solution de protection à préconiser pour contrecarrer l'ensablement du port de pêche doit prendre en considération les schémas de protection prévus pour stabiliser le rivage du site d'étude, tout ça en prenant en compte la mise en valeur du site par une intégration du contexte touristique et balnéaire.

Trois variantes ont été étudiées et se présentent comme suit :

#### **Variante n°1 :**

Cette variante consiste en la réalisation de deux épis implantés perpendiculairement au rivage à l'Est du port distants de 200m avec une longueur de 150m pour l'épi n°1 et de 125m pour l'épi n°2, de telles sortes que ces derniers forment une batterie d'épis avec celui déjà existant et la jetée secondaire du port (**Figure n°66**). Ce dispositif permettra de bloquer la majeure partie du transit littoral qui s'effectue dans le sens Est – Ouest.

La longueur de l'épi est fonction de la granulométrie des sédiments en place ; elle est ainsi déterminée de façon à permettre le blocage de la plus grande partie des sédiments en transit sur les petits fonds en provoquant un dépôt de sédiments sur leur face amont.

Pour répondre au besoin de l'esthétique de la plage, il faut tenir compte de l'impact visuel des ouvrages et cela en choisissons des matériaux adéquat en prenant en considération : la nature des enrochements, l'arrangement, la forme, la rugosité et la couleur.

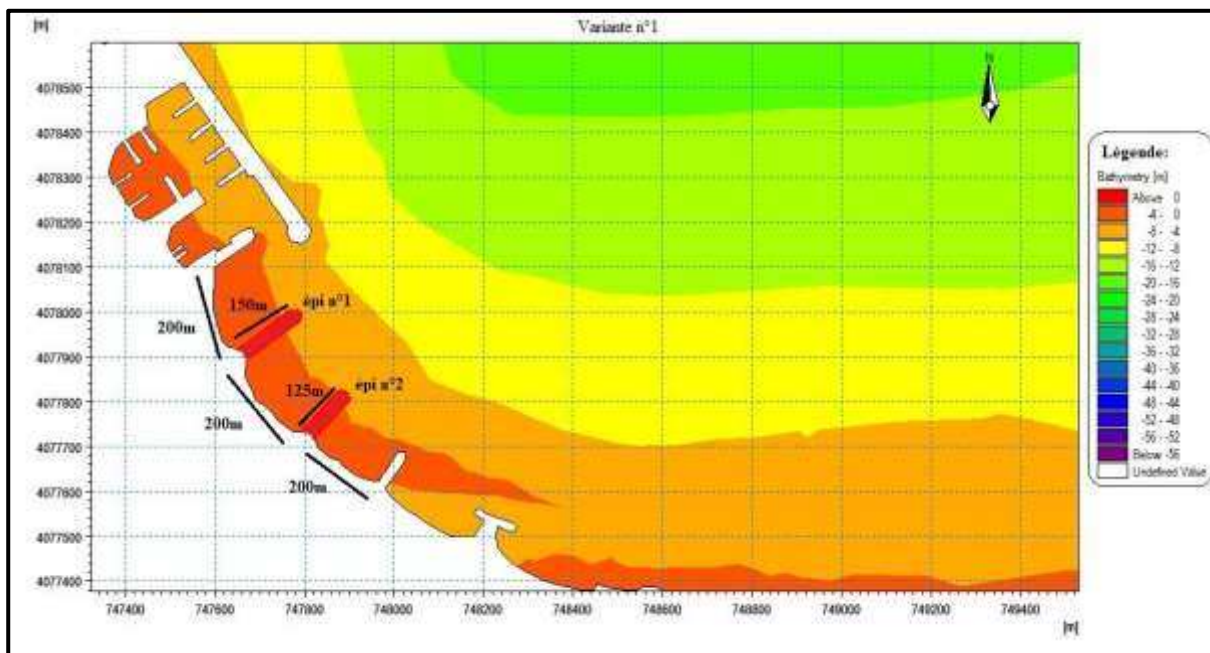


Figure n°66 : Illustration de la variante n°1

**Variante n°2 :**

La variante proposée consiste à rallonger la jetée principale du port d'une distance de 300m et d'implanter un épi de 217m sur le rivage de Kotama représentant la nouvelle jetée secondaire du port. (Figure n°67)

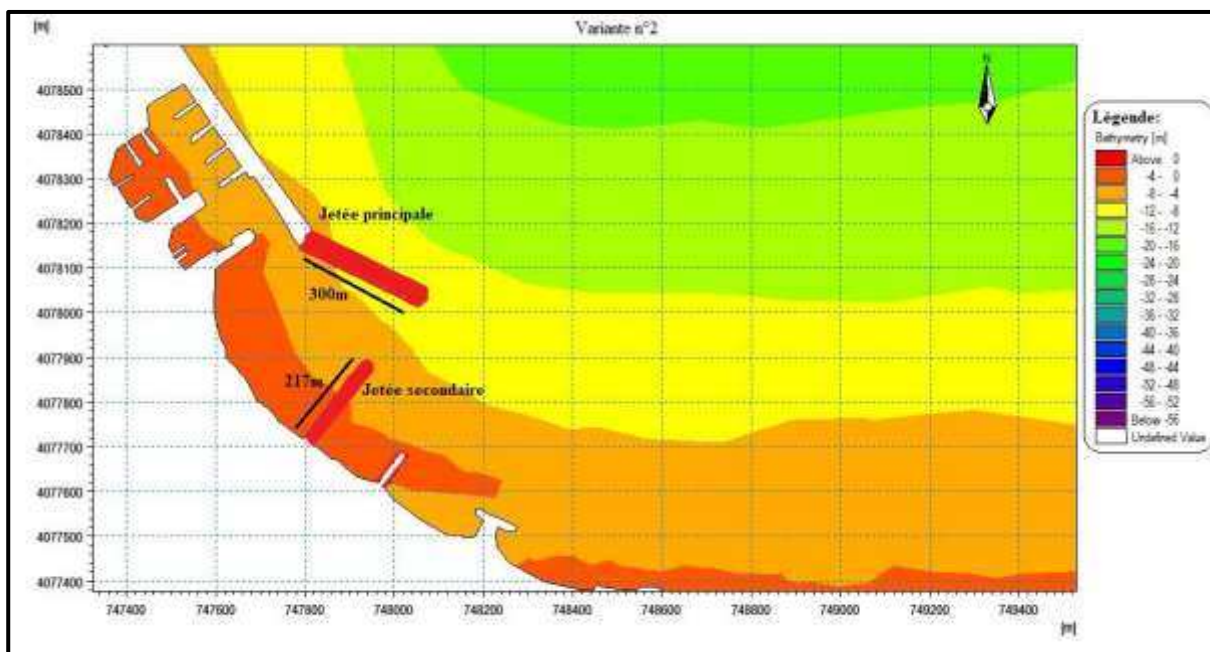
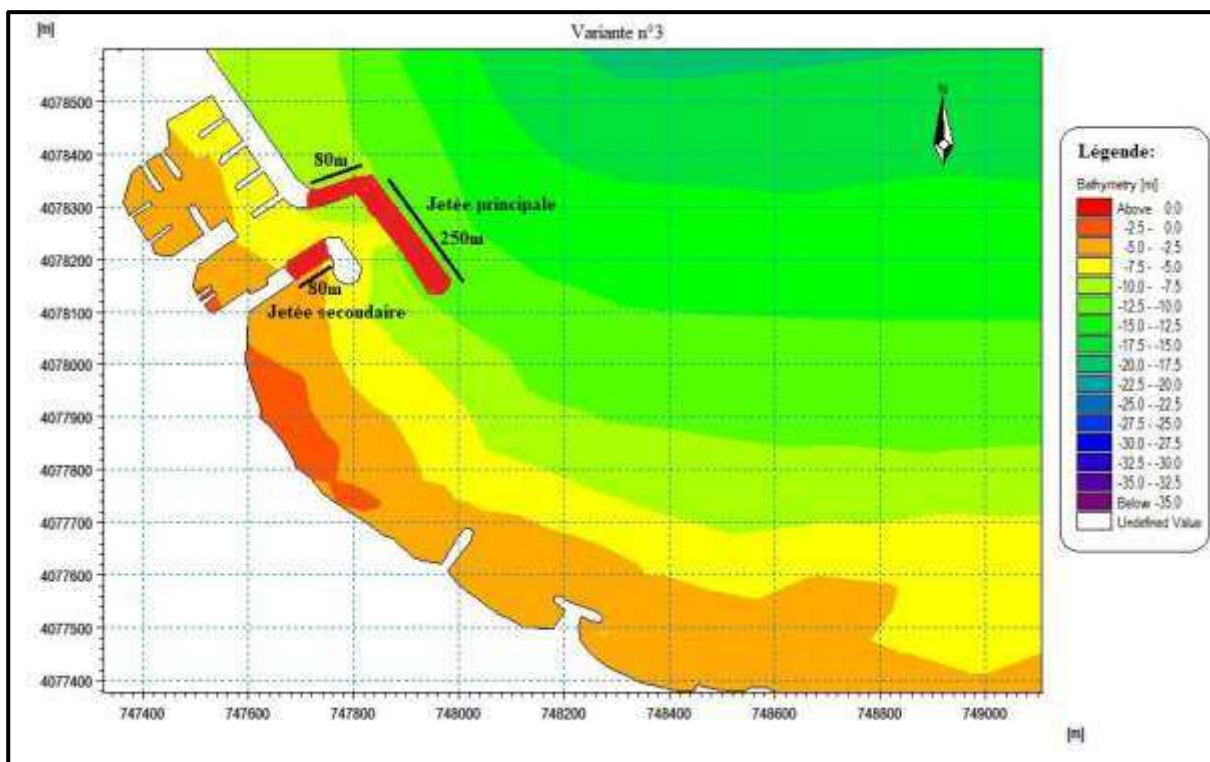


Figure n°67 : Illustration de la variante n°2

**Variante n°3 :**

Cette variante consiste à faire un réaménagement du port en modifiant quasiment l'emplacement de la passe d'entrée de telle sorte qu'elle soit déplacée vers de grandes profondeurs, et cela en : prolongeant la jetée secondaire d'une longueur de 80m jusqu'à l'atteinte de la partie musoir de l'ancienne jetée principale, démolir un tronçon de cette dernière et puis rallonger la nouvelle jetée principale d'une longueur de 330m. (**Figure n°68**)



**Figure n°68 :** Illustration de la variante n°3

Les coûts de protection préconisés sont récapitulés ci-après et sont estimés à : (**Tableau n°14**)

**Tableau n°14 :** Coût estimé pour chaque variante

		Coût (DA)	Total (DA)
<b>Variante n°1</b>	<b>Epi n°1</b>	24, 000,000	44, 000,000
	<b>Epi n°2</b>	20, 000,000	
<b>Variante n°2</b>	<b>Jetée principale</b>	48, 000,000	82, 720,000
	<b>Jetée secondaire</b>	34, 720,000	
<b>Variante n°3</b>	<b>Jetée principale</b>	52, 800,000	65, 600,000
	<b>Jetée secondaire</b>	12, 800,000	

### IV.3. Dimensionnements des variantes :

Pour dimensionner un ouvrage, nous utilisons un critère de stabilité hydraulique. Le but principal du dimensionnement d'un aménagement est d'éviter tout mouvement de blocs d'enrochements au sein de celui-ci. Des formules de stabilité sont développées pour chaque élément de l'ouvrage, et des nombres adimensionnels sont mis en avant en fonction de la méthode choisie (**Tableau n°15, 16 et 17**).

Pour le dimensionnement des ouvrages, on a utilisé les caractéristiques de la houle cinquantennale dans la simulation de la réfraction de la houle pour la variante n°1, et celles de la centennale pour les variantes n°2 et 3 (**Annexe n°9**).

#### Dimensionnement de la carapace :

La carapace est l'élément le plus sensible à l'attaque de la houle, les caractéristiques des blocs utilisés, notamment leur masse, sont donc très importantes. Nous choisissons d'utiliser l'approche d'Hudson pour calculer la masse de la carapace car son domaine de validité est adapté à notre étude, puisqu'en effet elle peut être utilisée en eau profonde comme peu profonde et pour une houle déferlante ou non.

$$M_{50\text{carapace}} = \frac{\rho_s (H_{1/10})^3}{K_d \Delta^3 \cot(\alpha)}$$

Avec :

- $M_{50\text{carapace}}$  : masse médiane d'un bloc d'enrochements de la carapace
- $\rho_s$  : masse volumique apparente de la roche ( $\text{kg/m}^3$ )
- $\Delta$  : la densité relative déjaugée (adimensionnelle)  $\Delta = (\rho_s - \rho_w) / \rho_w$
- $H_{1/10}$  : Valeur moyenne du dixième supérieur des hauteurs des vagues des données observées à 30 minutes d'intervalle ( $H_{1/10} = 1.27H_s$ ).
- $\alpha$  : angle du talus côté mer
- $K_d$  : coefficient de stabilité

D'autres caractéristiques importantes pour la construction de l'aménagement sont à déterminer à savoir l'épaisseur de la couche de la carapace selon la formule empirique suivante :

$$e_{\text{carapace}} = n \cdot k_t \cdot D_{n50\text{carapace}}$$

Avec :

- $n$  : nombre de couche de la carapace (ici, on prend  $n=2$  pour avoir une carapace en double couche plus stable)
- $k_t$  : coefficient d'épaisseur de couche prenant en compte la densité de pose de la couche
- $D_{n50\text{carapace}}$  : diamètre médian nominal de la carapace  $D_{n50\text{carapace}} = (M_{50} / \rho_s)^{1/3}$

**Dimensionnement de la sous-couche :**

Aucune formule n'est applicable pour le dimensionnement des sous-couches, seule la relation entre les éléments de la carapace et ceux de la sous-couche permet de déterminer la masse de la sous-couche.

$$M_{50\text{souscouche}} = 1/10 M_{50\text{carapace}}$$

Pour l'épaisseur de la sous-couche on utilise la formule suivante :

$$e_{\text{carapace}} = n \cdot k_t \cdot D_{n50\text{carapac}}$$

➤ **Variante n°1 :** Batterie d'épi

**Tableau n°15 :** Dimensionnement de la variante n°1

		M50 (tonne)		e (mètre)	
		Partie musoir	Partie courante	Partie musoir	Partie courante
Epi n°1	Carapace	11	1.15	8.18	1.03
	Sous-couche	1.1	0.12	0.82	0.10
Epi n°2	Carapace	11	1.15	8.18	1.03
	Sous-couche	1.1	0.12	0.82	0.10

➤ **Variante n°2 :** Extension du port

**Tableau n°16 :** Dimensionnement de la variante n°2

		M50 (tonne)		e (mètre)	
		Partie musoir	Partie courante	Partie musoir	Partie courante
Jetée principale	Carapace	21	7.59	15.62	6.81
	Sous-couche	2.1	0.75	1.56	0.68
Jetée secondaire	Carapace	5	1	3.72	0.9
	Sous-couche	0.5	0.1	0.37	0.09

### ➤ Variante n°3: Réaménagement du port

**Tableau n° 17:** Dimensionnement de la variante n°3

		M50 (tonne)		e (mètre)	
		Partie musoir	Partie courante	Partie musoir	Partie courante
Jetée principale	Carapace	30	13	22.31	11.67
	Sous-couche	3	1.3	2.23	1.17
Jetée secondaire	Carapace	0.34	0.46	0.25	0.41
	Sous-couche	0.034	0.046	0.025	0.041

#### IV.4. Modélisation des solutions d'aménagement :

La modélisation numérique hydrosédimentaire permet d'évaluer l'impact des ouvrages sur les paramètres physiques régnants (houle, trajectoire des courants et transport sédimentaire) de la zone d'étude. Pour une configuration d'aménagement donnée, il s'agit de calculer l'incidence des ouvrages sur :

- La circulation hydrodynamique et de vérifier que les modifications de la trajectoire des courants sont acceptables, notamment vis-à-vis de la navigation
- Le transport sédimentaire, par comparaison avec des conditions de référence, de manière à évaluer les dépôts sédimentaires susceptibles de se former à l'intérieur du port et à proximité.

Les solutions ont porté sur un déroulement de simulation sur modèle numérique des variantes dont les principaux résultats des flux sédimentaires sont présentés dans les figures ci-dessous et ceux de la réfraction de la houle et les courants sont portés en **annexe n°6 , 7 et 8.**

IV.4.1. Modélisation de la variante n°1 :

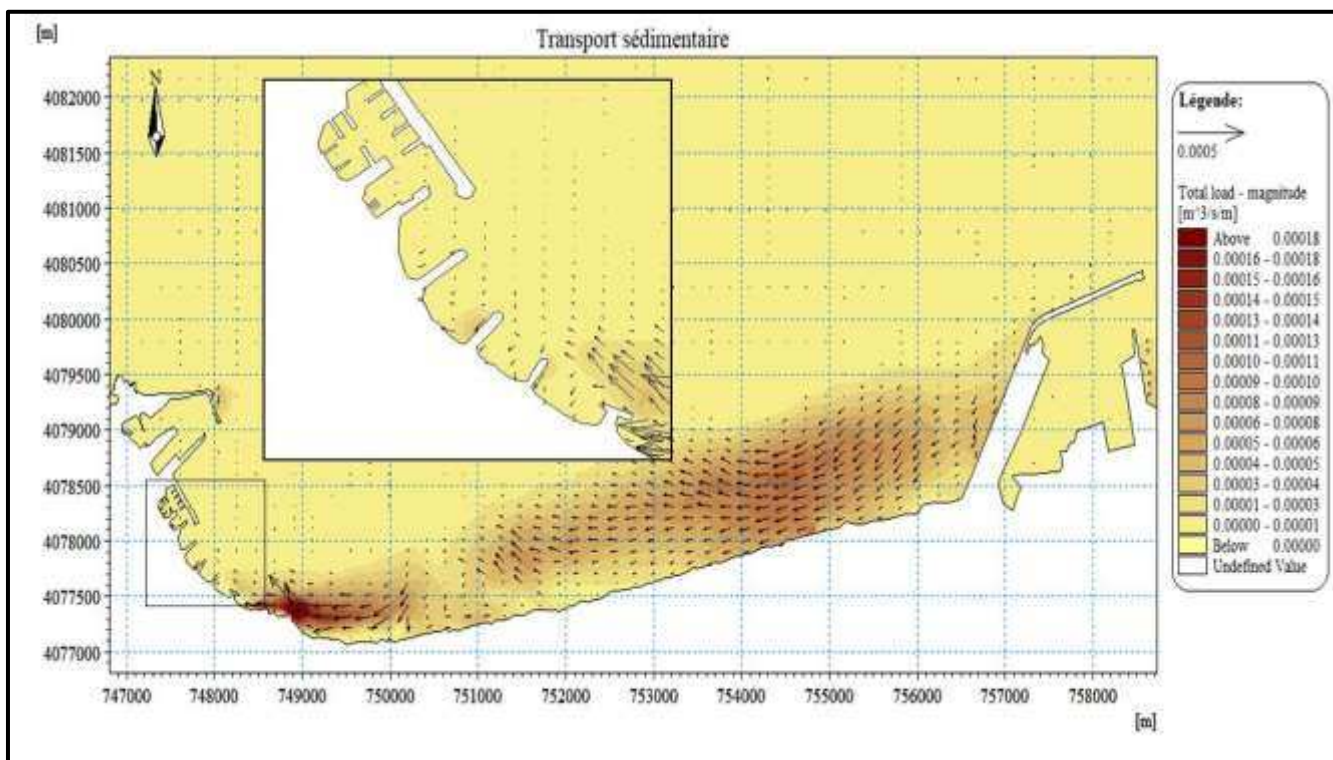


Figure n° 69: Carte de répartition du flux sédimentaire, MWD= 45° ; HS =2,56m ; T=8s  
(Variante n°1)

- Action des houles de direction Nord (360°N) :

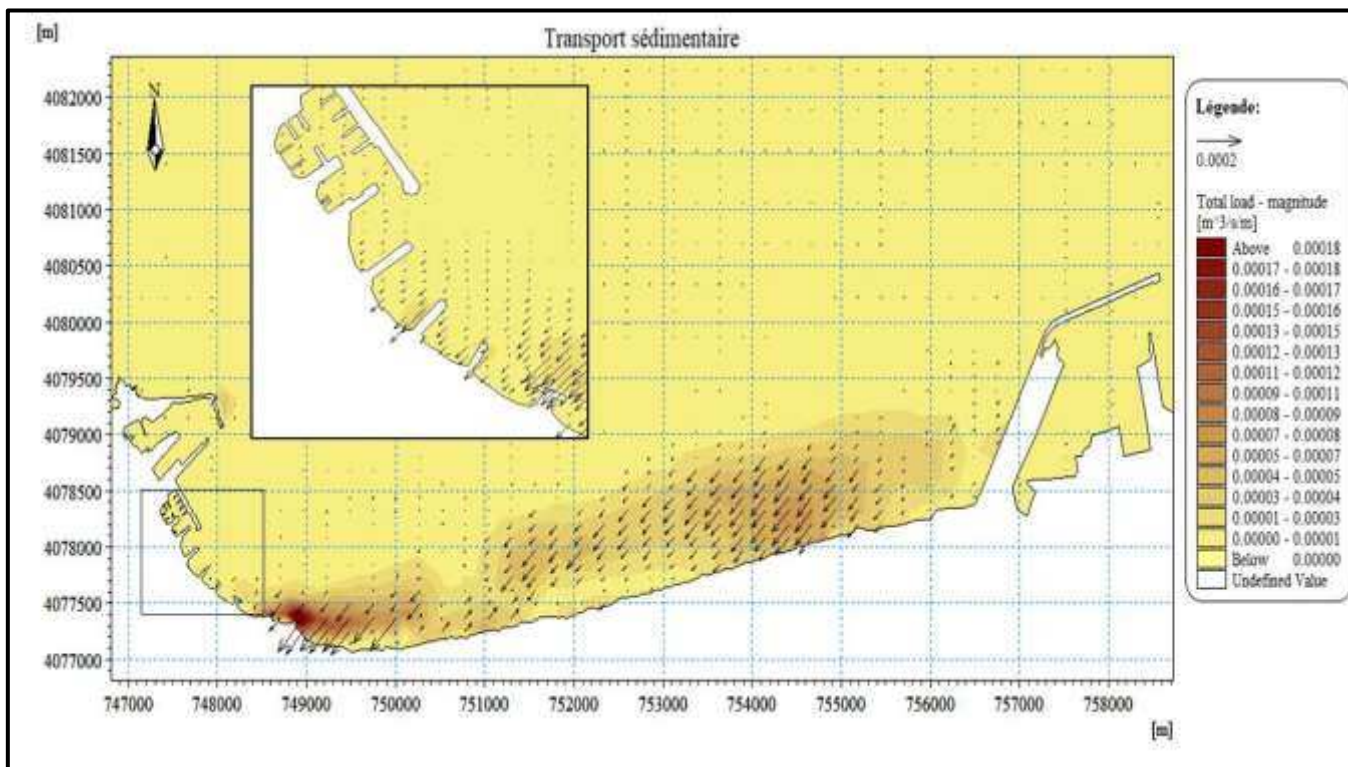
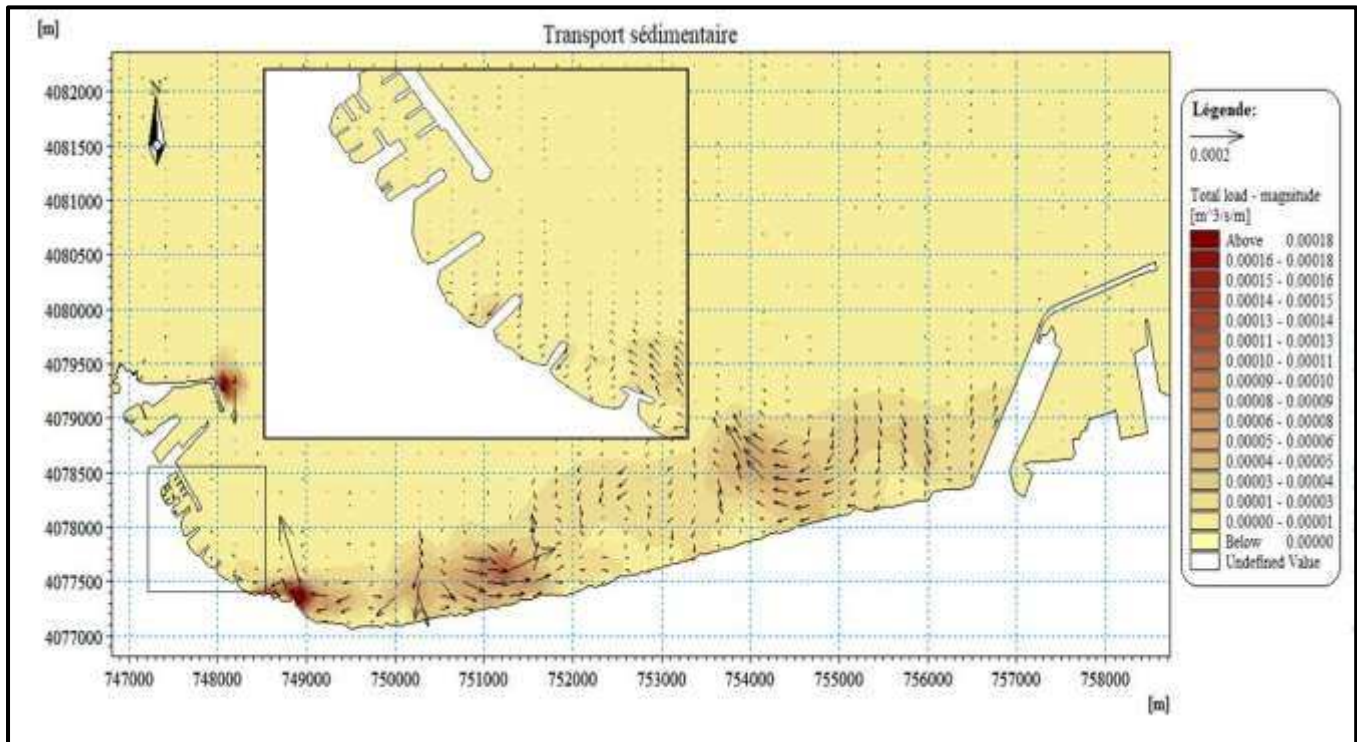


Figure n°70 : Carte de répartition du flux sédimentaire, MWD=360° ; HS =2,67m ; T=8s  
(Variante n°1)

- Action des houles de direction Nord-Ouest (315°N) :



**Figure n°71** : Carte de répartition du flux sédimentaire, MWD=315° ; HS =2.64m; T=8s (Variante n°1)

La simulation des houles du Nord-Est, Nord et Nord-Ouest, (**Annexe n°6**) montrent que l'implantation d'un système continu d'épis au niveau de la plage de Kotama a une influence sur la propagation de la houle, la vitesse et la direction des courants ainsi que la capacité du transport sédimentaire.

