

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 SCIENCE DE LA MER  
Spécialité : GESTION ET PROTECTION DU LITTORAL

Thème :

## Étude de protection du rivage de Sidi Ghiles

Présenté par :

- **BOUALEM Ahlem.**
- **DILMI Khadidja**

Soutenu le 04 Juillet 2021 devant le jury suivant :

Mme HOUMA BACHARI.F

Présidente (ENSSMAL)

Mr BELKESSA.R

Promoteur (ENSSMAL)

Mr OTMANI.H

Examineur (ENSSMAL)

Mme BOUDOUMA.Z

Examinatrice (LEM)

Année universitaire : 2020-2021

# *Remerciements*

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

*Nous tenons à exprimer notre grande reconnaissance à **Pr. BELKESSA R.** qui nous a fait l'honneur d'avoir accepté d'encadrer ce travail. Sa disponibilité durant toutes les étapes de ce travail,*

*Nous voudrions également exprimer nos vifs remerciements aux membres du jury qui ont bien voulu juger ce travail, notamment **M<sup>me</sup>. HOUMA BACHARI F.** qui a accepté de présider le jury, **M. OTMANI H.** et **M<sup>me</sup>. BOUDOMA Z.,** d'avoir accepté d'examiner ce manuscrit et de participer à ce jury. Leurs remarques pertinentes et leurs suggestions ont sans cesse permis l'amélioration de la qualité de ce document.*

*Nous avons eu la chance d'être aidé par plusieurs personnes **ALEM Abelkader, BERKANI Mousab, BENZIANE Djamel edine, DJEMAI Amira, MERZOUGUI Salem Wajih, SAF Brahim** Que nous tenons à remercier de tout notre cœur.*

*Nous finissons par un immense merci à nos **parents** qui nous ont soutenus pendant toute notre vie.*

## *Dédicaces*

A la reine qui est toujours la lumière de ma vie Maman

A mon roi, mon idole qui me donne la force d'avancer et qui était toujours  
m'encourager mon papa

A mes frères (Ziad, Walid), ma sœur (Hadjer), ma belle-sœur (Titou), et mes  
neveux (Mohamed el Fateh, Bilal Safouane)

A mes belles amies (Asma, Ahlem, Amira, Annisa, Nanoua, kenza , Cynthia,  
Aya, Marwa)

A toute ma promo GPL

A la plus personne qui m'a toujours manquer je suis certaine qu'elle est fière de  
mon à mon grand frère Bilal ALLAH YERAHMEEK

KHADIDJA

## *Dédicaces*

A celle qui a attendu avec patience les fruits de sa bonne éducation et ses dévouements A ma chère mère

A celui qui s'est changé la nuit en jour pour m'assurer les bonnes conditions

A mon cher père

A ma sœur (Mariam) et à mon frère (Djida)

A mon adorable cousine (Miranda)

A mes amies (Cynthia, Amira, Khadîdja, kenza , Saidia)

A toute la promo GPL dont je garderais toujours un très bon souvenir

AHLEM

# *Citation*

« Et quand tu veux quelque chose, tout l'Univers conspire à te permettre de réaliser ton désir »