Ceci se traduit par l'atténuation de l'énergie des courants à l'approche des épis, elle diminue du premier jusqu'à ce qu'elle devienne presque nul au dernier et provoque ainsi le stock des sédiments à l'amont de chaque épi.

Concernant le transport sédimentaire, on remarque que le flux n'atteint pas la passe d'entrée du port, sa capacité se réduit avec la batterie d'épi, mais à long terme cette batterie d'épi sera saturée, donc les sédiments vont franchir ces ouvrages pour se retrouver au niveau de la passe d'entrée.

Une autre variante peut remplacer un de ces épis en ayant recours à des ouvrages légers tel que les géotubes qui répondent aux besoins de l'esthétique de la plage mais restent toujours défavorables car le problème de franchissement des sédiments persistera avec le temps. Un autre inconvénient de ces géotubes est leur exposition aux rayons UV en raison des faibles profondeurs de la zone.

IV.4.2. Modélisation de la variante n°2:

- Action des houles de direction Nord- Est (45°N) :

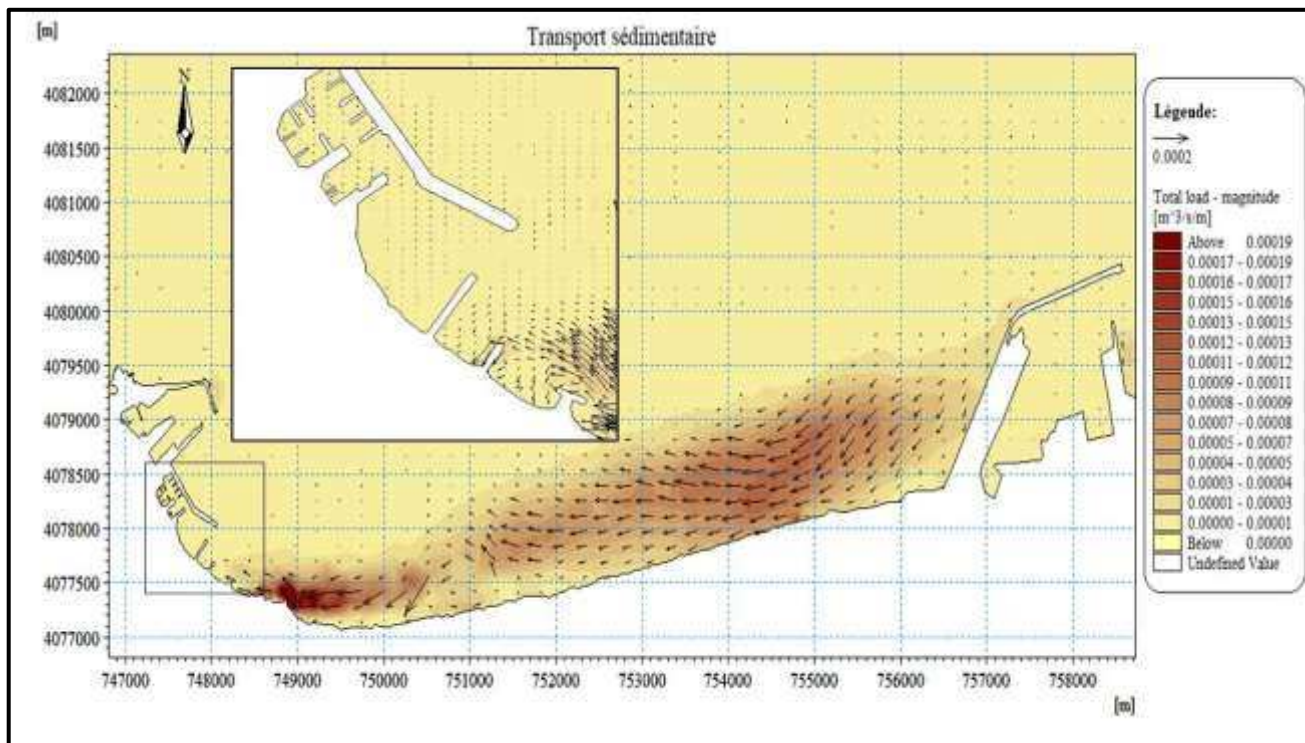


Figure n°72 : Carte de répartition du flux sédimentaire, MWD=45° ; HS =2,56m; T=8s (Variante n°2)

- Action des houles de direction Nord (360°N) :

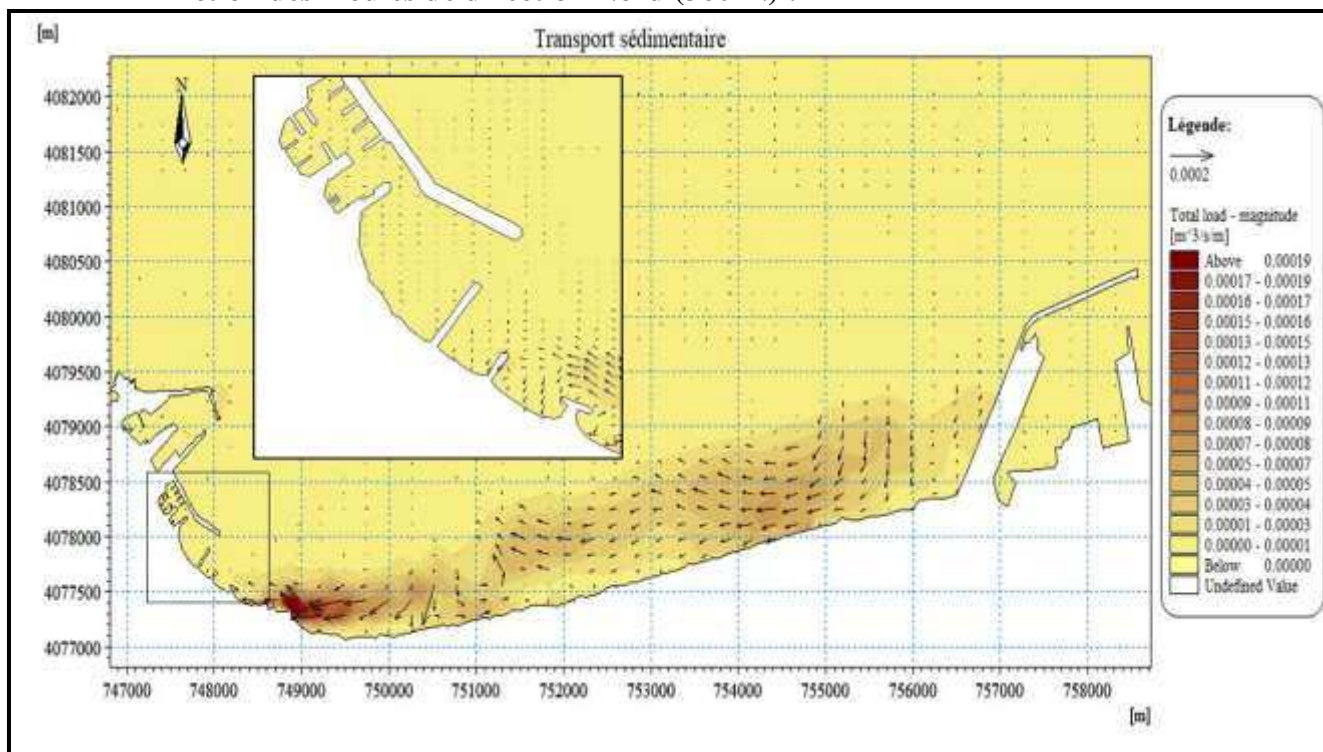


Figure n°73: Carte de répartition du flux sédimentaire, MWD=360° ; HS =2.67m; T=8s (Variante n°2)

• Action des houles de direction Nord-Ouest (315°N) :

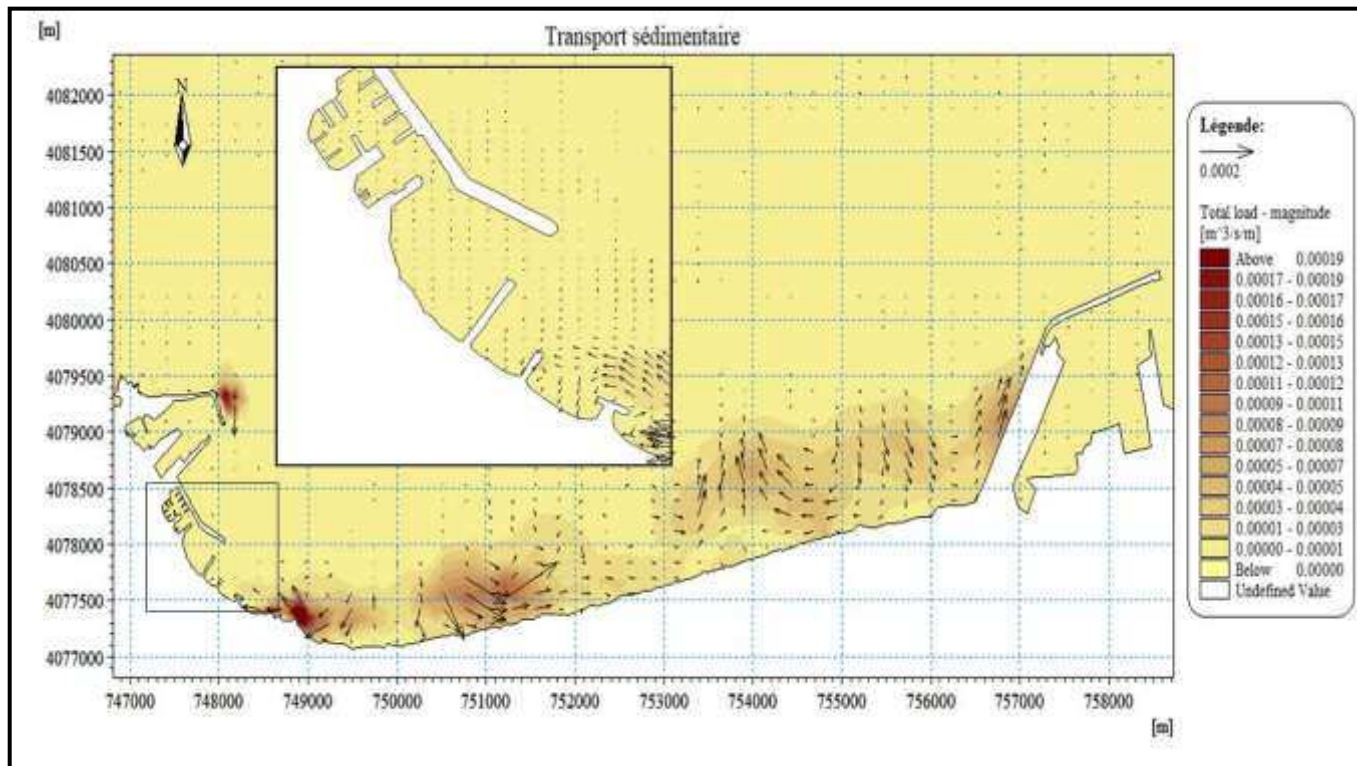


Figure n°74 : Carte de répartition du flux sédimentaire, MWD=315° ; HS =2.64m; T=8s (Variante n°2)

La houle provoque des courants capables d'assurer la mise en suspension et le transport des sédiments. Lorsque la houle arrive obliquement au rivage, le transport se fait parallèlement à la côte et lorsque celle-ci est frontale, le transit longitudinal est faible et la déperdition des sédiments s'effectue essentiellement par dispersion transversale vers le large.

Le volume de sédiments transportés dépend donc :

- De l'énergie de la houle ;
- De son angle d'attaque ;
- Des caractéristiques des matériaux.

Les résultats de la simulation pour les houles du Nord-Est, Nord et Nord-Ouest, (**Annexe n°7**) montrent que l'extension de la jetée principale et l'implantation de la deuxième jetée secondaire a un effet positif sur la propagation de la houle qui se traduit par l'apparition d'une zone calme et abrités aux abords immédiats du port.

En effet, les valeurs de la hauteur significative des houles observées à l'intérieur du port sont de l'ordre 0.2 m en moyenne pour les trois directions de houles, ces valeurs sont faibles par rapport aux résultats des simulations de l'état actuel qui sont aux alentours de 1 m.

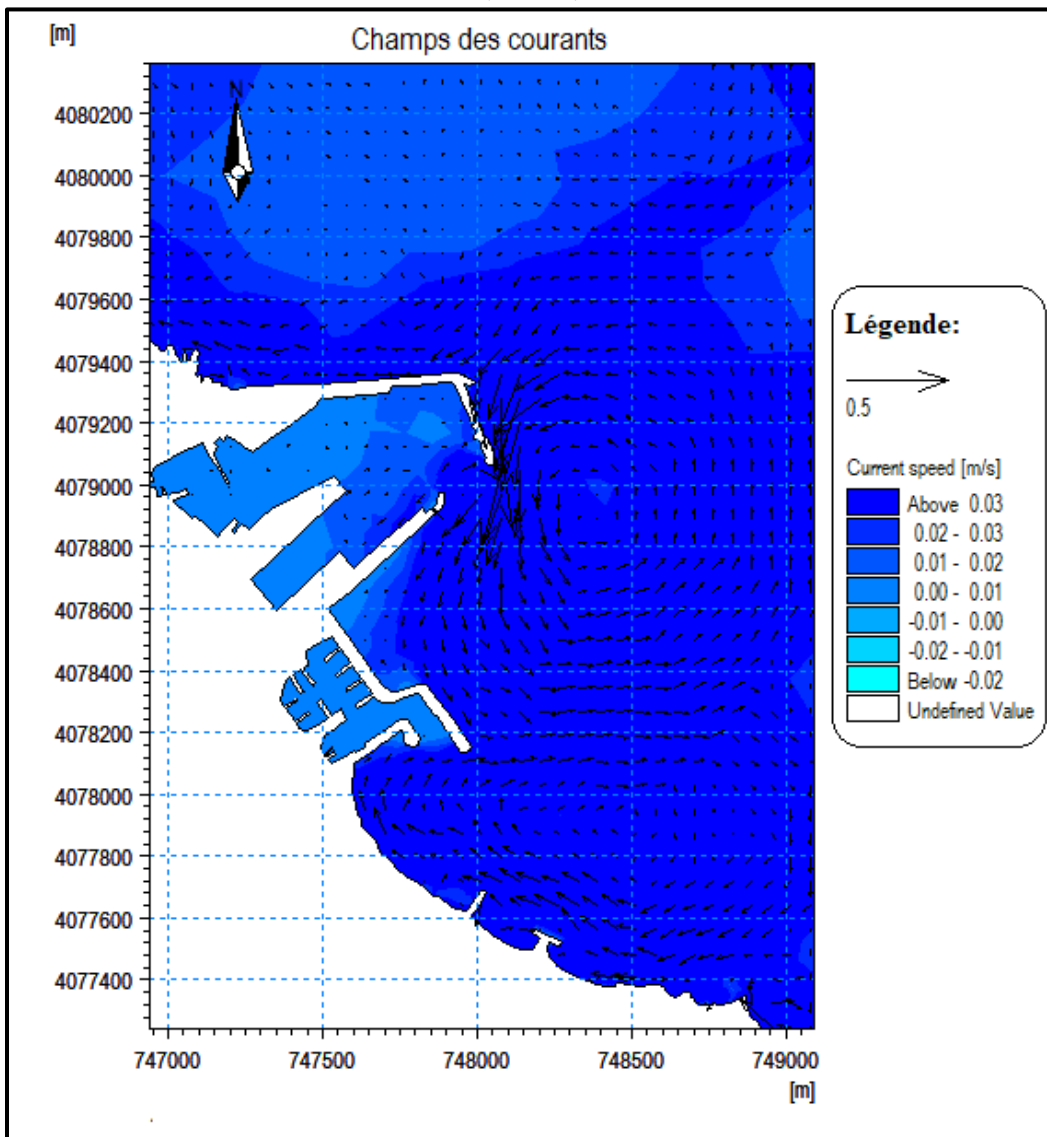
Concernant la circulation des courants, l'implantation de l'épi (nouvelle jetée secondaire) bloque les courants venant de l'Est du port, et les dévie vers le Nord et Nord-Ouest, donc une nette atténuation de la vitesse des courants à l'entrée de l'infrastructure est observée qui est en faveur du dépôt des sédiments dans cette zone.

Le flux du transport sédimentaire à l'entrée du port est quasiment nul, (**Figure n° 72, 73, 74**) ce qui s'explique par la création d'une zone calme qui favorise le dépôt des sédiments en raison des courants qui n'atteignent pas cette zone pour les distribuer.

Cependant, cette variante reste valable à court terme, car le transit sédimentaire mets du temps à atteindre la passe d'entrée donc réduit le nombre d'opérations de dragage dans le temps, mais à long terme le problème d'ensablement se posera toujours.

#### IV.4.3. Modélisation de la variante n°3 :

- Action des houles de direction Nord ( $360^{\circ}$ N) :



- Action des houles de direction Nord-Ouest (315°N) :

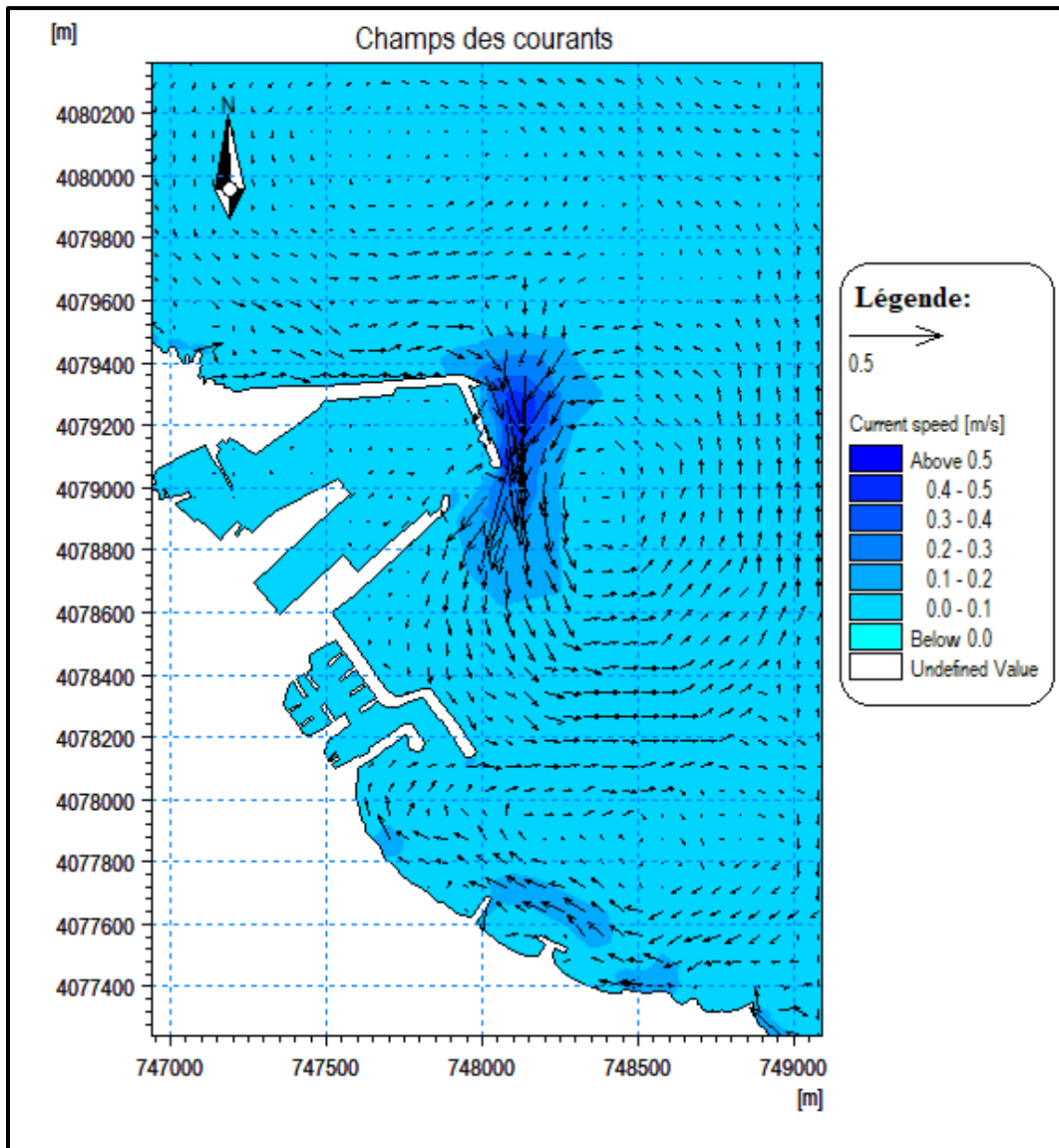


Figure n°76 : Champ des courants, MWD=315° ; HS =2.64m; T=8s (Variante n°3)

- Action des houles de direction Nord- Est (45°N) :

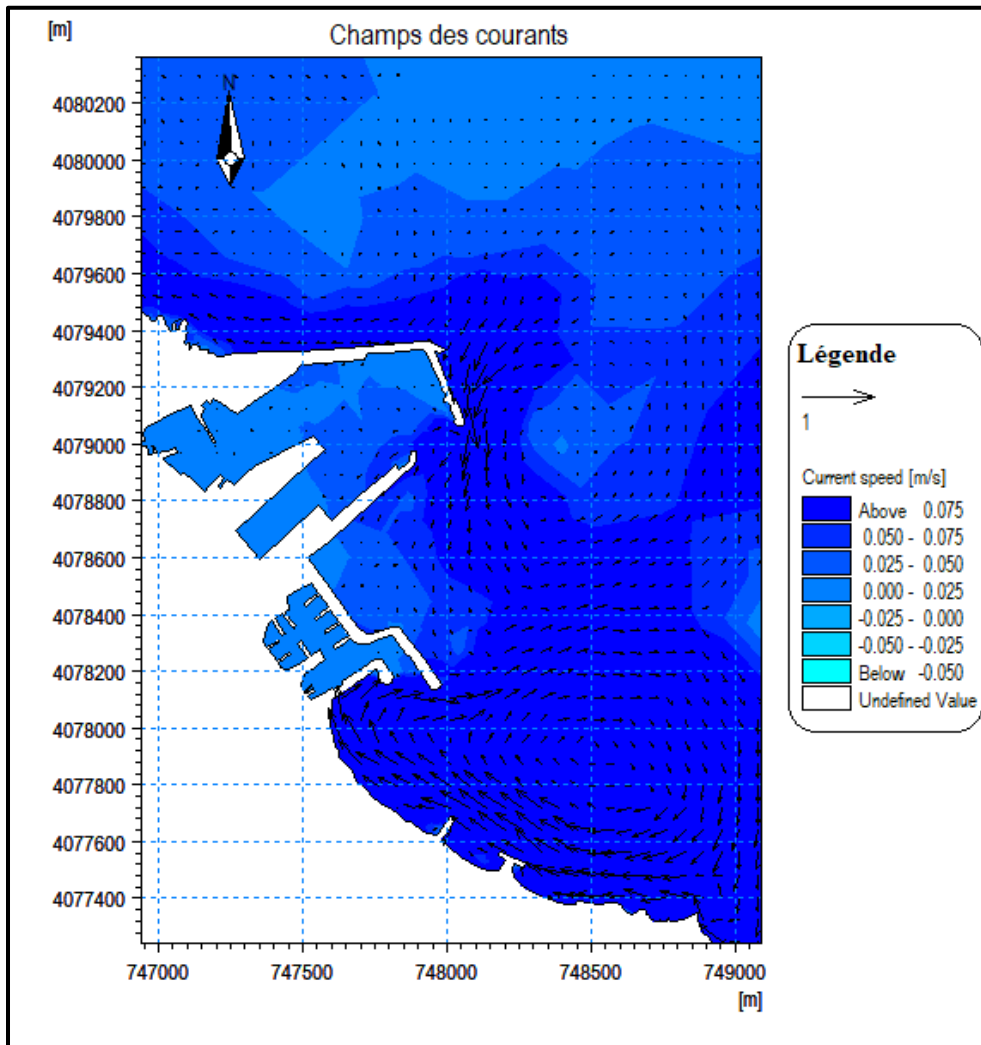
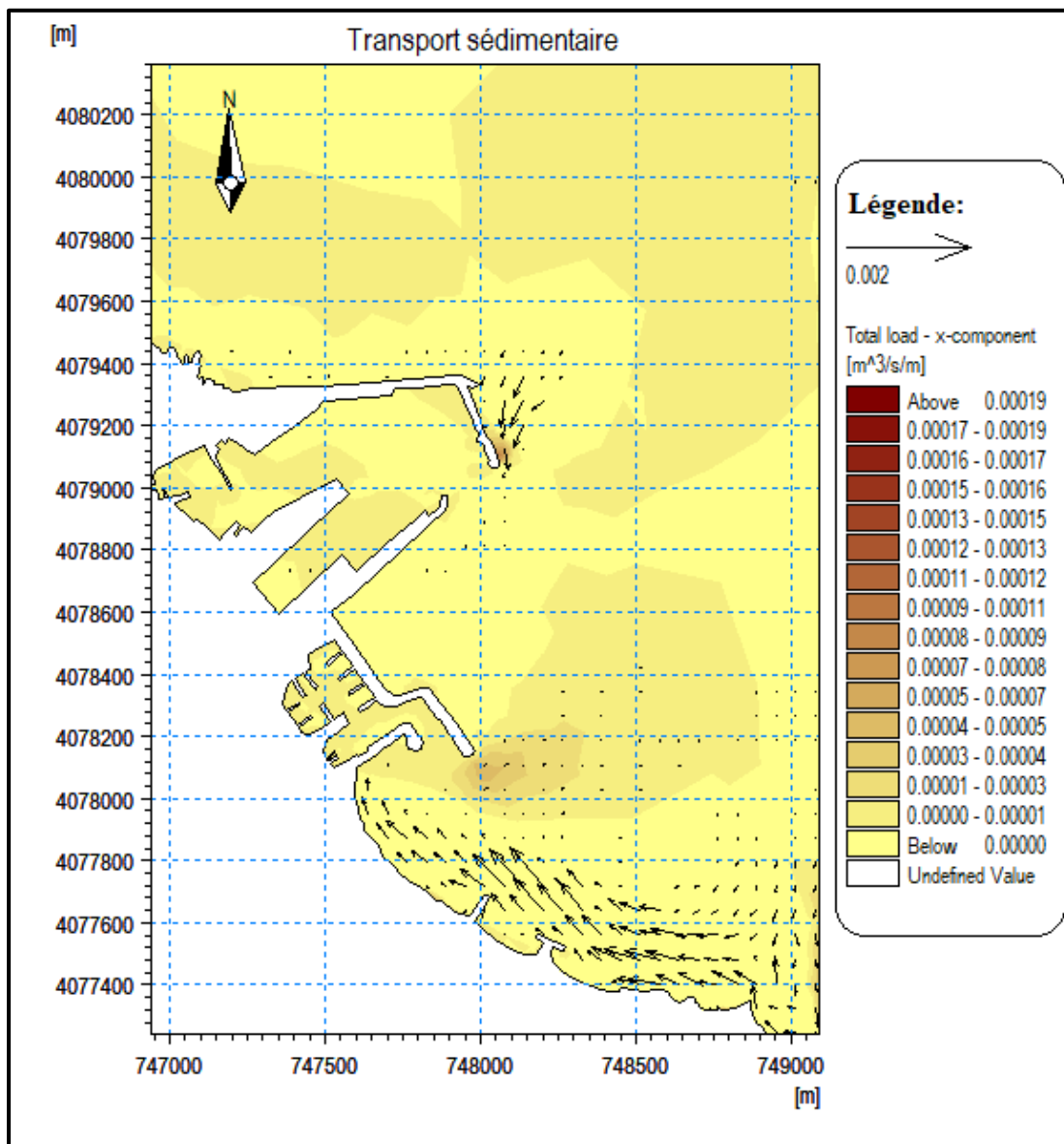


Figure n°77 : Champ des courants, MWD=45° ; HS =2,56m; T=8s (Variante n°3)



**Figure n°78** : Carte de répartition du flux sédimentaire, MWD=45° ; HS =2,56m; T=8s  
(Variante n°3)

La simulation des houles du Nord-Est, Nord et Nord-Ouest, (**Annexe n°8**) montrent une dynamique des courants au niveau de la jetée secondaire qui se prolonge jusqu'à la passe d'entrée pour former un mouvement circulaire dans le sens des aiguilles d'une montre ce qui permet la redistribution des sédiments au lieu de leur dépôt et ainsi réduire le phénomène d'ensablement du port (**Figure n°77 et 78**).

### **IV.5. Conclusion :**

Les variantes de protection élaborées dans le cadre de la présente étude assurent un traitement adapté au problème d'ensablement constaté au niveau du port de pêche de Boudis.

Après l'étude comparative de ces variantes, on recommande la variante n°3 qui consiste en un réaménagement du port, cette variante présente les meilleures conditions du transport sédimentaire car les courants mobilisent les sédiments aux environs de la passe d'accès du port ce qui permet bien entendu aux sédiments de ne pas rester immobiles en se dirigeant et se déposant loin de la passe d'entrée.

On considère cette dernière comme étant la variante optimale, du fait :

- Qu'elle est moins chère par rapport à la variante n°2 ;
- Qu'elle laisse libre le trait de côte de tout ouvrage de protection qui dénature le site, avec un impact sur l'environnement visuel (paysage) ;
- Atteint notre but recherché qui solutionne la problématique d'ensablement.

---

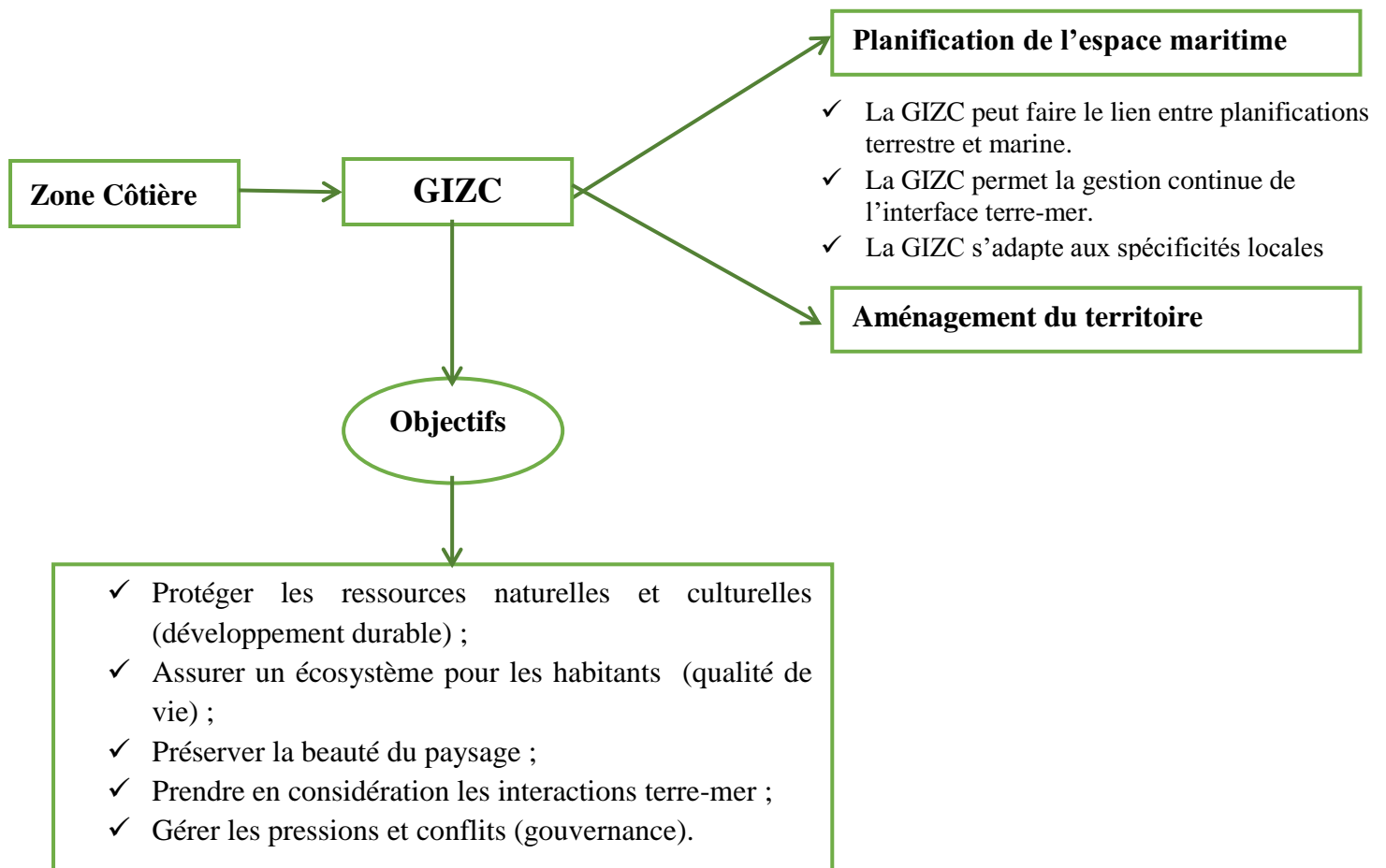
**Chapitre V :**  
**Gestion Intégrée des**  
**Zones Côtières (GIZC)**

---

## V.1. Introduction :

Le littoral est une bande à l'intérieur de laquelle les contacts terre-mer se déplacent. Les caractéristiques physiques de cet espace géographique changent sous l'influence combinée des eaux marines (niveau de la mer, houle, marées et courants), du climat global et des évolutions naturelles (structure géologique) et anthropiques. Cette réalité est complexe à appréhender, seule une approche systémique permet d'aborder la dynamique de ce milieu, le rôle des interactions et l'organisation de l'espace.

Comprendre le littoral, c'est donc comprendre à la fois ses caractéristiques morphologiques (relations entre formes et processus) et les facteurs qui entraînent les processus d'érosion dans l'espace et dans le temps. En effet, les rythmes d'évolution de cet espace doivent être abordés selon trois échelles de temps : la dynamique ordinaire, les phénomènes épisodiques et les variations climatiques. La gestion intégrée de la zone côtière s'impose aujourd'hui comme une solution responsable et durable.



La baie de Jijel connaît un développement économique et démographique sans précédent. Le taux élevé d'accroissement de la population a ainsi engendré une urbanisation accélérée, le plus souvent de manière anarchique qui a vu la fréquentation des côtes. L'installation d'infrastructures côtière (ports, ouvrages de défense ....), l'artificialisation accrue du linéaire côtier, le déversement d'eaux usées ne se font pas sans conséquences sur l'environnement. De ce fait, une gestion intégrée de la zone côtière (GIZC) est indispensable pour permettre à la fois la préservation de cet espace et la gestion durable de ces ressources.

## V.2. Plan de gestion :

L'évaluation de cette portion côtière nous permet d'identifier et de hiérarchiser les enjeux et les priorités, les activités ainsi que les acteurs afin de proposer une démarche intégrée pour l'élaboration d'un plan d'action logique qui englobe les différentes composantes du site dans un contexte du développement durable, pour cela on a suivi une série de critères (intégration, priorité, emprise spatiale, expertise, poids) pour élaborer les tableaux suivants :

**Tableau n°18 : Définition des activités majeurs, leurs enjeux et les acteurs clés**

Enjeux	Activités majeures	Acteurs clés
Lutte contre l'érosion	Tourisme et préservation du territoire	Direction de l'environnement
Lutte contre la pollution	Pêche et aquaculture	Directions de la pêche et des ressources halieutiques (DPRH)
Elimination des constructions illégales	Activités portuaires	Les collectivités territoriales compétentes
Promotion du tourisme durable	Agriculture	Direction du tourisme Commissariat National du littoral (CNL)
Protection et préservation du capital naturel et du patrimoine culturel	Barrage	Promoteurs aquacoles
Développement d'une pêche artisanale durable	Production d'électricité	Gardes côtes
Réduction de l'ensablement des ports		Clubs et associations
Maitrise de l'agriculture		
Lutte contre l'extraction illicite de sable des plages		
Application de la loi littorale		

Tableau n°19 : Analyse des pressions existantes sur la zone étudiée

Zones	Composantes	Nature de pressions	Indicateurs	Solutions alternatives
Première zone : Port de DjenDjen – Tassoust	Port international Djen-Djen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Activités portuaires polluantes : entretien, navigation</li> <li>- Déversement des eaux de cales et des huiles de vidange en mer</li> <li>- Effet sur la dérive et le transport sédimentaire</li> <li>- Modification de la géomorphologie et de la bathymétrie de la zone</li> <li>- Travaux de dragage qui perturbe le milieu (panache de vases, turbidité)</li> <li>- Rejets de macro-déchets polluants les bassins d'accostage.</li> <li>- Forte agitation à l'intérieur du port.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Métaux lourds <math>\mu\text{g/g}</math> des espèces</li> <li>- Quantité de déchet solide, tonnes/an</li> <li>- Qtté de sédiments dragués, <math>\text{m}^3</math></li> <li>- Calcul du rapport <math>H_{\text{port}}/H_0</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Renforcer les ouvrages de défense</li> <li>- Mise en place des stations de déballastage</li> <li>- Collecte des déchets solide</li> <li>- Dragages en dehors de la saison hivernale, traitement des produits de dragages</li> </ul>
	Centrale électrique	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rejets d'eau chaude qui déséquilibre le milieu marin <math>+7^\circ\text{C}</math> salinité <math>&gt;20\%</math></li> <li>- Rejets d'effluents</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Température, <math>^\circ\text{C}</math> et salinité, <math>\%</math> des eaux rejetées</li> <li>- Teneur en pesticide des eaux souterraines</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mettre en place un bassin d'aération pour le refroidissement de l'eau</li> <li>- En cas d'absence de chlore, utiliser la zone pour l'aquaculture des espèces thermophiles</li> </ul>
	Terres agricoles	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pollution marine induite par les pesticides lors du lessivage des terres agricoles</li> <li>- construction illicite qui menace les espaces agricoles.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Espace vert urbain, <math>\text{m}^2</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Réglementer les pesticides utilisés</li> <li>- Recours aux fertilisants naturels</li> </ul>
	Littoralisation	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Urbanisation non réglementée</li> <li>- Construction illicite sur la zone non aedificandi.</li> <li>- Présence d'une fourrière à proximité de la mer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nombre total des constructions sur la côte</li> <li>- Taux d'urbanisation, nombre d'habitants/km</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Démolition des constructions dégradées</li> <li>- La maîtrise de l'occupation du sol en mettant en conformité les instruments d'urbanisme et de gestion avec les dispositions de la loi littoral 02-02.</li> </ul>
	Retenues d'eau	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rétenion des sédiments (Barrage El Gagir et El Aghrem)</li> <li>- Erosion de la côte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Quantité de sédiments retenus, <math>\text{m}^3/\text{an}</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'idéal est d'éviter l'emplacement des barrages près de la zone côtière</li> <li>- Draguer les sédiments piégés et les utiliser pour le rechargement des plages</li> </ul>
	Oueds (DjenDjen et Mencha)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Changement des débits solides et liquides</li> <li>- Prélèvement excessif et illicite du sable des oueds.</li> <li>- Perturbation de l'écosystème au voisinage des embouchures</li> <li>- Rejets d'eaux usées</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Indicateurs de pollution : Métaux lourds, <math>\mu\text{g/g}</math> Bactéries, B/100ml</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mise en place des stations d'épuration</li> <li>- Surveiller les pilleurs de sable</li> </ul>
	Plage Terre Rouge	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Extraction du sable</li> <li>- Recul du trait de côte de la partie Est de la plage</li> <li>- Qualité des eaux de baignade et forte pollution au niveau de la plage</li> <li>- Restreint à l'arrière par des constructions</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recul du trait de côte <math>\text{m}/\text{an}</math></li> <li>- Normes d'hygiène</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Amélioration de la qualité de l'eau par le traitement des rejets</li> <li>- Surveillance du bâti illégal près des plages</li> </ul>

Zones	Composantes	Nature de pressions	Indicateurs	Solutions alternatives
Deuxième zone : Tassoust – Port Naval Jijel	Plage Kotama	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fréquentation intensive des visiteurs pendant la période estivale</li> <li>- Dynamique de la ligne de rivage à cause de l'implantation des ouvrages de protection</li> <li>- Qualité des eaux de baignade</li> <li>- Restreint à l'arrière des constructions</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nombre de touristes / linéaire côtier</li> <li>- Linéaire interdit à la baignade, m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maitrise de l'urbanisation et de l'artificialisation</li> <li>- Conservation et préservation du potentiel touristique</li> </ul>
	Ouvrages de protection (épi et brise-lames)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fragmentation de la côte en zones d'engraissement et en zones de recul</li> <li>- Perturbation du milieu marin lors des travaux de réalisation</li> <li>- Esthétique défavorable du à la forme et l'épaisseur des structures sur la plage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Quantité de sédiments piégée, m<sup>3</sup>/an</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Intégration des ouvrages dans le paysage</li> <li>- Recours aux ouvrages de protection douce</li> <li>- Préservation des sites naturels et leur mise en valeur par des aménagements intégrés</li> <li>- Etude d'impact avant la réalisation des ouvrages</li> </ul>
	Littoralisation	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Propagation des décharges non contrôlées</li> <li>- Urbanisation non contrôlée</li> <li>- Construction illégale sur la zone de servitude des 300m.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nombre total des constructions sur la côte</li> <li>- Taux d'urbanisation, nombre d'habitants/km</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Promulgation des règlements de protection, surveillance et contrôle</li> </ul>
	Rejet	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ecoulement des eaux fluviales durant la période des pluies</li> <li>- Insuffisance des stations d'épuration pour les eaux usées domestiques et industrielles.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Indicateurs de pollution : Métaux lourds, µg /g</li> <li>Sel nutritif, µml/l</li> <li>Bactéries, B/100ml</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Installation d'une station d'épuration</li> <li>- La dépollution industrielle</li> <li>- Collecte des déchets solides</li> </ul>
	Dune	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Occupation (construction des bâtis, route .....)</li> <li>- sur-fréquentation sur tout durant la saison estival (piétinement)</li> <li>- Passage répéter des véhicule</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Cartographie de la surface dunaire</li> <li>- Rapport élévation /surface</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fixation des dunes (végétation, brise vent)</li> <li>- Interdire la construction sur les dunes</li> <li>- Prohiber l'exploitation du sable des dunes</li> <li>- interdire les accès des véhicules par la mise en place des parkings éloignés</li> </ul>
	Port de pêche Boudis	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Envasement du port (environs de 8000 m<sup>3</sup> dragués chaque deux ans)</li> <li>- Travaux de dragage qui perturbe le milieu (panache de vases, turbidité)</li> <li>- Passe d'entrée mal placée (située à des faibles profondeurs)</li> <li>- Pollution par les macro-déchets (filets de pêche et bouteilles en plastiques)</li> <li>- Pression sur certaines espèces de poissons (sardines et allaches)</li> <li>- Pêche artisanale non contrôlée</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Quantité de déchet solide, tonnes/an</li> <li>- Quantité de sédiments dragués, m<sup>3</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Redimensionnement de la passe nécessaire à la réduction du volume sédimentaire entrant</li> <li>- Meilleur exploitation des ressources halieutiques</li> <li>- Interdiction de toute forme de pêche et chasse sous-marine et toute autre activité perturbant le milieu</li> </ul>



**Photo n°1 :** Port naval et Boudis



**Photo n°2 :** Port Djen-Djen



**Photo n°3 :** Pollution du port Boudis



**Photo n°4 :** Plage Kotama



**Photo n°5 :** Pollution de la plage Tassoust



**Photo n°6 :** Blocs rainurés contre le pillage du sable



**Photo n°7 :** Embouchure de l'Oeud Djen-Djen



**Photo n°8 :** Barrage El Aghr

Pour mieux appréhender et gérer l'impact des pressions naturelles et anthropiques, on a représenté l'état actuel des milieux côtiers dans la zone (**Figure n°79**). Il est donc essentiel de connaître cet état vers lequel la côte tend à devenir (scénario tendenciel), pour adapter nos aménagements à un équilibre naturel, soit qu'on veuille le mettre à profit, soit, au contraire, qu'on veuille créer consciemment et raisonnablement un autre équilibre (scénario alternatif). Cette mince bande côtière est actuellement saturée par différentes pressions citées précédemment dans le **tableau n°19**.

- **Scénario tendenciel :**

Il ne faut pas omettre de rappeler que si la situation reste telle qu'elle, les déchéances vont s'intensifier et auront un impact irréversible sur les plages et les paysages côtiers, la qualité des eaux de baignade, le rendement des ports, les ressources halieutiques, l'activité de pêche et du tourisme. (**Figure n°80**)

- **Scénario alternatif :**

Des efforts doivent être orientés vers l'arrière-pays, axés sur la conquête de nouveaux espaces, ce qui permettra d'introduire le progrès et le développement afin de mettre fin définitivement à l'anthropisation déjà catastrophique, surtout quand elle se fait au détriment de nos meilleurs sites côtiers ce qui constitue une aberration impardonnable, aussi bien d'un point de vue écologique qu'économique. (**Figure n°81**)

Pour une meilleure gestion de cette côte qui est l'objet de la convoitise d'acteurs économiques et sociaux aux intérêts divergents, on doit dans l'avenir, attirer l'attention des gouvernements, mais que le mieux, à travers la publicité faite par la communication et encore de sensibiliser tous ceux qui fréquentent ces milieux fragiles et attirants.

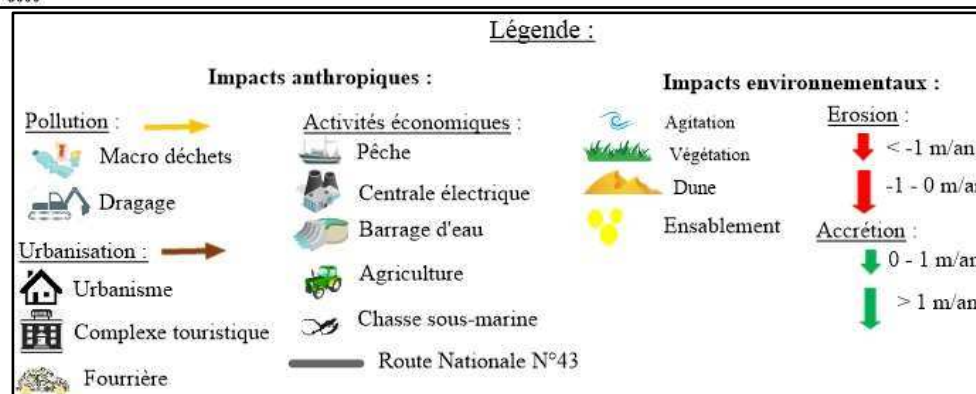
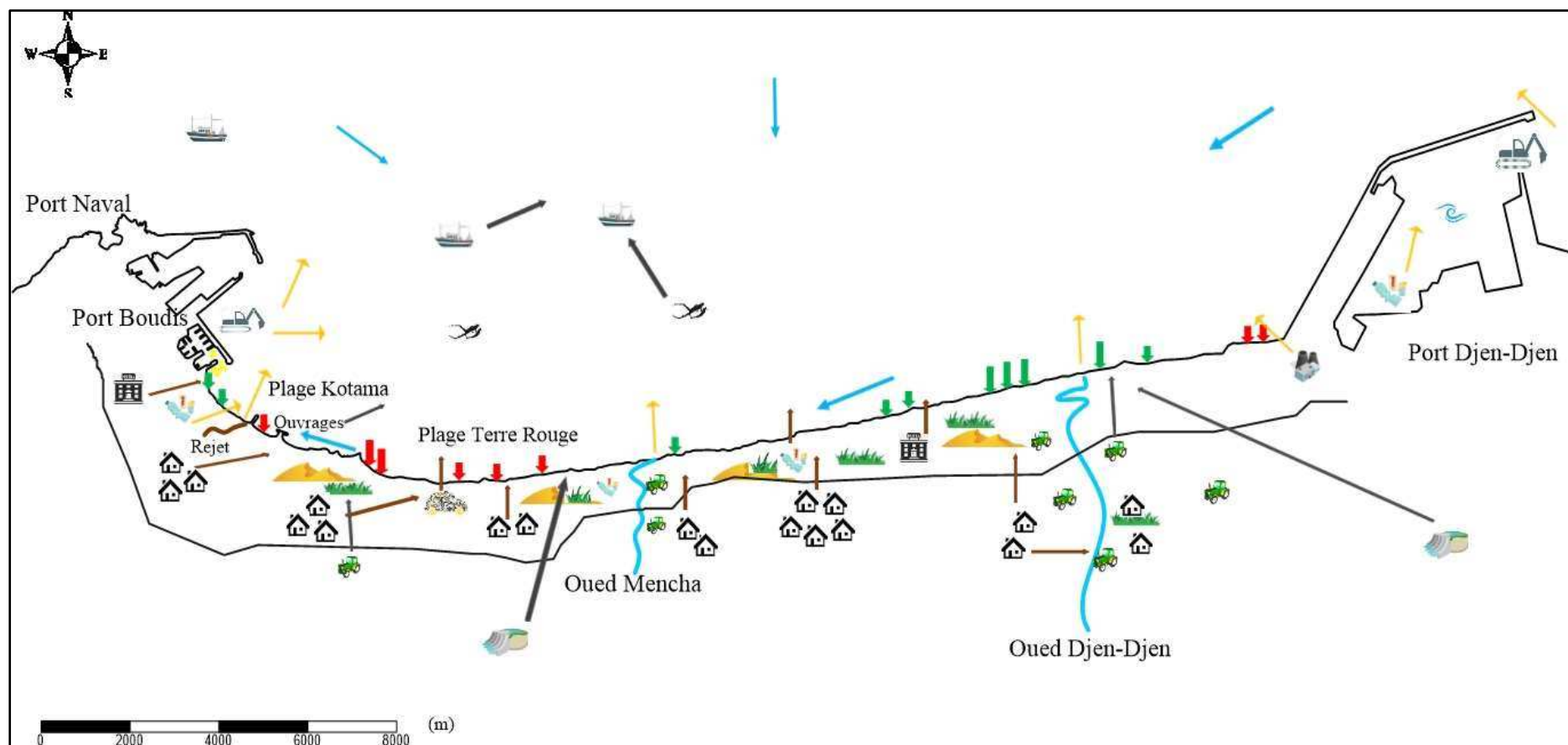


Figure 79 : Impacts des différentes pressions au niveau de la zone étudiée (Etat actuel )

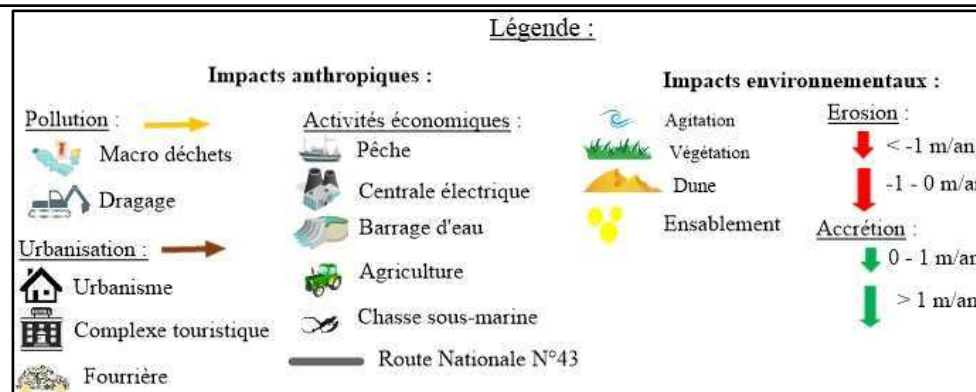
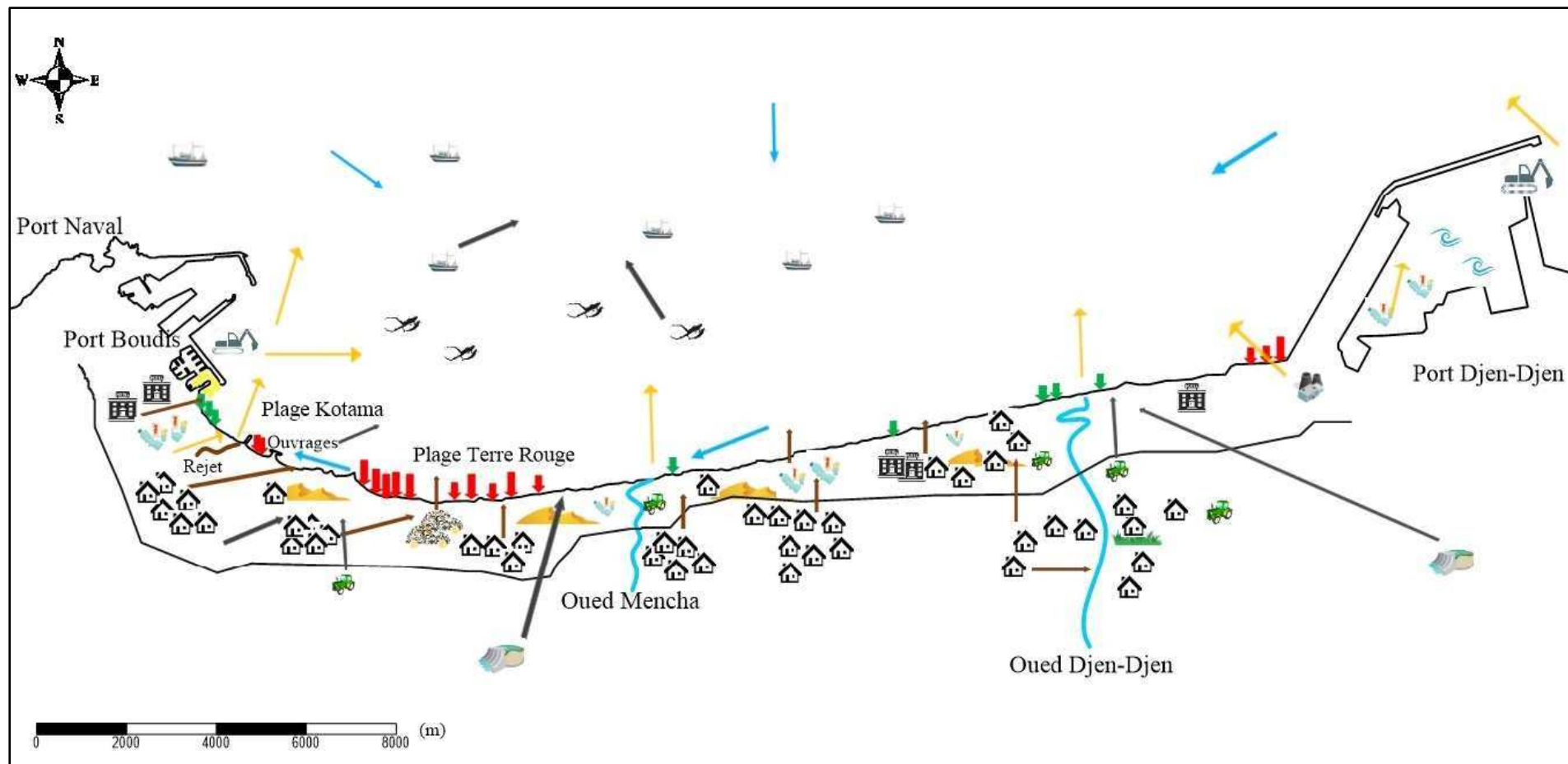


Figure 80 : Impacts des différentes pressions au niveau de la zone étudiée (Scénario tendanciel)

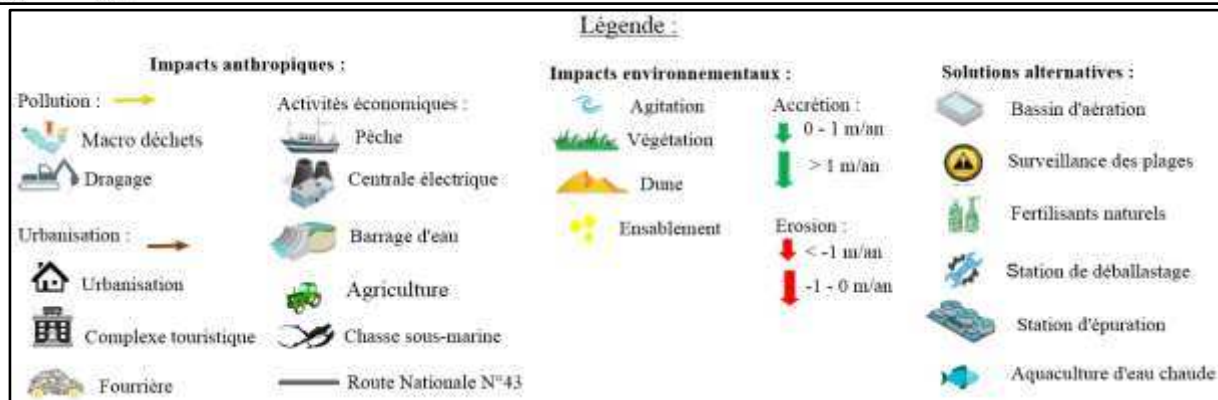
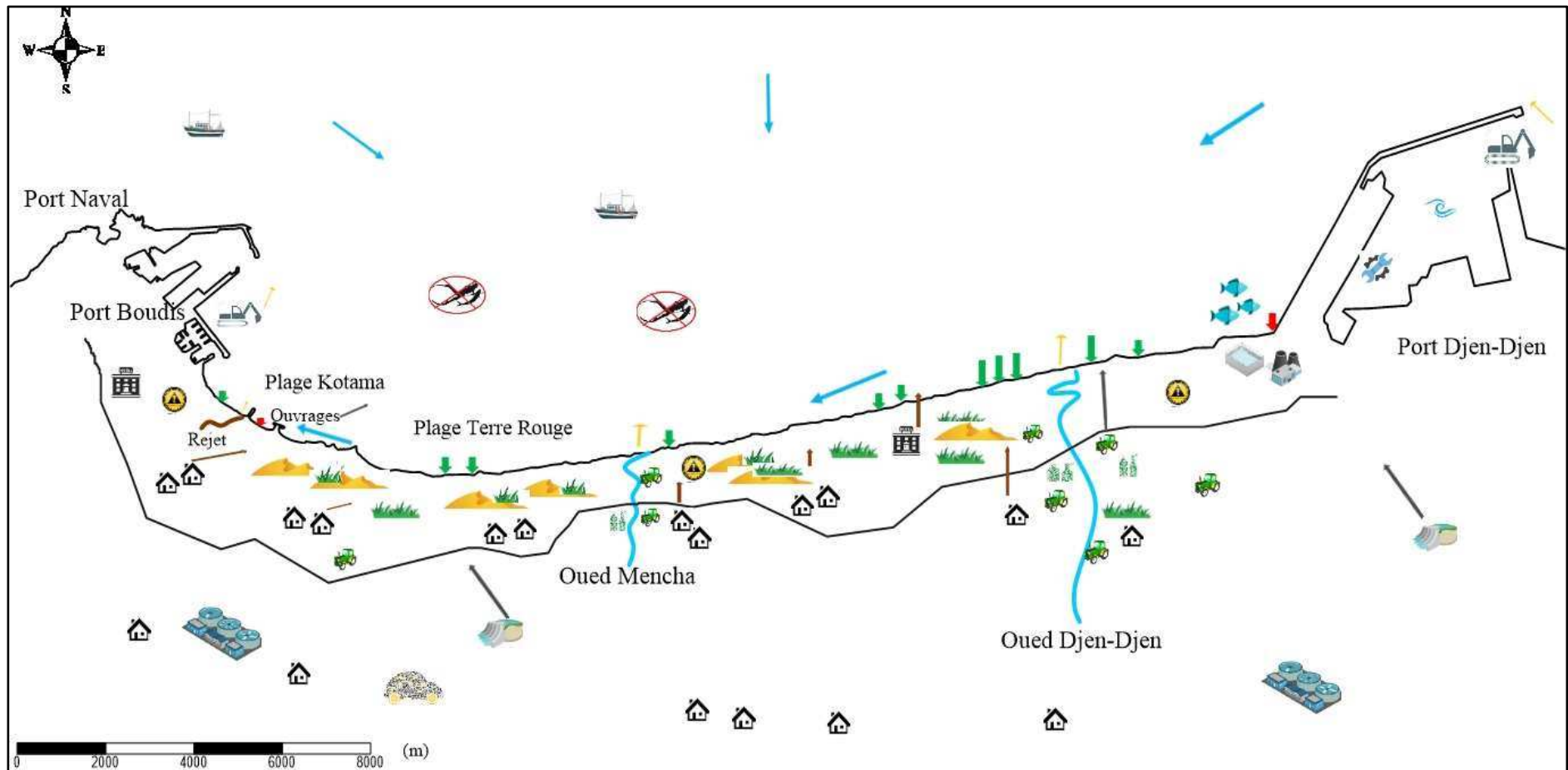


Figure n°81: Impacts des différentes pressions au niveau de la zone étudiée (Scénario alternatif)

### **V.3. Conclusion :**

La gestion de la zone côtière, l'atteinte d'un développement durable, assurer la préservation de toutes les ressources marines et côtière de la zone, sont des tâches essentiellement inséparables qui nécessite une approche participative.

Aujourd'hui, on s'aperçoit que ce développement n'est possible que s'il tient pleinement tenu compte des considérations écologiques, environnementales et socio-économiques pour cela il est nécessaire de passer par des formes de gouvernance plus démocratiques, participatives et transparentes.

La GIZC est donc perçue comme un processus, aucune limite de temps n'est donnée, seulement le besoin de réaliser des actions concrètes et partagées au niveau des acteurs, sur une période de temps indéfini et dans le cadre de l'objectif global de la durabilité.

*« Le littoral n'est pas la fin de la terre, mais le début de la mer », Le Visage*

---

# Conclusion Générale

---

L'objectif principal de cette étude est de réduire l'ensablement que connaît le port de pêche de Boudis depuis sa construction.

Afin de comprendre et diagnostiquer ce problème et contribuer à trouver des solutions, nous avons développé une méthodologie dans laquelle on a effectué plusieurs études à l'aide des logiciels de cartographie (ArcGis et Surfer) et de modélisation numérique (Mike21).

La première partie nous a permis d'avoir une bonne reconnaissance de la morphologie sous-marine qui révèle un fond régulier sans accidents topographiques majeurs près de la côte, et la présence d'un haut fond en allant vers le large.

La deuxième partie porte sur la définition des caractéristiques granulométriques des sédiments qui démontrent que les sédiments présents dans le site d'étude sont des sables moyens à fins dont le diamètre moyen varie entre 120 et 380 microns.

Ensuite, on a entamé une méthodologie portant sur une analyse des tendances d'évolution diachronique du littoral entre 1988 et 2017, les résultats de cette étude montrent d'une façon synthétique que dans notre zone d'étude l'érosion a pris l'avantage sur l'accumulation ce qui définit un bilan sédimentaire négatif représentant 5% de surface perdue.

La quatrième partie nous a également permis d'exploiter les caractéristiques de la houle au large avec une modélisation de la réfraction de la houle, des champs des courants, et la capacité de transport sédimentaire.

Cette modélisation nous a permis de déduire que :

Le climat de houle le plus prépondérant et qui agit sur notre côte et site d'étude est en faveur d'une énergie orientée de l'Est vers l'Ouest, avec une dominance des houles N45 pendant la saison estivale et N315 pendant la saison hivernale. Ces houles créent des courants qui agissent sur des fonds sableux en majorité et qui les dispersent selon l'intensité et le grain en place.

Cette destination finale des sédiments chargés se heurte à la jetée secondaire du port, sa position fait que cette dernière travaille comme un épi interceptant les sédiments qui y transitent.

Par conséquent, cet état fait que le port sert de réceptacle de ces sédiments.

La partie suivante, a consisté en la mise en place d'un plan d'aménagement à travers le dimensionnement de trois variantes afin de proposer la solution la plus efficace dans l'espace et dans le temps.

La modélisation numérique de ces trois solutions a permis de faire une étude comparative et de ressortir avec une variante optimale qui est le réaménagement du port, car cette dernière répond à la résolution du problème d'ensablement du port de Boudis.

La dernière étape a porté sur une élaboration d'une stratégie d'adaptation qui est la Gestion Intégrée des Zones Côtières (GIZC) dans laquelle on a proposé un plan d'action pour affecter efficacement les ressources côtières et minimiser la dégradation de l'environnement qui sont importantes dans notre zone d'étude.

Ce travail nous a permis d'approfondir nos connaissances en termes de techniques de modélisation, d'analyse de situations et de résolution de problématiques.

---

# **Bibliographie**

---

## **Références bibliographiques :**

**Abelaoui, J, Ozer, A. (2007).** Etude diachronique et historique de l'évolution du trait de côte de la baie de Tanger (Maroc). Revue Télédétection. Volume, 7-164 p.

**Alami, S. (2011).** Tutoriel d'utilisation de Surfer 11. Centre IRD Martinique [consulter le 21/3/2018]. Disponible sur le web <https://www.google.dz/search?q=tutoriel+de+surfer+11&oq=tutoriel+de+surf&aqs=chrome.1.69i57j0l5.19621j1j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8>

**Aouar, S, Serghma, A. (2000).** Etude des caractères sédimentologiques et géotechniques des sédiments superficiels de la baie de Jijel. Mémoire d'ingénieur. Aménagement du littoral. DelyBrahim : ENSSMAL, 73 p.

**Benzohra, M. (1993).** Les structures hydrodynamiques le long des côtes algériennes. Workshop sur la circulation des eaux et pollution des côtes méditerranéennes du Maghreb, Inoc, 33-44 p.

**Bonnefille, R. (1992).** Cours d'hydraulique maritime. Paris : Ed. Masson ,161-208 p.

**Boudjedjou, L. (2010).** Etude de la flore adventice des cultures de la région de Jijel. Mémoire de magistère. Département de Biologie. Setif : Université Ferhat Abbas.

**Boutiba, M. (2006).** Géomorphologie dynamique et mouvements des sédiments le long de la cote sableuse Jijelienne (Est Algérie). Thèse de doctorat. Géomorphologie. Bab Ezouar : USTHB, 3 p.

**Chapon, J. (1975).** Travaux maritimes. Tome 1. Edition Eyroles, 365 p.

**Daghdadj, A, Salem Cherif, Y. (2015).** Aménagement et protection du ravage de Jijel. Mémoire d'ingénieur. Aménagement du littoral. DelyBrahim : ENSSMAL, 22 p.

**Données météorologiques** (en ligne) [consulter le 15/3/2018]. Disponible sur le web. [www.rp5.ru](http://www.rp5.ru).

**Ghodbani, T. (2017).** Impacts des aménagements portuaires sur l'environnement côtier. Le cas des deux ports Bouzedjer et Béni-Saf : (Algérie), 26 p.

**Grimes, S. (2002).** Le tourisme environnemental et l'aménagement urbain du littoral, cas de la ville de Jijel. Mémoire de magister. Sciences de la terre. Mentouri : Constantine ,153 p.

**Ibrahima, F, al. (2011).** Cartographie normalisée de l'évolution du trait de côte : In **SAID HADDAD, S. (2017).** Impact des ouvrages portuaires sur l'évolution d'un littoral soumis à une forte dynamique sédimentaire Cas de Cap Djinet. Mémoire d'ingénieur. Aménagement du littoral . DelyBrahim : ENSSMAL, 81 p.

**Larid, M. (1992).** Cours d'aménagement du littoral (Alger) : I.S.M.A.L, 159 p.

**Le quotidien d'Oran du 21 août 2003.**

**Leclaire, L. (1972).** La sédimentation halocène sur le versant méridional du bassin Algéro-Baléares (pré-continent Algérien). Mémoire du muséum national d'histoire naturelle. (Paris Sr c), 64-65 p.

**LEM, (2006).** Etude d'impact sur l'environnement de la réalisation d'un port de pêche et de plaisance à El-Aouna (Wilaya de Jijel). Document non publié : LEM.

**Millot, C. (1987).** Circulation in the Western Méditerranean Sea. Océanologica. Acta, 10-143 -149 p Nlle série, 25-119-124-289 p.

**ONUE, (1963).** Étude écologique de la zone méditerranéenne : carte bioclimatique de la zone méditerranéenne: Rapport d'activité. Document non publié. Paris : UNESCO.

**Than, V. (2015).** Modélisation d'érosion côtière : application à la partie ouest du tombolo de Giens. Thèse de doctorat. Ingénierie côtière. Marseille : Aix Marseille, 427 p.

Tutorial MIKE 21. (2008) Etude de l'impact des surcotes. DHI Softwar: In **SAID HADDAD, S. (2017).** Impact des ouvrages portuaires sur l'évolution d'un littoral soumis à une forte dynamique sédimentaire Cas de Cap Djinet. Mémoire d'ingénieur. Aménagement du littoral. DelyBrahim : ENSSMAL, 151 p.

---

# Annexes

---

Annexe n°1 : Répartition mensuelle des pluies dans la région de Jijel en mm (1994-2012)

	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
<b>1994</b>	71,9	116,5	7,5	337,1	148,6	33,2	119,3	60,3	3,6	13	0	17,2	928,2
<b>1995</b>	56,8	99,1	62,3	89,9	138,1	293,9	113,1	119	48,9	45,9	7	9,6	1083,6
<b>1996</b>	36,5	138,5	117,1	169	53,1	13,1	16	73,7	8,7	26,3	0	5	657
<b>1997</b>	134,5	69,3	162,7	102	46,5	120,1	92,1	107,7	100,1	1,2	0	28,6	964,8
<b>1998</b>	89,3	75	355,9	187,8	136,2	71,1	61,2	45,6	4,1	3,6	2,9	3	1035,7
<b>1999</b>	28,6	19	279,8	213,3	87,5	29,5	17,6	24,6	56,7	8,7	1,6	0,2	767,1
<b>2000</b>	9,9	106,3	97	107,3	240,4	79,4	13,1	63,3	53,1	0	0	2,9	772,7
<b>2001</b>	20,4	0,3	125,2	113	71,2	59,7	34,7	47,1	11,2	0,3	5,8	23,4	512,3
<b>2002</b>	25,3	46,4	260,4	353,5	349,2	118,6	37,2	114,3	40	0,6	1,5	0,3	1347,3
<b>2003</b>	61,2	69	88,1	234,2	130,5	63	79,5	123,5	84	32,5	1	10	976,5
<b>2004</b>	58	55	322	155	270	199,5	70	111,5	4	0	0,5	8	1253,5
<b>2005</b>	33	13,5	206	160,5	176,5	172	55	26,5	28	1,5	0	45	917,5
<b>2006</b>	31	74	25,5	344,2	5,5	95	263	80,1	14	38,5	4	1	975,8
<b>2007</b>	96,5	156,5	200,9	237,5	41,2	20,1	185,5	28	153	3,5	0	0	1122,7
<b>2008</b>	52	27,5	201,5	205,6	217,1	90,7	82,6	177,4	12,1	0	0	10,8	1077,3
<b>2009</b>	208,4	79,8	191,9	146,6	166,6	64,5	107,8	46,4	75,2	51,5	0,4	1	1140,1
<b>2010</b>	208,4	79,8	191,9	146,6	166,6	64,5	107,8	46,4	75,2	51,5	0,4	1	1140,1
<b>2011</b>	14,5	95,3	161,8	137,9	82,8	488,2	86,1	192,3	7,7	0	0	150,1	1416,7
<b>2012</b>	102,3	106,7	119,5	105,5	211,2	275,5	99	39,5	144	3,5	0	33	1239,7

**Annexe n° 2 : Tableau des fréquences des vents de la région de Jijel**

<b>Directions</b>	<b>Est</b>	<b>Nord-Est</b>	<b>Nord</b>	<b>Nord-Ouest</b>	<b>Ouest</b>
<b>Fréquences d'apparition des vents au large de vitesses supérieures à 17m/s</b>	0.1	0.1	0.1	0.8	1.1
<b>Fréquences d'apparitions totales des vents au large</b>	16.7	10.9	9.0	16.4	31.0
<b>Directions</b>	<b>Est</b>	<b>Nord-Est</b>	<b>Nord</b>	<b>Nord-Ouest</b>	<b>Ouest</b>
<b>Fréquences d'apparition des vents au large de vitesses supérieures à 17m/s</b>	0.1	0.1	0.1	0.8	1.1
<b>Fréquences d'apparitions totales des vents au large</b>	16.7	10.9	9.0	16.4	31.0
<b>Directions</b>	<b>Est</b>	<b>Nord-Est</b>	<b>Nord</b>	<b>Nord-Ouest</b>	<b>Ouest</b>
<b>Fréquences d'apparition des vents au large de vitesses supérieures à 17m/s</b>	0.1	0.1	0.1	0.8	1.1
<b>Fréquences d'apparitions totales des vents au large</b>	16.7	10.9	9.0	16.4	31.0

**Annexe n°3** : Tableau des valeurs de la teneur en CaCO<sub>3</sub>.

Echantillon n°	CaCO <sub>3</sub> (%)
47	15
48	65
49	75
39	25
40	25
46	25
38	20
37	20
36	30
41	75
35	70
44	50
42	25
45	75
43	60

**Annexe n°4** : Tableau des différents indices granulométriques.

Echantillon n°	D50 (µm)	S0	SKI
47	130	0,35	-0,16
39	130	0,34	-0,52
40	130	0,36	-0,31
46	250	1,11	-0,07
38	130	0,35	-0,25
37	130	0,33	-0,24
36	170	0,62	0,11
44	210	0,98	-0,11
42	210	0,63	0,43
43	390	1	-0,02

**Annexe n° 5** : Supports statistiques des indicateurs EPR, NSM et LRR

Figure n°1 : Les valeurs de l'EPR 1988-2017

Trasec	EPR	Trasec	EPR	Trasec	EPR	Trasec	EPR	Trasec	EPR	Trasec	EPR	Trasec	EPR	Trasec	EPR	Trasec	EPR	Trasec	EPR	Trasec	EPR
1	<NuI	31	-0,96	78	1,06	108	1,81	138	0,56	168	0,21	198	-1,71	228	-0,54	258	-1,15	288	-2,16	319	-1,78
2	-3,9	32	-1,07	79	1,78	109	2,13	139	0,13	169	0,47	199	-1,54	229	-0,55	259	-1,19	289	-2,28	320	-1,68
3	-1,8	33	-0,71	80	2,47	110	2,06	140	0,29	170	0,4	200	-1,42	230	-0,76	260	-1,61	290	-2,06	321	-1,82
4	-1,6	34	0,05	81	2,54	111	2,11	141	0,84	171	0,23	201	-1,36	231	-0,49	261	-1,48	291	-2,46	322	-2,03
5	-1,7	35	0,37	82	2,61	112	2,08	142	1,4	172	0,01	202	-1,11	232	-0,82	262	-1,39	292	-1,46	323	-2,01
6	-1,7	36	0,48	83	2,69	113	2,02	143	1,7	173	-0,51	203	-0,77	233	-0,88	263	-1,1	293	-0,28	324	-2,02
7	-1,6	37	0,65	84	2,69	114	1,75	144	1,75	174	-0,78	204	-0,71	234	-0,87	264	-0,84	294	-0,2	326	-0,9
8	-1,7	38	0,75	85	2,72	115	1,66	145	1,6	175	-0,74	205	-0,64	235	-1,21	265	-0,87	295	-0,46	327	-1,25
9	-1,5	39	0,93	86	2,74	116	1,74	146	1,44	176	-0,06	206	-0,4	236	-0,93	266	-1,05	296	-0,45	328	-1,05
10	-1,1	40	0,91	87	2,67	117	2,29	147	0,92	177	0,19	207	-0,21	237	-1,07	267	-1,15	297	-0,72	329	-0,55
11	-1,1	41	0,75	88	2,62	118	2,23	148	0,11	178	0,84	208	-0,5	238	-1,09	268	-1,49	298	-0,52	330	-1,3
12	-0,9	42	0,8	89	2,41	119	2,1	149	-0,72	179	1,77	209	-0,66	239	-1,24	269	-1,51	299	-0,67	331	-1,37
13	-0,5	43	0,76	90	2,33	120	1,72	150	-0,96	180	1,12	210	-0,33	240	-1,48	270	-1,71	300	-0,85	332	-1,26
14	0,6	44	0,79	91	2,16	121	1,69	151	-0,86	181	2,16	211	-0,37	241	-1,53	271	-1,62	301	-0,54	333	-1,34
15	0,5	45	0,64	92	2,09	122	1,62	152	-0,24	182	0,74	212	-0,24	242	-1,62	272	-1,64	302	-0,5	334	-1,35
16	0,1	46	0,51	93	1,95	123	1,35	153	0,2	183	0,22	213	-0,29	243	-1,4	273	-1,65	303	-0,45	335	-1,31
17	0,1	47	0,46	94	2	124	1,2	154	0,52	184	0,19	214	-0,88	244	-1,22	274	-1,7	304	-0,42	336	-1,34
18	-0,2	48	0,57	95	2,27	125	1,18	155	0,71	185	0,02	215	-0,91	245	-1,51	275	-1,34	305	-0,44	337	-1,06
19	0,1	49	0,82	96	2,83	126	0,84	156	0,49	186	-0,02	216	-1,31	246	-1,4	276	-1,47	306	-1,07	338	-0,87
20	-0,2	50	1,08	97	3,16	127	0,44	157	0,42	187	0	217	-1,57	247	-1,26	277	-1,25	307	-1,28	339	-0,7
21	-1,4	51	1,54	98	3,23	128	0,1	158	0,16	188	0,04	218	-1,67	248	-1,18	278	-1,22	308	-1,46	340	-0,57
22	-1,7	52	1,67	99	3,17	129	0,42	159	-0,18	189	0,29	219	-2,14	249	-1,09	279	-1,25	309	-1,55	341	-0,36
23	-1,8	53	1,85	100	3,03	130	0,86	160	0,03	190	-0,03	220	-2,42	250	-1,31	280	-0,76	310	-2,03	342	0,12
24	-1,5	54	1,7	101	2,73	131	1,05	161	0,27	191	0,2	221	-1,89	251	-1,85	281	-1,21	311	-2,08	343	0,32
25	-1,2	55	1,67	102	2,5	132	1,16	162	0,12	192	0,35	222	-1,27	252	-2,13	282	-1,19	312	-2,01	344	0,63
26	-0,9	56	1,79	103	2,32	133	1,05	163	0,01	193	-0,05	223	-1,21	253	-2,49	283	-1,22	313	-2,26	345	1,31
27	-0,7	74	4,5	104	2,17	134	1,05	164	-0,25	194	-0,35	224	-1	254	-2,15	284	-1,19	314	-1,92	346	1,97
28	-0,8	75	3,38	105	1,96	135	0,99	165	-0,3	195	-0,82	225	-0,86	255	-1,67	285	-1,64	315	-1,27	347	2,72
29	-0,8	76	2,3	106	1,78	136	0,94	166	-0,3	196	-1,36	226	-0,54	256	-1,53	286	-1,56	317	1,06		
30	-0,9	77	1,46	107	1,88	137	0,75	167	-0,01	197	-1,55	227	-0,44	257	-1,19	287	-1,96	318	-1,71		

Figure n°2 : Les valeurs de l'NSM 1988-2007

Transect	NSM	Transect	NSM	Transect	NSM	Transect	NSM	Transect	NSM	Transect	NSM	Transect	NSM	Transect	NSM	Transect	NSM	Transect	NSM	Transect	NSM
1	0	31	-37,31	78	38,36	108	39,6	138	4,58	168	6,61	198	-52,54	228	-30,72	258	-32,33	288	-56,47	319	-51,57
2	-76,15	32	-37,24	79	34	109	50,01	139	-6,3	169	20,43	199	-60,55	229	-37,72	259	-33,48	289	-61,87	320	-47,07
3	-67,62	33	-27,99	80	45,38	110	52,82	140	-11,82	170	21,35	200	-65,08	230	-42,83	260	-44,93	290	-48,7	321	-43,93
4	-62,02	34	0,82	81	50,3	111	56,88	141	0,72	171	15,18	201	-61,75	231	-37,77	261	-52,94	291	-56,47	322	-45,07
5	-65,46	35	13,01	82	56,73	112	60,89	142	4,44	172	-0,69	202	-53,87	232	-44,13	262	-49,99	292	-31,53	323	-45,63
6	-69,07	36	12,29	83	61,2	113	60,99	143	5,99	173	-11,06	203	-37,17	233	-40,52	263	-45,64	293	-15,84	324	-46,5
7	-72,25	37	15,12	84	62,6	114	58,57	144	-4,6	174	-29,03	204	-35,74	234	-39,23	264	-32,21	294	-6,2	326	-42,07
8	-69,03	38	26,36	85	68,67	115	55,06	145	-6,62	175	-24,4	205	-20,78	235	-40,9	265	-27,13	295	-15,33	327	-53,46
9	-62,64	39	31,59	86	66,31	116	43,9	146	-5,13	176	-12,37	206	-3,98	236	-38,97	266	-31,98	296	-13,66	328	-42,61
10	-53,49	40	29,61	87	65,77	117	44,87	147	2,08	177	-6,62	207	1,83	237	-39,19	267	-27,09	297	-17,87	329	-29,91
11	-53,25	41	37,78	88	63,75	118	38,37	148	-1,42	178	14,51	208	-7,18	238	-40,91	268	-35,11	298	-19,75	330	-48,42
12	-45,47	42	50,94	89	64,1	119	37,3	149	-22,15	179	27,65	209	-13,42	239	-36,34	269	-46,53	299	-18,84	331	-45,42
13	-31,46	43	50,26	90	73,42	120	41,83	150	-30,35	180	20,82	210	-12,89	240	-40,7	270	-55,32	300	-15,54	332	-49,07
14	-53,14	44	48,25	91	71,07	121	42,42	151	-27,77	181	49,81	211	-11,12	241	-49,48	271	-60,81	301	-2,5	333	-47,07
15	-52,65	45	43,24	92	72,35	122	43,73	152	-20,55	182	-5,62	212	-11,8	242	-54,57	272	-58,91	302	-15,41	334	-42,9
16	-62,23	46	40,95	93	67,59	123	39,8	153	-4,32	183	-12,71	213	-15,53	243	-53,93	273	-54,32	303	-9,65	335	-44,84
17	-67,52	47	31,3	94	65,56	124	32,75	154	9,11	184	-26,28	214	-30,56	244	-48,62	274	-49,31	304	-11,82	336	-51,19
18	-99,19	48	33,14	95	70,63	125	29,23	155	11,93	185	-25,67	215	-33,9	245	-54,19	275	-35,52	305	-16,48	337	-45,21
19	-27,46	49	32,56	96	81,47	126	22,95	156	5,26	186	-23,32	216	-49,99	246	-45,94	276	-29,07	306	-26,9	338	-43,77
20	-29,03	50	34,93	97	91,37	127	10,53	157	0,44	187	-20,48	217	-54,56	247	-49,04	277	-30,58	307	-27,37	339	-40,98
21	-50,63	51	35,56	98	97,62	128	7,78	158	-5,37	188	-24,74	218	-53,55	248	-46,26	278	-27,71	308	-29,77	340	-36,6
22	-40,77	52	39,13	99	93,36	129	-5,47	159	-12	189	-32,65	219	-59,75	249	-39,03	279	-31,56	309	-31,26	341	-31,47
23	-39,11	53	39,1	100	90,12	130	-4,84	160	-7,33	190	-3,25	220	-60,15	250	-33,57	280	-33,99	310	-40,33	342	-22,38
24	-31,35	54	38,2	101	76,27	131	-5,23	161	-10,22	191	3,89	221	-45,3	251	-28,91	281	-33,29	311	-44,34	343	-18,97
25	-24,78	55	36,23	102	66,81	132	1,67	162	-26,22	192	0,9	222	-40,14	252	-38,5	282	-32,43	312	-46,16	344	-7,63
26	-24,96	56	48,93	103	58,45	133	10,69	163	-25,92	193	-8,93	223	-37,68	253	-39,41	283	-34,93	313	-60,34	345	8,48
27	-24,62	74	96,87	104	49,25	134	17,98	164	-25,89	194	-17,16	224	-29,99	254	-45,13	284	-40,76	314	-63,01	346	24,69
28	-32,99	75	98,74	105	41,77	135	9,47	165	-15,78	195	-20,92	225	-26,27	255	-33,89	285	-41,63	315	-54,24	347	50,69
29	-34,76	76	87,76	106	38,39	136	20,3	166	-1,43	196	-37,77	226	-23,74	256	-31,08	286	-41,38	317	-42,43		
30	-38,1	77	65,76	107	38,02	137	8,24	167	12,48	197	-46,53	227	-28,48	257	-29,49	287	-54,41	318	-48,16		

Figure n°3: Les valeurs de l'NSM 2007-2013

Transect	NSM	Transect	NSM	Transect	NSM	Transect	NSM	Transect	NSM	Transect	NSM	Transect	NSM	Transect	NSM	Transect	NSM	Transect	NSM	Transect	NSM
1	0	31	-19,46	78	-26,68	108	-10,59	138	-22,37	168	6,98	198	-2,74	228	-10,64	258	11,75	288	-2,11	319	-13,65
2	-10,35	32	-18,78	79	-13,87	109	-19,25	139	-16,45	169	27,26	199	-7,3	229	-12,21	259	-0,31	289	-12,52	320	-16,23
3	-13,61	33	-15,4	80	-3,57	110	-22,48	140	-32,02	170	9,56	200	-11,88	230	-11,32	260	-11,19	290	-2,91	321	-14,94
4	-13,24	34	-12,6	81	6,78	111	-17,62	141	-33	171	15,48	201	-12,91	231	-5,49	261	-19,63	291	2,09	322	-10,27
5	-14,93	35	-14,7	82	-6,74	112	-17,66	142	-42,08	172	19,58	202	-16,69	232	-11,92	262	-24,75	292	1,32	323	-13,66
6	-19,32	36	-9,08	83	-11,93	113	-18,12	143	-36,88	173	5,44	203	-14,64	233	-14,66	263	-17,85	293	-8,22	324	-11,93
7	-17,84	37	-6,08	84	-15,73	114	-17,76	144	-30,67	174	-11,84	204	-16,09	234	-16,85	264	-19,79	294	-2,97	326	-12,31
8	-19,59	38	-7,5	85	-19,34	115	-25,79	145	-23,8	175	-18,12	205	-16,21	235	-20,26	265	-9,94	295	-7,38	327	-17,45
9	-20,19	39	-10,65	86	-20,82	116	-29,04	146	-30,57	176	-30,5	206	-22,62	236	-18,47	266	-1,91	296	-8,16	328	-18,45
10	-19,97	40	-6,43	87	-18,85	117	-33,84	147	-38,87	177	-21,34	207	-26,02	237	4,51	267	0,07	297	-0,36	329	-16,37
11	-20,11	41	-7,73	88	-15,05	118	-26,86	148	-47,31	178	-20,55	208	-21,09	238	2,25	268	-3,51	298	5,37	330	-24,24
12	-21,09	42	-7,25	89	-13,4	119	-19,14	149	-42,78	179	-23,55	209	-12,44	239	-1,64	269	0,25	299	9,05	331	-24,05
13	-73,48	43	-4,39	90	-15,95	120	-28,86	150	-42,45	180	-31,59	210	-1,23	240	3,32	270	-2,36	300	8,52	332	-24,06
14	-70,74	44	-6,89	91	-14	121	-30,1	151	-32,13	181	-8,38	211	5,59	241	7,19	271	-6,92	301	13,74	333	-25,04
15	2,06	45	-4,75	92	-18,78	122	-35,46	152	-10,64	182	-30,19	212	6,47	242	2,35	272	-2,38	302	8,2	334	-32,54
16	-11,11	46	-15,76	93	-22,24	123	-35,46	153	-24,46	183	-40,02	213	-5,63	243	-3,93	273	-3,49	303	6,03	335	-25,61
17	-98,95	47	-19,91	94	-24,76	124	-31,04	154	-17,57	184	-40,29	214	-12,93	244	-7,04	274	-4,29	304	-1,65	336	-27,52
18	-1,89	48	-32,31	95	-29,91	125	-27,45	155	-17,53	185	-33,76	215	-8,25	245	-4,13	275	-7,44	305	-6,83	337	-31,38
19	-20,97	49	-37,07	96	-29,71	126	-29,47	156	-17,09	186	-26,51	216	-13	246	4,11	276	-7,73	306	-12,65	338	-16,97
20	-17,77	50	-40,51	97	-30,83	127	-19,94	157	-9,52	187	-29,82	217	-20,17	247	8,78	277	-8,53	307	-75,25	339	6,98
21	-16,24	51	-38,64	98	-35,62	128	-28,74	158	-6,66	188	-32,39	218	-26,54	248	2,48	278	-18,08	308	-75,26	340	10
22	-17,17	52	-39,8	99	-33,41	129	-18,97	159	-26,88	189	-37,17	219	-34,9	249	-1,23	279	-19,97	309	-0,16	341	9,56
23	-15,4	53	-39,19	100	-29,15	130	-12,95	160	-18,89	190	-45,42	220	-32,85	250	-7,43	280	-16,1	310	2,12	342	5
24	-16,14	54	-37,89	101	-26,15	131	-17,69	161	-17,06	191	-49,42	221	-38,41	251	-12,44	281	13,83	311	-0,45	343	8
25	-18,24	55	-31,48	102	-19,39	132	-14,58	162	-21,4	192	-44,98	222	-31,36	252	-15,11	282	6,35	312	0,88	344	5,44
26	-22,34	56	0	103	-8,81	133	-18,46	163	-21,57	193	-35,28	223	-33,24	253	-12,35	283	-3,7	313	-1,2	345	6,98
27	-24,3	74	-35,56	104	-2,61	134	-29,17	164	-7,36	194	-19,11	224	-15,74	254	-4,65	284	-13,15	314	-0,94	346	5,44
28	-30,35	75	-31,57	105	3,04	135	-46,37	165	-5,21	195	-23,6	225	-18,66	255	9,95	285	-8,23	315	-7,93	347	6,77
29	-23,49	76	-27,06	106	-1,09	136	-45,44	166	-2,16	196	-13,65	226	-14,13	256	16,37	286	-7,16	317	-12,92		
30	-17,3	77	-24,84	107	-13,57	137	-39,95	167	5,44	197	-8,7	227	-14,4	257	12,4	287	-5,25	318	-15,91		

Figure n°4 : Les valeurs de l'NSM 2013-2017

Transect	NSM	Transect	NSM	Transect	NSM	Transect	NSM	Transect	NSM	Transect	NSM	Transect	NSM	Transect	NSM	Transect	NSM	Transect	NSM	Transect	NSM
1	3,78	31	-11,8	78	-0,38	108	8,14	138	-11,86	168	37,49	198	-14,75	228	-3,63	258	-9,2	288	-8,24	319	-2,51
2	0,64	32	-14,7	79	3,46	109	2,34	139	-31,1	169	34,16	199	-17,81	229	-11,74	259	-9,25	289	-3,82	320	-4,93
3	2,74	33	-14,74	80	2,3	110	-8,61	140	-31,14	170	27,62	200	-9,75	230	-8,51	260	-14,74	290	-7,46	321	-5,22
4	3,78	34	-12,69	81	-13,89	111	-10,23	141	-39,61	171	33,51	201	-16,43	231	-7,77	261	-11,82	291	-12,19	322	-1,75
5	5,76	35	-5,02	82	-22,41	112	-14,05	142	-23,31	172	32,95	202	-9,88	232	-8	262	-7,48	292	-7,68	323	-4,38
6	1,54	36	-10,43	83	-25,65	113	-17,77	143	-20,42	173	7,27	203	-9,05	233	-4,23	263	-14,27	293	-6,65	324	-7,79
7	-0,02	37	-11,72	84	-25,94	114	-23,04	144	-17,56	174	13,83	204	-11,61	234	-7,56	264	-10,86	294	-8,08	326	-5,92
8	0,76	38	-13,37	85	-24,4	115	-23,56	145	-21,58	175	-4,16	205	-15,5	235	-8,88	265	-6,03	295	-4,68	327	-4,51
9	0,5	39	-22	86	-16,73	116	-32,09	146	-29,54	176	1,53	206	-14,7	236	8,98	266	-14,19	296	-5,04	328	1,73
10	-0,53	40	-35,1	87	-13,02	117	-24,52	147	-35,21	177	-0,08	207	-12,99	237	14,21	267	-9,7	297	-4,92	329	-3,96
11	-2,89	41	-35,03	88	-15,73	118	-23,93	148	-32,67	178	2,29	208	-8,2	238	9,66	268	-8,08	298	-4,35	330	-4,32
12	-3,38	42	-29,37	89	-15,77	119	-11,12	149	-35,91	179	9,66	209	-4,75	239	10,12	269	-7,73	299	-6,06	331	-3,12
13	-2,91	43	-31,14	90	-14,5	120	0,25	150	-23,97	180	-6,12	210	-5,75	240	2,05	270	4,74	300	-5,79	332	0,78
14	67,86	44	-30,52	91	-14,32	121	0,71	151	7,69	181	-28,03	211	-3,98	241	-23,5	271	-4,91	301	-8,83	333	-4
15	60,14	45	-33,58	92	-15,25	122	-2,91	152	5,29	182	-30,48	212	-3,13	242	-28,35	272	-6,15	302	-7,22	334	0,66
16	-4,93	46	-36,18	93	-14,75	123	-10,76	153	8,52	183	-32,71	213	-11,06	243	-41,07	273	-5,52	303	-7,93	335	2,83
17	28,77	47	-40,66	94	-15,05	124	-14,28	154	1	184	-27	214	-7,67	244	-22,57	274	-1,73	304	-0,54	336	2,19
18	0,9	48	-40,21	95	-13,51	125	-9,68	155	-10,16	185	-29,81	215	-12,01	245	-11,38	275	-14,51	305	4,16	337	12,64
19	-8,22	49	-30,49	96	-16,68	126	-12,62	156	-16,88	186	-32,35	216	-12,42	246	-5,28	276	-13,35	306	-1,78	338	6,98
20	-24,33	50	-28,35	97	-18,21	127	-14,77	157	-19,41	187	-31,52	217	-11,05	247	-3,31	277	-21,64	307	-1,41	339	10
21	-31,26	51	-24,23	98	-19,46	128	-7	158	-27,29	188	-35,15	218	-20,25	248	-2,82	278	-27,31	308	-2,37	340	9,56
22	-28,39	52	-27,06	99	-16,38	129	-2,78	159	-25,37	189	-30,43	219	-11,31	249	-9,07	279	-21,65	309	1,24	341	5
23	-25,7	53	-24,72	100	-18,15	130	2,65	160	-26,68	190	-26,16	220	-17,95	250	-15	280	1,61	310	-3,05	342	8
24	-20,72	54	-27,58	101	-14,06	131	9,55	161	-29,76	191	-23,26	221	-7,94	251	-5,99	281	-9,72	311	-8,86	343	5,44
25	-16,98	55	0	102	-8,26	132	18,46	162	-20,53	192	-14,24	222	-13,24	252	-3,53	282	-15,4	312	-15,99	344	6,98
26	-14,44	56	0	103	-4,08	133	14,93	163	-11,25	193	-4,75	223	-1,16	253	8,38	283	-5,6	313	-14,57	345	5,44
27	-18,23	74	-14,78	104	-3,78	134	9,8	164	0,73	194	-8,95	224	-5,23	254	17,23	284	-7,85	314	-21,1		
28	-10,4	75	-15,41	105	-7,17	135	8,45	165	0,43	195	-11,69	225	-8,95	255	17,94	285	-5,38	315	-10,95		
29	-8,25	76	-10,18	106	-6,14	136	7,75	166	16,15	196	-16,59	226	-2,79	256	13,51	286	-4,79	317	0,67		
30	-13,94	77	-13,58	107	12,21	137	2,78	167	19,33	197	-10,79	227	-3,08	257	5,01	287	-5,52	318	-2,11		

Figure n° 5: Les valeurs du LRR 1988-2017

Transect	LRR	Transect	LRR	Transect	LRR	Transect	LRR	Transect	LRR	Transect	LRR	Transect	LRR	Transect	LRR	Transect	LRR	Transect	LRR	Transect	LRR
1	<Null>	31	-0,93	78	1,52	108	2,18	138	0,67	168	0,59	198	-1,36	228	-0,34	258	-1,19	288	-1,93	319	-1,92
2	<Null>	32	-0,97	79	2,02	109	2,47	139	0,16	169	0,86	199	-1,27	229	-0,47	259	-1,15	289	-2,14	320	-1,76
3	-2,02	33	-0,62	80	2,67	110	2,43	140	0,24	170	0,8	200	-1,21	230	-0,61	260	-1,52	290	-2,21	321	-1,81
4	-1,77	34	0,25	81	2,79	111	2,43	141	0,73	171	0,66	201	-1,18	231	-0,46	261	-1,52	291	-2,47	322	-1,93
5	-1,86	35	0,6	82	2,86	112	2,34	142	1,19	172	0,29	202	-1,04	232	-0,73	262	-1,46	292	-1,34	323	-1,93
6	-1,91	36	0,68	83	3,08	113	2,22	143	1,54	173	-0,38	203	-0,79	233	-0,95	263	-1,32	293	-0,24	324	-1,86
7	-1,83	37	0,76	84	3,05	114	1,94	144	1,64	174	-0,86	204	-0,67	234	-0,89	264	-1,15	294	-0,11	326	-1,03
8	-1,86	38	0,95	85	3,1	115	1,88	145	1,5	175	-0,8	205	-0,53	235	-1,18	265	-1,17	295	-0,42	327	-1,38
9	-1,6	39	1,16	86	3,05	116	1,93	146	1,35	176	-0,3	206	-0,19	236	-0,98	266	-1,3	296	-0,42	328	-1,12
10	-1,23	40	1,16	87	3,02	117	2,25	147	0,9	177	-0,07	207	-0,07	237	-1,12	267	-1,28	297	-0,69	329	-0,58
11	-1,23	41	1,13	88	2,78	118	2,23	148	0,27	178	0,38	208	-0,32	238	-1,14	268	-1,46	298	-0,46	330	-1,34
12	-0,97	42	1,37	89	2,52	119	2,18	149	-0,35	179	1,39	209	-0,45	239	-1,17	269	-1,5	299	-0,66	331	-1,4
13	-0,47	43	1,33	90	2,48	120	1,94	150	-0,62	180	0,8	210	-0,23	240	-1,47	270	-1,64	300	-0,79	332	-1,35
14	0,53	44	1,28	91	2,52	121	1,93	151	-0,39	181	1,84	211	-0,17	241	-1,55	271	-1,6	301	-0,39	333	-1,39
15	0,47	45	1,15	92	2,56	122	1,91	152	0,03	182	0,3	212	-0,13	242	-1,64	272	-1,68	302	-0,44	334	-1,35
16	-0,9	46	1,01	93	2,45	123	1,68	153	0,47	183	0,1	213	-0,2	243	-1,46	273	-1,59	303	-0,39	335	-1,33
17	-0,8	47	0,97	94	2,5	124	1,59	154	0,78	184	-0,04	214	-0,79	244	-1,22	274	-1,67	304	-0,34	336	-1,38
18	-0,29	48	1,13	95	2,76	125	1,56	155	1,03	185	0,03	215	-0,78	245	-1,52	275	-1,35	305	-0,41	337	-1,1
19	-0,32	49	1,44	96	3,25	126	1,32	156	0,91	186	-0,08	216	-1,23	246	-1,63	276	-1,36	306	-1,07	338	-0,99
20	-0,31	50	1,7	97	3,56	127	0,79	157	0,9	187	-0,04	217	-1,53	247	-1,56	277	-1,19	307	-1,28	339	-0,73
21	-1,4	51	2,04	98	3,67	128	0,44	158	0,59	188	-0,04	218	-1,69	248	-1,42	278	-1,18	308	-1,48	340	-0,59
22	-1,43	52	2,15	99	3,6	129	0,56	159	0,27	189	0,11	219	-2,22	249	-1,32	279	-1,23	309	-1,55	341	-0,38
23	-1,48	53	2,28	100	3,44	130	0,87	160	0,34	190	0,04	220	-2,49	250	-1,42	280	-0,89	310	-2,06	342	0,07
24	-1,2	54	2,17	101	3,11	131	1,05	161	0,16	191	0,59	221	-1,95	251	-1,62	281	-1,23	311	-2,08	343	0,35
25	-0,88	55	2,1	102	2,87	132	1,22	162	0	192	0,77	222	-1,33	252	-1,86	282	-1,19	312	-2,03	344	0,62
26	-0,71	56	2,28	103	2,66	133	1,23	163	-0,15	193	0,38	223	-1,15	253	-2,05	283	-1,23	313	-2,3	345	1,32
27	-0,48	74	4,56	104	2,5	134	1,3	164	-0,31	194	-0,03	224	-0,96	254	-1,97	284	-1,26	314	-2,06	346	2,02
28	-0,66	75	3,97	105	2,25	135	1,16	165	-0,2	195	-0,47	225	-0,76	255	-1,61	285	-1,55	315	-1,44	347	2,69
29	-0,6	76	2,66	106	2,1	136	1,16	166	-0,08	196	-1,02	226	-0,43	256	-1,54	286	-1,49	317	1,03		
30	-0,79	77	1,35	107	2,22	137	0,98	167	0,27	197	-1,23	227	-0,35	257	-1,22	287	-1,81	318	-1,79		

## Annexe n°6: Les résultats de la simulation de la variante n°1:

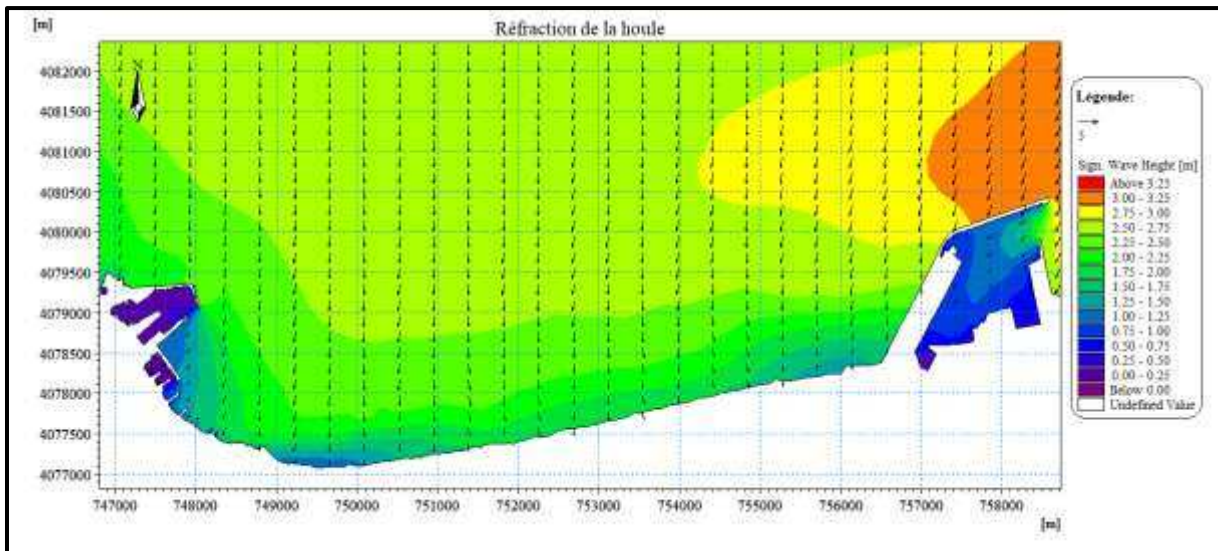


Figure n°15 : Epures de la réfraction de la houle, MWD=45° ; Hs=2,56m ; T=8s.

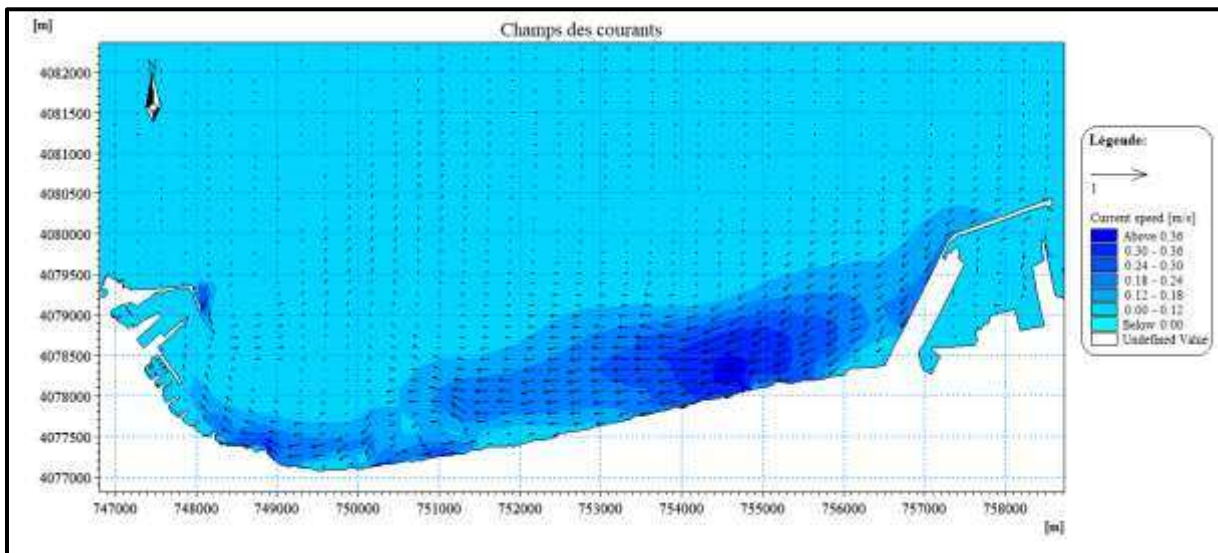


Figure n°16 : Champ des courants, MWD=45° ; HS =2.56m ; T=8s.

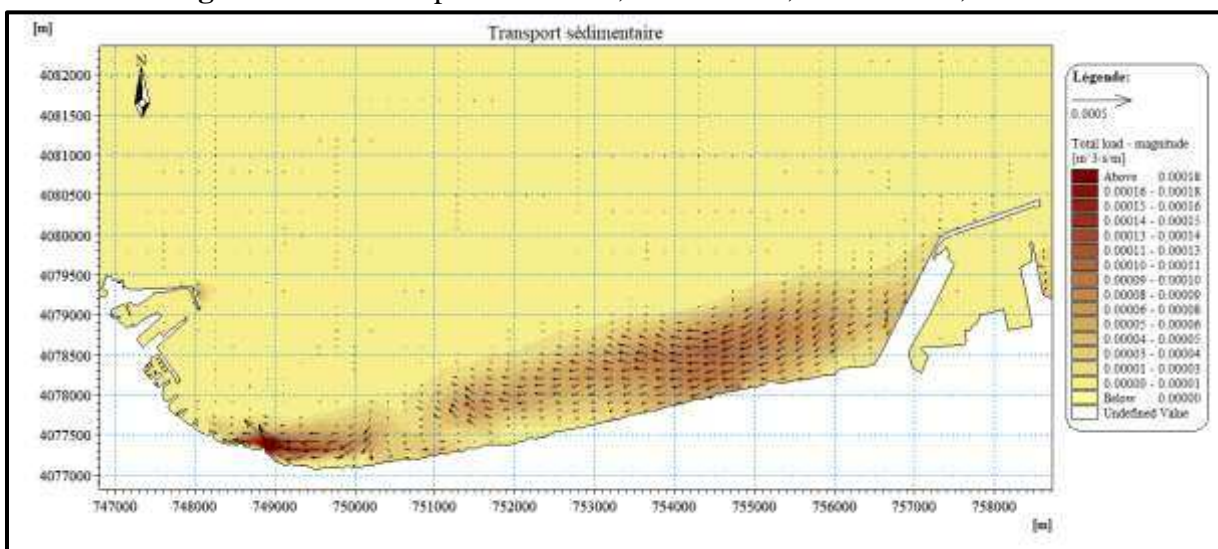


Figure n°17 : Capacité du transport sédimentaire, MWD=45° ; Hs=2,56m ; T=8s.

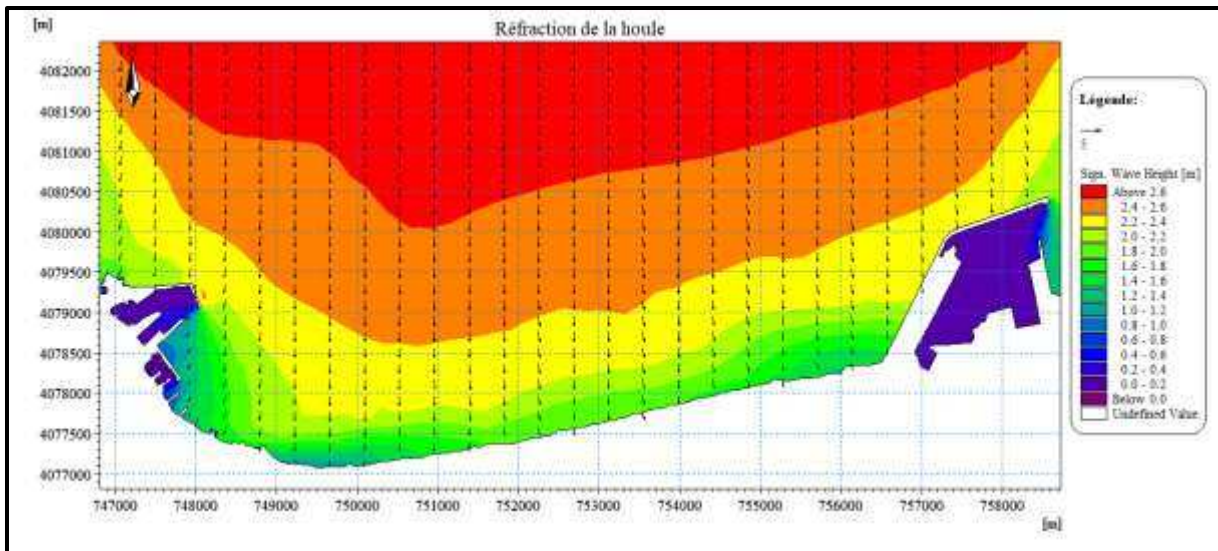


Figure n°18: Epures de la réfraction de la houle, MWD=360° ; Hs=2.67m ; T=8s.

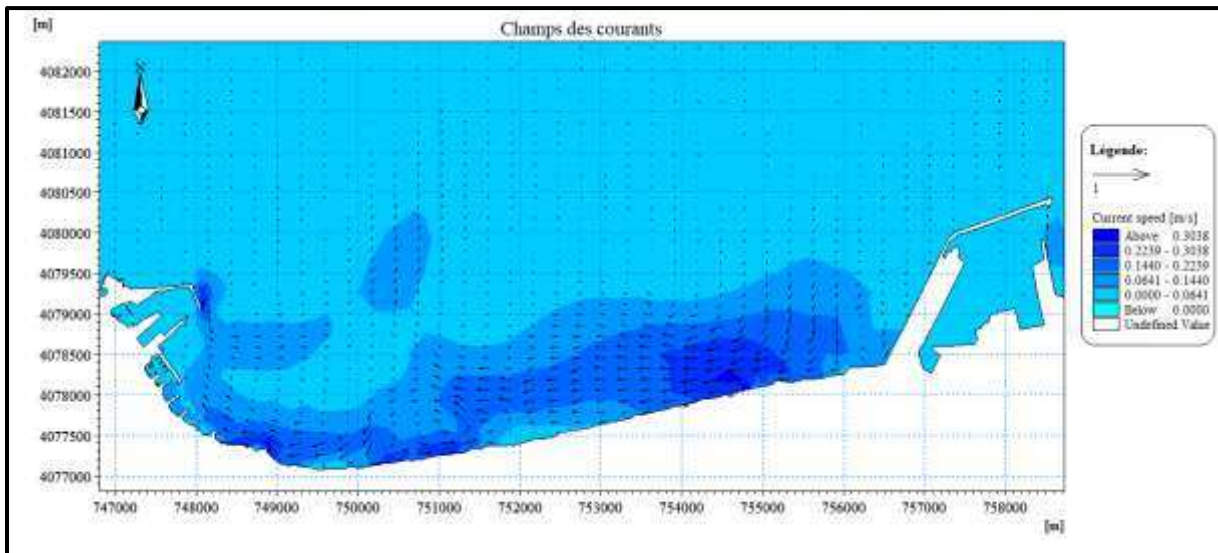


Figure n°19 : Champ des courants, MWD=360° ; HS =2.67m ; T=8s.

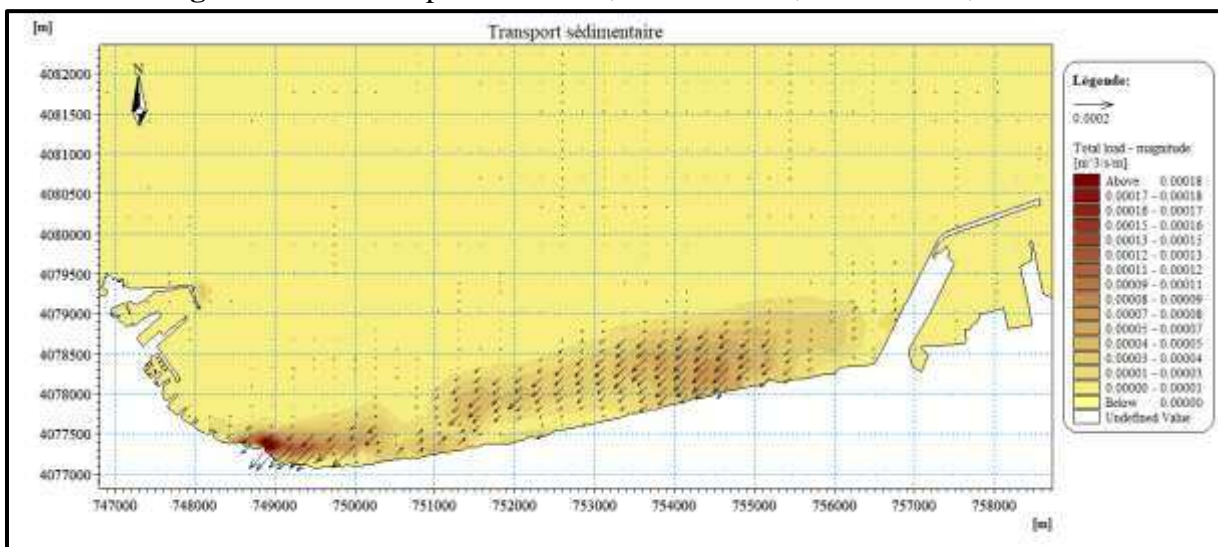


Figure n°20 : Capacité du transport sédimentaire, MWD=360° ; HS =2.67m ; T=8s.

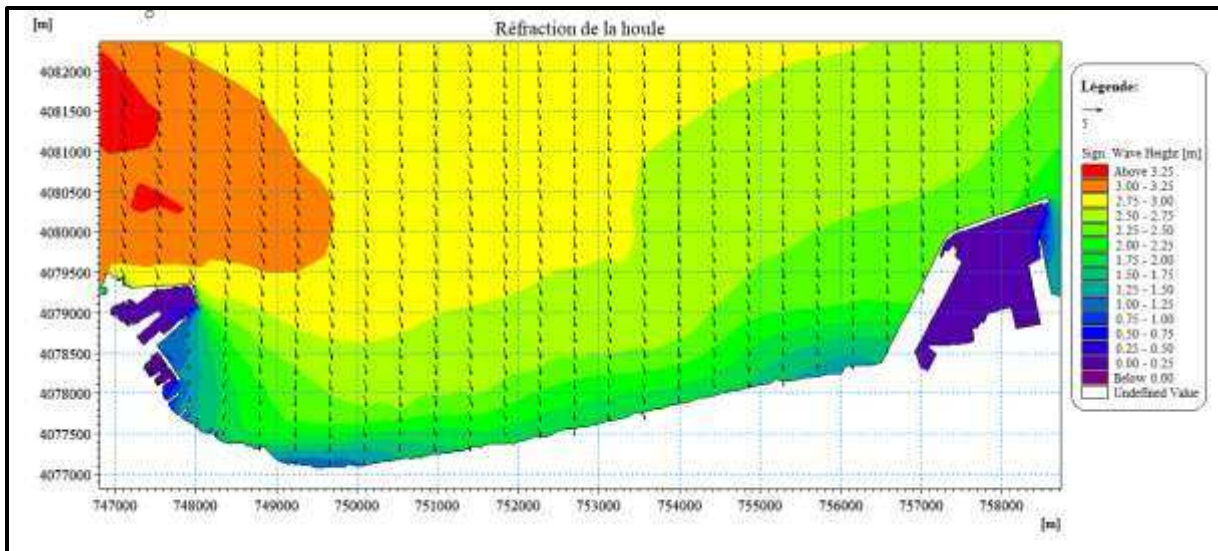


Figure n°21 : Epures de la réfraction de la houle, MWD=315° ; Hs=2.64m ; T=8s.

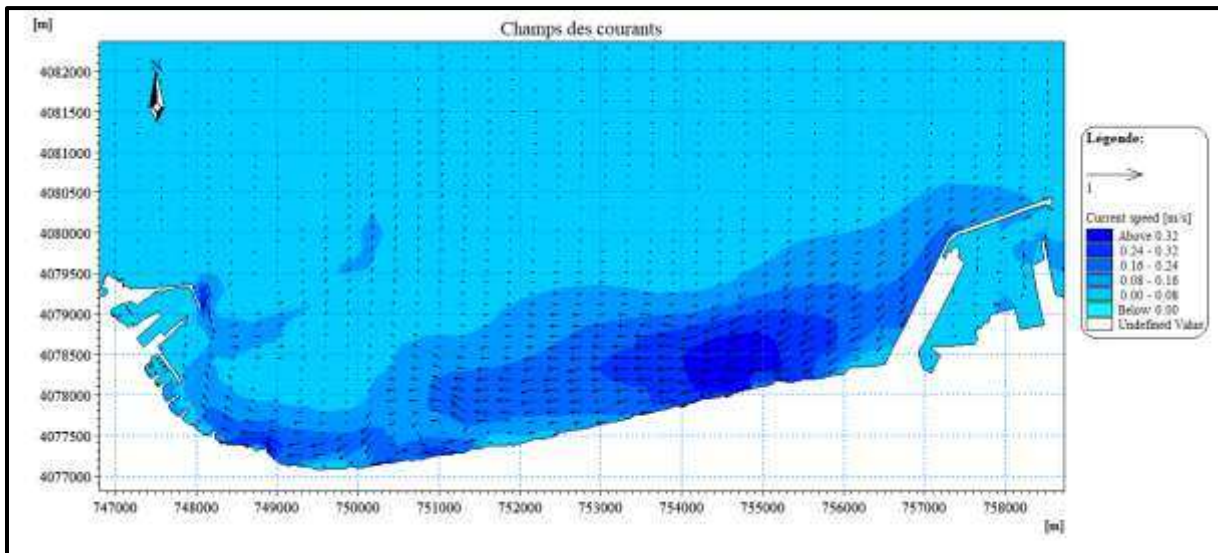


Figure n°22 : Champ des courants, MWD=315° ; HS =2.64m ; T=8s.

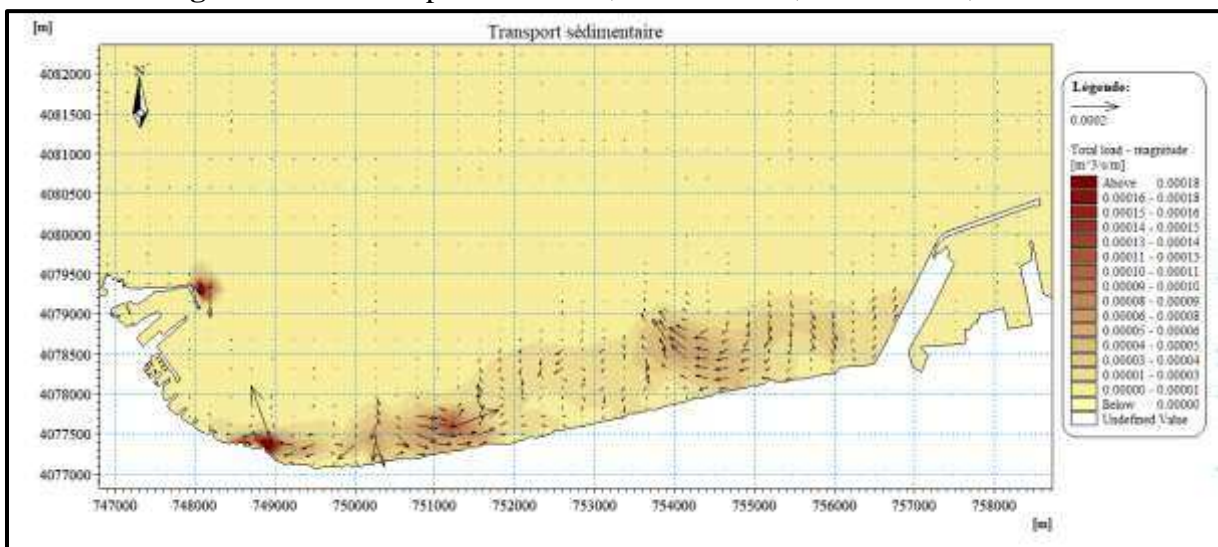


Figure n°23 : Capacité du transport sédimentaire, MWD=315° ; HS =2.64m ; T=8s

## Annexe n°7: Les résultats de la simulation de la variante n°2:

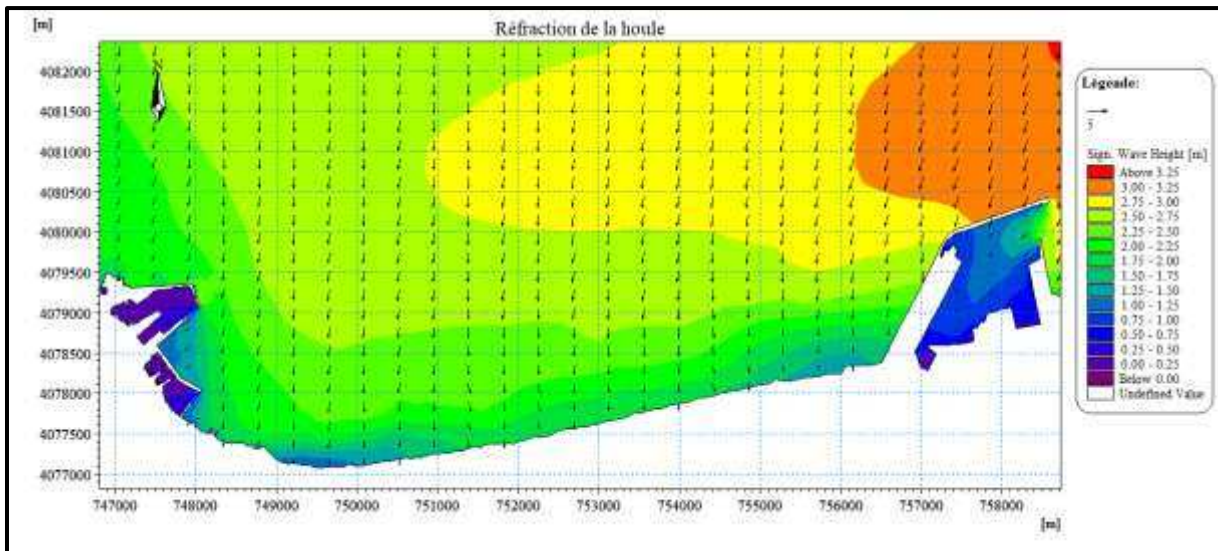


Figure n°6 : Epures de la réfraction de la houle, MWD=45° ; Hs=2,56m ; T=8s.

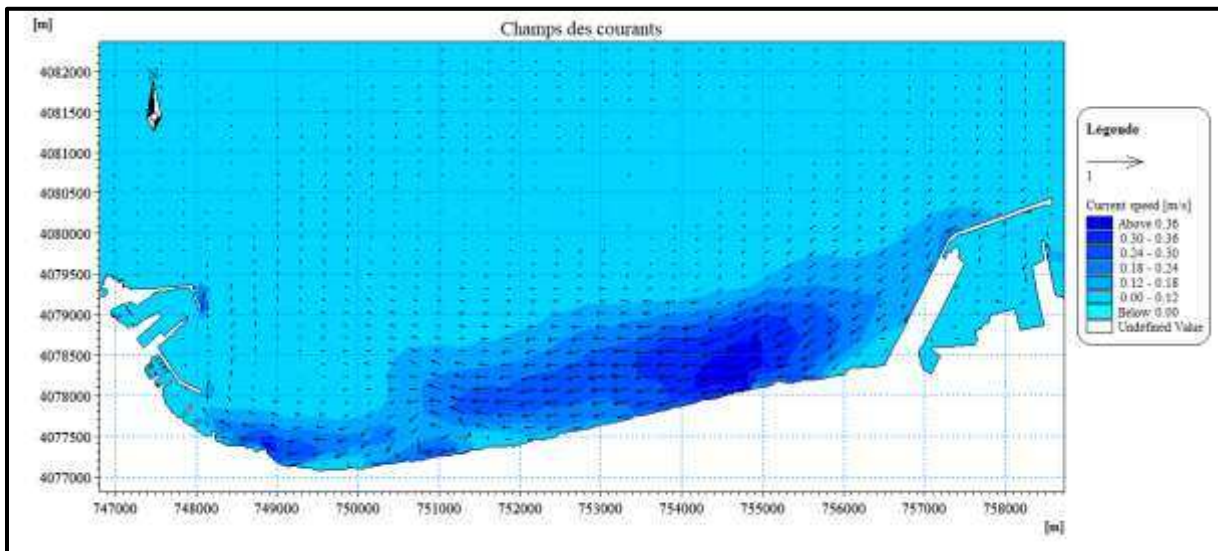


Figure n°7 : Champ des courants, MWD=45° ; HS =2.56m ; T=8s.

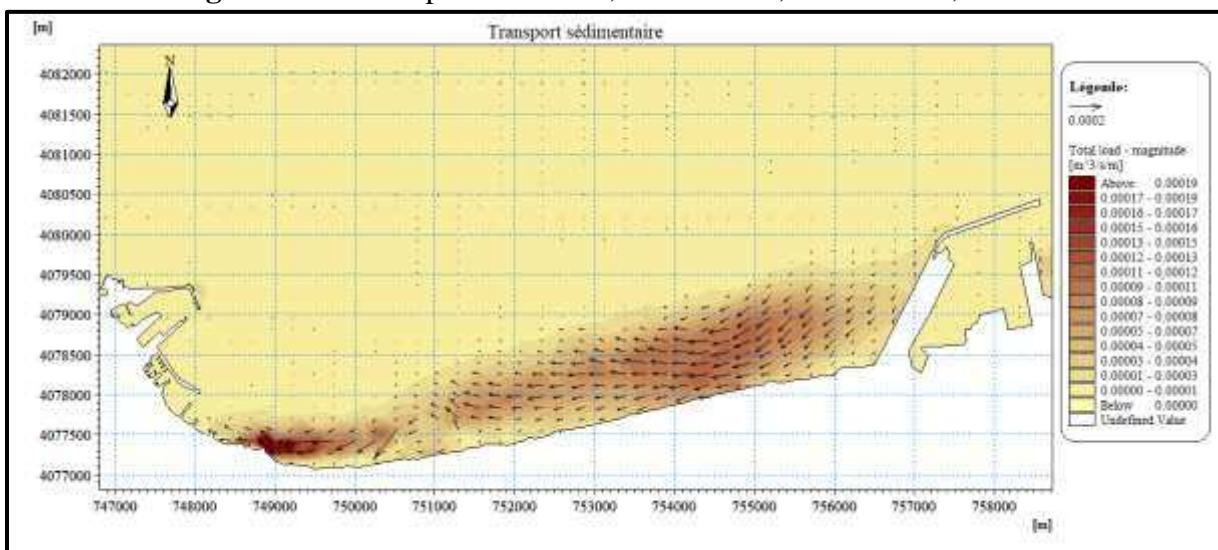


Figure n°8 : Capacité du transport sédimentaire, MWD=45° ; Hs=2,56m ; T=8s.

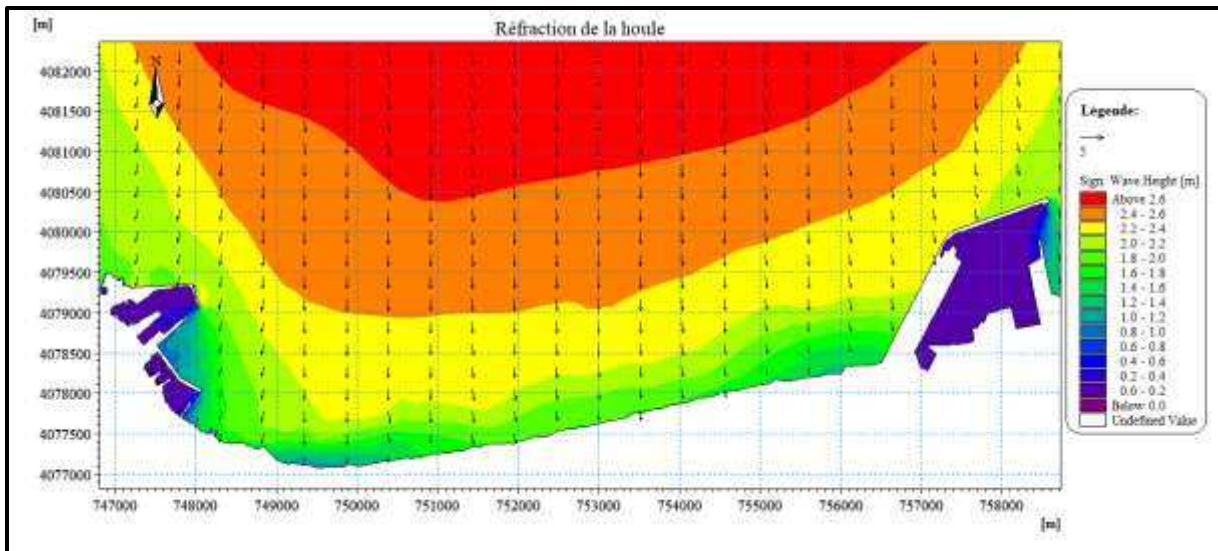


Figure n°9: Epures de la réfraction de la houle, MWD=360° ; Hs=2.67m ; T=8s.

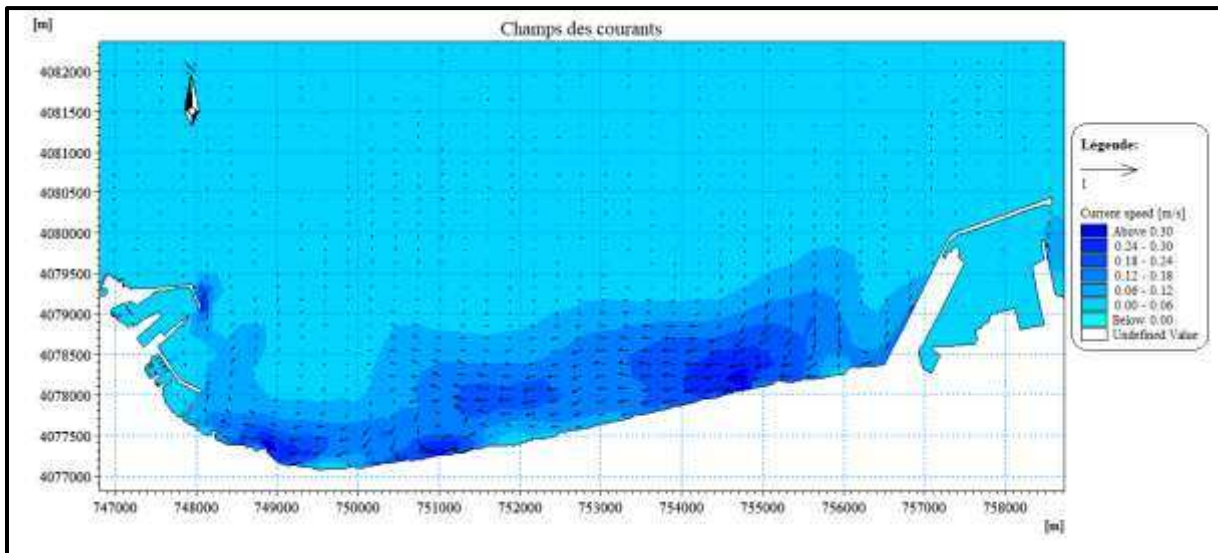


Figure n°10 : Champ des courants, MWD=360° ; HS =2.67m ; T=8s.

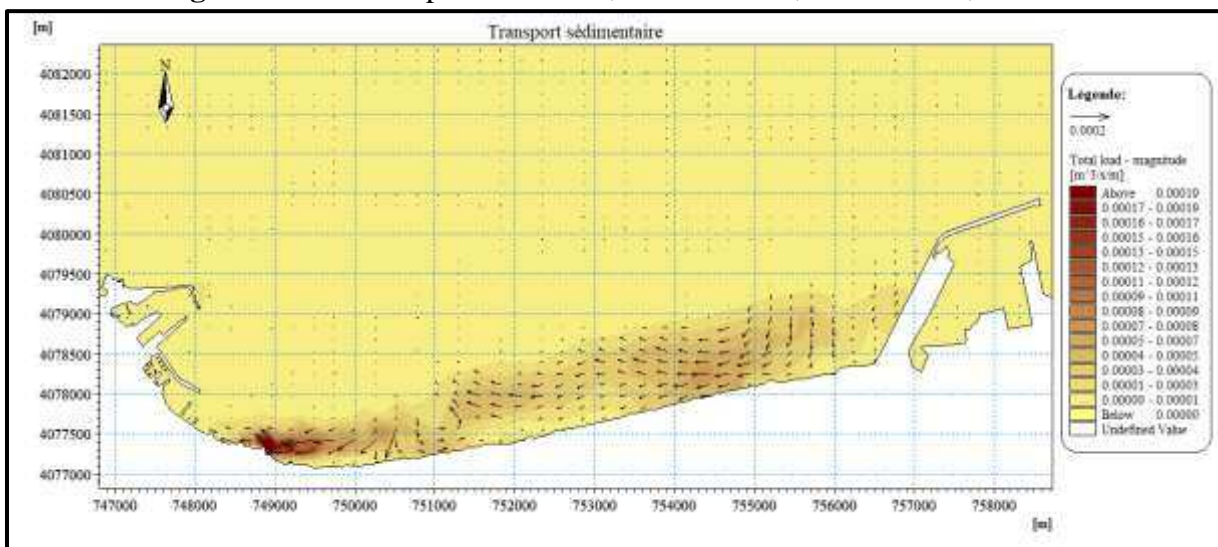


Figure n°11 : Capacité du transport sédimentaire, MWD=360° ; HS =2.67m ; T=8s.

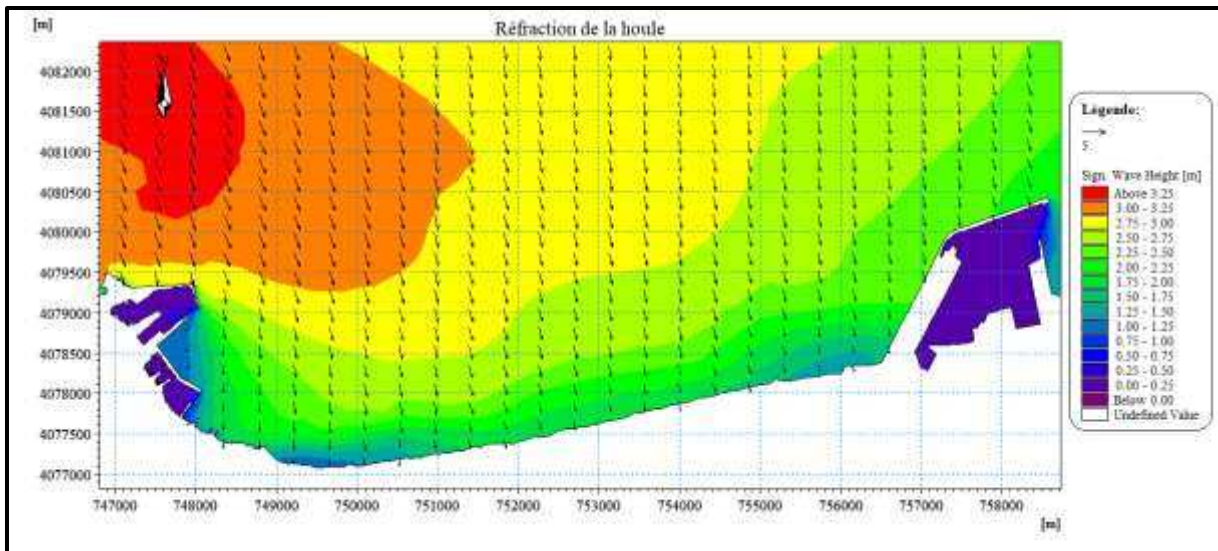


Figure n°12 : Epures de la réfraction de la houle, MWD=315° ; Hs=2.64m ; T=8s.

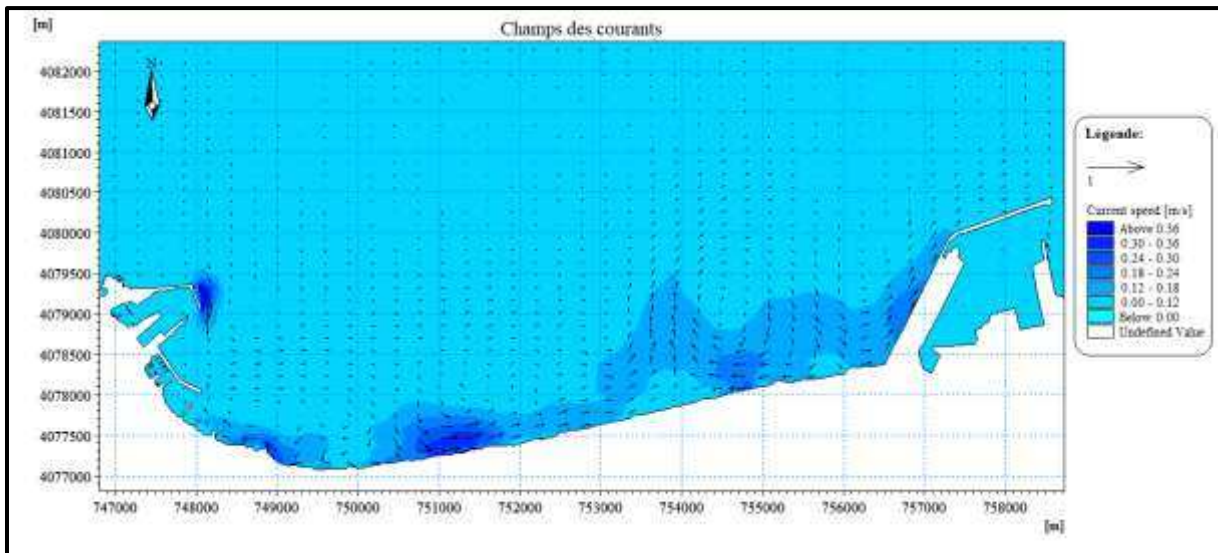


Figure n°13 : Champ des courants, MWD=315° ; HS =2.64m ; T=8s.

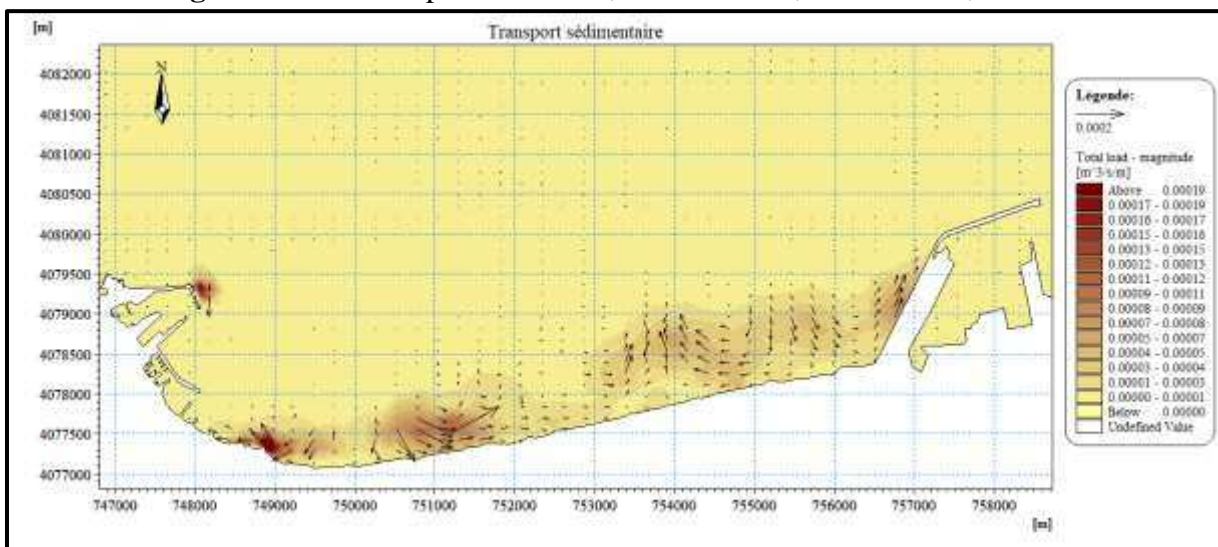


Figure n°14 : Capacité du transport sédimentaire, MWD=315° ; HS =2.64m ; T=8s.

Annexe n°8 : Les résultats de la simulation de la variante n°3:

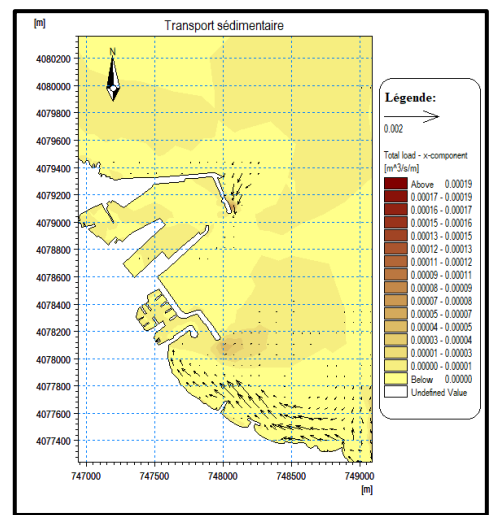
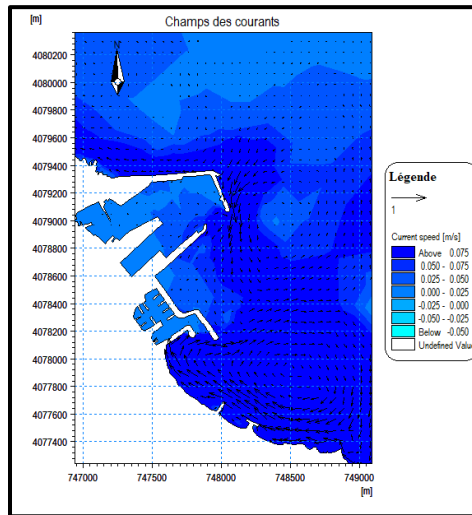
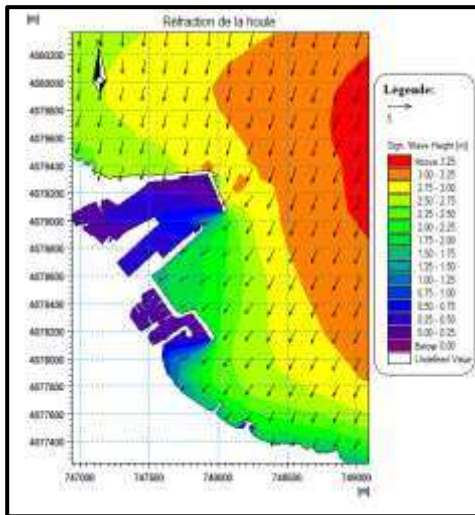


Figure n°15: Réfraction de la houle Figure n°16: Champ des courants Figure n°17: Capacité du transport sédimentaire (MWD=45° ; HS =2.56m ; T=8s)

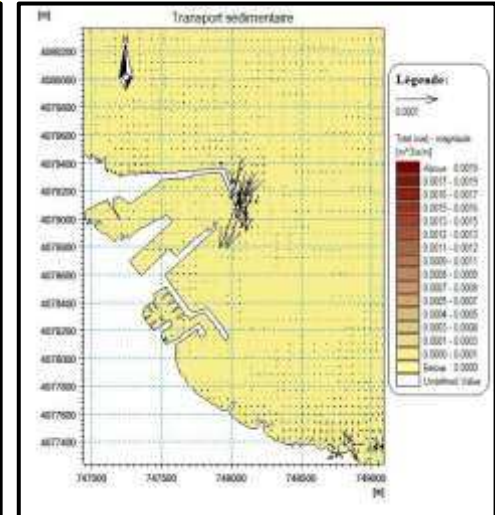
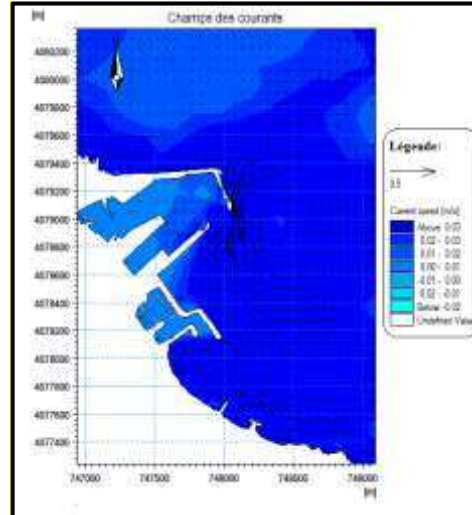
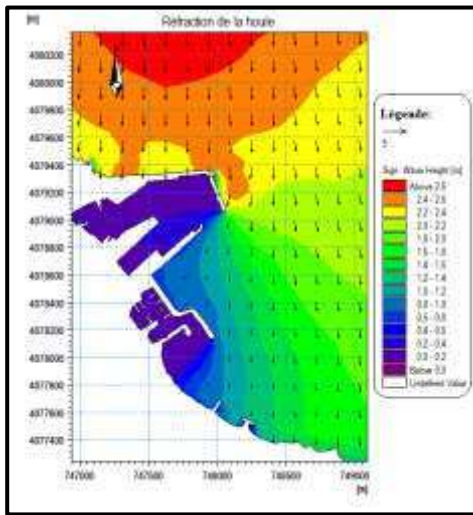


Figure n°18: Réfraction de la houle Figure n°19: Champ des courants Figure n°20: Capacité du transport sédimentaire (MWD=360° ; HS =2.67m ; T=8s)

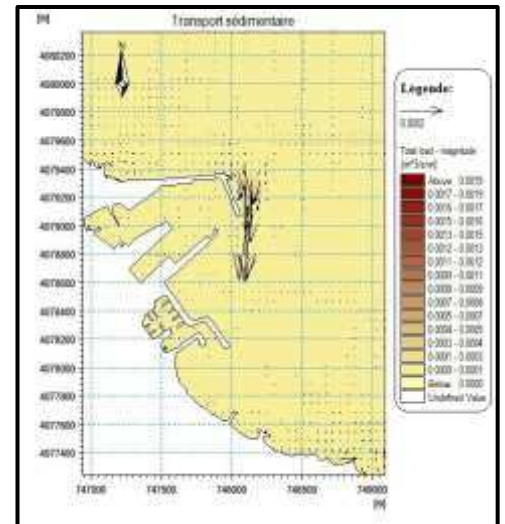
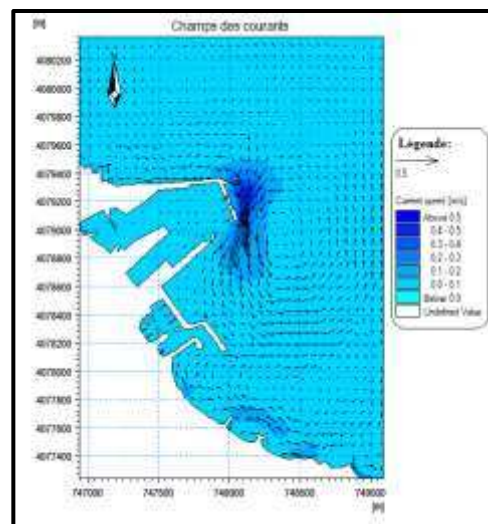
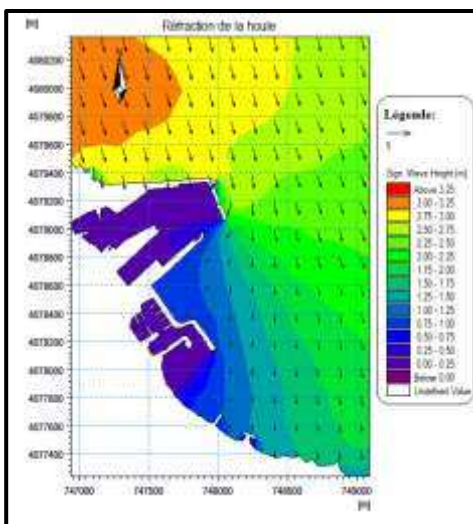
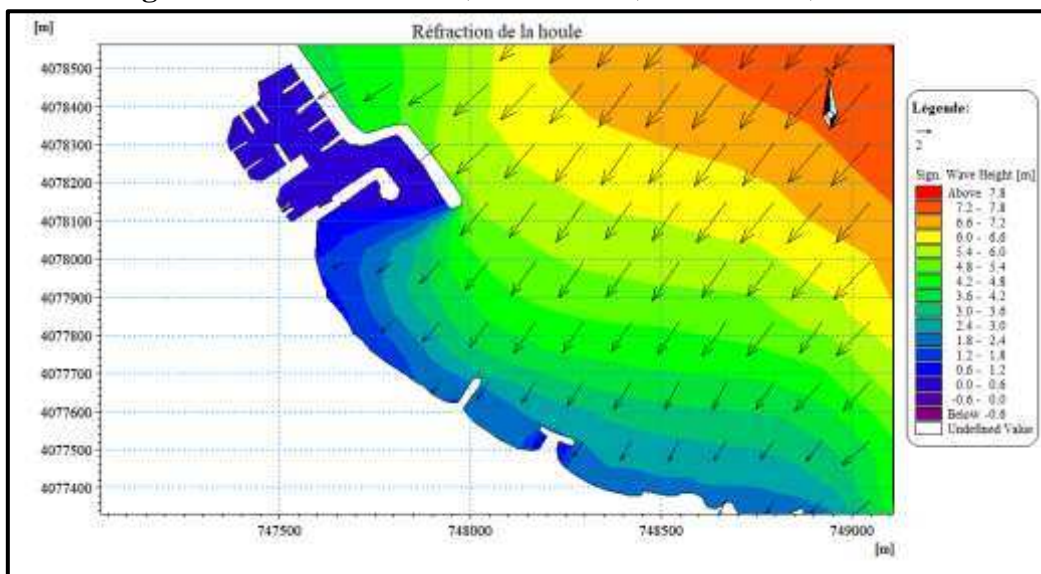
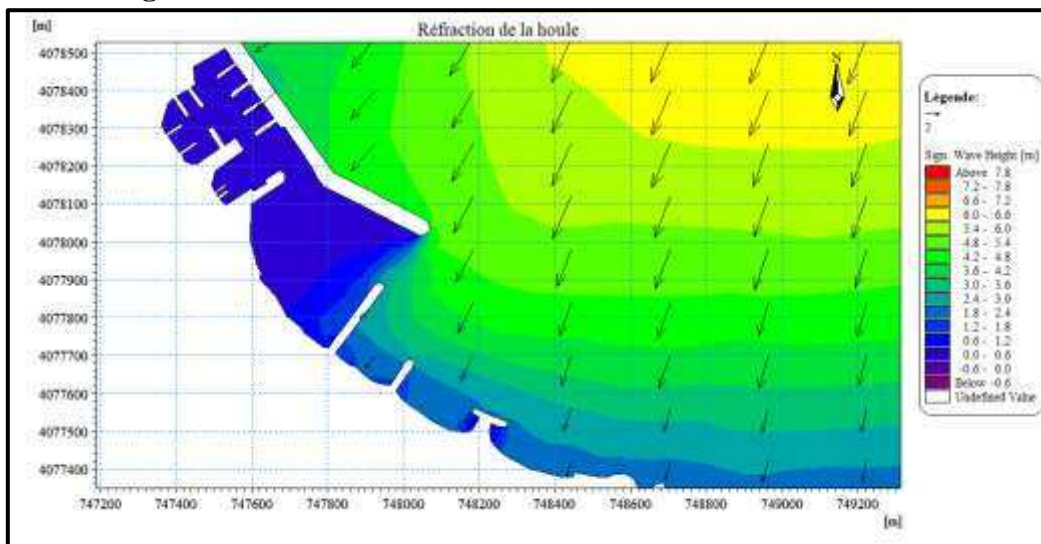
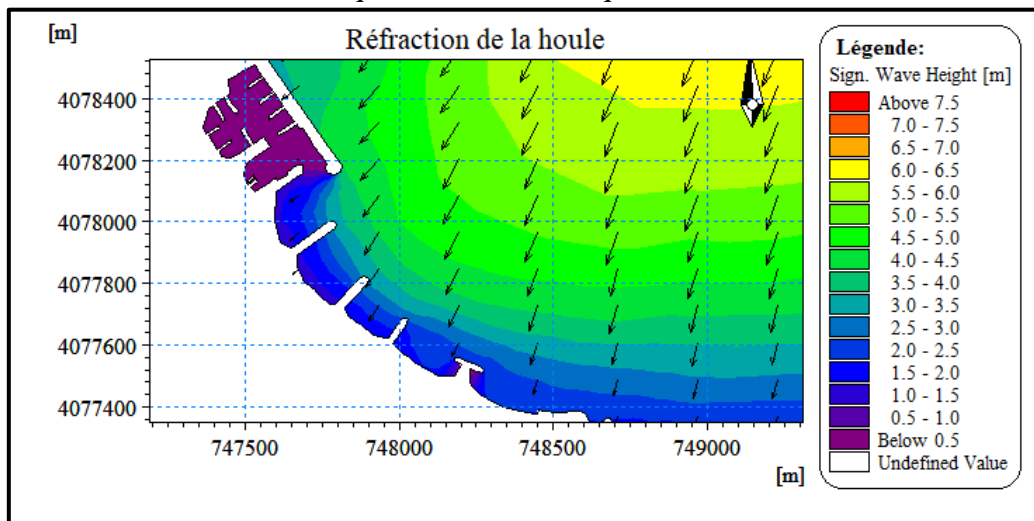


Figure n°21: Réfraction de la houle Figure n°22: Champ des courants Figure n°23: Capacité du transport sédimentaire (MWD=315° ; HS =2.64m ; T=8s)

**Annexe n°9 :** Les résultats de la simulation de la réfraction de la houle des trois variantes avec les caractéristiques des houles cinquantaennale et centennales :



Annexe n°10 : Dimensionnement des variantes

	Variante n°1				Variante n°2				Variante n°3			
	Epi n°1		Epi n°2		Jetée principale		Jetée secondaire		Jetée principale		Jetée secondaire	
	Partie musoir	Partie courante	Partie musoir	Partie courante	Partie musoir	Partie courante	Partie musoir	Partie courante	Partie musoir	Partie courante	Partie musoir	Partie courante
<b>vs</b>	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60
<b>vw</b>	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
<b>Hs</b>	3,20	1,60	3,20	1,60	4,00	3,00	2,50	1,50	4,50	3,5	1,00	1,50
<b>H1/10</b>	4,06	2,03	4,06	2,03	5,08	3,81	3,18	1,91	5,72	6,35	1,27	1,50
<b>Kd</b>	2,90	3,50	2,90	3,50	2,90	3,50	2,90	3,50	2,90	3,50	2,90	3,50
<b>cot(<math>\alpha</math>)</b>	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
<b><math>\Delta 3</math></b>	3,61	3,61	3,61	3,61	3,61	3,61	3,61	3,61	3,61	3,61	3,61	3,61
<b>n</b>	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
<b>M<sub>50</sub> carapace</b>	11,11	1,15	11,11	1,15	21,70	7,59	0,34	0,46	30,90	13,11	0,34	0,46
<b>Dn<sub>50</sub> carapce</b>	1,41	0,15	1,41	0,15	2,69	0,97	0,04	0,06	3,85	1,67	0,04	0,06
<b>e carapace</b>	8,18	1,03	8,18	1,03	15,62	6,81	0,25	0,41	22,31	11,67	0,25	0,41
<b>M<sub>50</sub> sous-couche</b>	1,10	0,12	1,10	0,12	2,10	0,76	0,50	0,10	3,00	1,30	0,03	0,05
<b>Dn<sub>50</sub> sous-couche</b>	0,14	0,01	0,14	0,01	0,27	0,10	0,06	0,01	0,38	0,17	0,00	0,01
<b>e sous-couche</b>	0,82	0,10	0,82	0,10	1,56	0,68	0,37	0,09	2,23	1,17	0,03	0,04

## Résumé

La passe d'entrée du port de pêche de Boudis est située sur le trajet de la dérive littoral (courant parallèle au trait de côte) qui se déplace dans le sens Est-Ouest.

De par le positionnement de cette passe, le sable et les sédiments transportés par la dérive littorale s'accumulent sur la jetée secondaire, pénètrent dans le rade, l'ensablent et risquent de boucher la passe.

Une passe mal située sert de couloir d'entrée aux sables, pas seulement aux bateaux, pour lutter contre cet ensablement, cette présente étude montre l'importance du réaménagement de la plage limitrophe (Kotama) et du port de Boudis pour résoudre ce problème d'ensablement.

Une simulation par le modèle Mike21 a permis de faire ressortir une solution optimale qui répond aux besoins des pêcheurs et assurant la rentabilité du port à long terme.

**Mots-clés :** bathymétrie, transport sédimentaire, modélisation, ensablement, réaménagement.

## Abstract

The entrance to the fishing port of Boudis is located on the path of the coastal drift (current parallel to the coastline) which moves in the East-West direction. Due to the positioning of this pass, the sand and sediments transported by the coastal drift accumulate on the secondary jetty, penetrate into the harbor, squelch and may block the pass.

A poorly located pass serves as a sand entrance corridor, not just boats, to fight against this silting, this study shows the importance of the redevelopment of the neighboring beach (Kotama) and the port of Boudis to solve this problem of silting. A simulation by the Mike21 model has brought out an optimal solution that meets the needs of fishermen and ensures the long-term profitability of the port.

**Keywords:** bathymetry, sediment transport, modeling, silting, redevelopment.

## ملخص

يقع مدخل ميناء بوديس لصيد الأسماك على مسار الانجراف الساحلي (الموازي للساحل الحالي) الذي يتحرك في اتجاه شرق غرب.

ونظراً لتحديد موقع هذا الممر، يتراكم الرمل والرواسب التي تنقلها الانجراف الساحلي على رصيف المراكب الصغيرة الثانوي، يخترق الميناء، يسد الطريق، ويمنع المرور.

إن الممر ذو الموقع الضعيف هو بمثابة ممر مدخل رملي، وليس فقط قوارب، لمحاربة هذا الطمي، تُظهر هذه الدراسة أهمية إعادة تطوير الشاطئ المجاور كتامة وميناء بوديس لحل هذه المشكلة.

لقد أوجدت المحاكاة بواسطة نموذج Mike21 الحل الأمثل الذي يلبي احتياجات الصيادين ويضمن ربحية طويلة المدى للميناء.

**الكلمات الدالة:** قياس الأعماق، نقل الرواسب، النمذجة، الطمي، إعادة التطوير.