L'Alchimiste – Paulo Coelho

# Sommaire :

<b>Introduction .....</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre I : Généralités.....</b>	<b>2</b>
<b>I. Situation géographique.....</b>	<b>3</b>
<b>I.1. La wilaya de Tipaza .....</b>	<b>3</b>
<b>I.2. La commune de Sidi Ghiles.....</b>	<b>4</b>
<b>I.3. Le site d'étude .....</b>	<b>4</b>
<b>II. Cadre géomorphologique.....</b>	<b>6</b>
<b>II.1. Cadre de géomorphologie régionale .....</b>	<b>6</b>
<b>II.2. Cadre de géomorphologie locale.....</b>	<b>6</b>
<b>III. Cadre géologique .....</b>	<b>8</b>
<b>III.1. Cadre géologique régionale.....</b>	<b>8</b>
<b>III.2. Cadre de géologie locale .....</b>	<b>10</b>
<b>IV. Données climatiques et hydrographiques .....</b>	<b>10</b>
<b>IV.1. Données climatiques.....</b>	<b>10</b>
<b>IV.2. Données hydrographiques.....</b>	<b>12</b>
<b>V. Caractéristiques sédimentologies des dépôts superficiels .....</b>	<b>13</b>
<b>VI. Données océanographiques .....</b>	<b>14</b>
<b>IV. 1. Houle au large .....</b>	<b>14</b>
<b>VII. Facteurs influent sur la zone d'étude.....</b>	<b>15</b>
<b>VII.1. Les courants .....</b>	<b>15</b>
<b>VII.2. Les houles .....</b>	<b>16</b>
<b>VII.3. Impact anthropique.....</b>	<b>16</b>
<b>VII.4. Changement climatique .....</b>	<b>16</b>
<b>VII.5. Pollution marine .....</b>	<b>17</b>
<b>Chapitre II : Matériel et Méthodes .....</b>	<b>19</b>
<b>Introduction .....</b>	<b>20</b>
<b>I. Evolution du trait de côte.....</b>	<b>20</b>
<b>1. Méthode d'acquisition des données.....</b>	<b>20</b>
<b>a) Matériel d'étude .....</b>	<b>22</b>
<b>b) Les données utilisées.....</b>	<b>23</b>

# Sommaire :

c) Méthodologie de travail .....	24
<b>II. Etude bathymétrique .....</b>	<b>27</b>
1. Mode de levé bathymétrie.....	27
2. Mode de levé topographique.....	28
3. Logiciel utilisé .....	28
4. Traitement des données .....	29
<b>III. Etude de réfraction de la houle.....</b>	<b>29</b>
1. Principe.....	30
2. Configuration du modèle HD .....	31
<b>IV. Etude du transit sédimentaire.....</b>	<b>31</b>
1. Logiciel utilisé .....	32
2. Les entrées.....	32
<b>Chapitre III : Résultats et discussions .....</b>	<b>33</b>
<b>I. Evolution du trait de côte.....</b>	<b>34</b>
1. Evolution du trait de cote par période.....	35
a) Période 1960-1972.....	35
b) Période 1972-1980.....	36
c) Période 1980-2003.....	37
d) Période 2003-2013.....	38
e) Période 2013-2021.....	39
<b>II. Etude bathymétrique.....</b>	<b>42</b>
1. La morphologie sous-marine .....	42
2. Les profils.....	43
<b>III. Etude de réfraction de la houle .....</b>	<b>44</b>
a) Propagation de la houle.....	44
<b>IV. Résultats des simulations HD et interprétation .....</b>	<b>48</b>
<b>V. Résultats des simulations ST et interprétation .....</b>	<b>50</b>
<b>Chapitre IV: Etude de protection .....</b>	<b>53</b>
<b>I. Les solutions de protection .....</b>	<b>54</b>
1. Variante 01 : Série de deux birse-lamess et un épi .....	54
1.1. Les birse-lamess .....	54
1.2. Epi.....	58
1.3. Simulation de la variante sur Mike 21.....	60

# Sommaire :

2.	Variante N°02 : Série de deux birse-lamess .....	65
a)	Description de la variante 02.....	65
b)	Simulation de la variante sur Mike 21.....	66
3.	Variante 03 : Birse-lamess en géotextile (Géo-tubes) .....	70
a)	Fonctionnement .....	71
b)	Dimensionnement .....	71
c)	Description de la variante 03.....	72
d)	Simulation de la variante sur Mike 21.....	73
4.	Variante 04 : série de trois épis .....	78
a)	Description de la variante 04.....	78
b)	Paramètres d'implantation.....	78
c)	Paramètres structuraux .....	78
d)	Simulation de la variante sur Mike 21.....	78
4.	Discussion des résultats.....	83
II.	Choix de variante retenue.....	85
1.	Comparaison Multicritères des variantes et recommandation .....	85
	Conclusion.....	90
	Référence.....	91
	Annexes .....	93

<b>Figure I.1</b> : Situation géographique de Tipaza (Google Earth 2021)	3
<b>Figure I.2</b> : Situation de la commune de Sidi Ghiles (google earth, 2021)	4
<b>Figure I.3</b> : Situation Générale de la zone d'étude (google earth)	5
<b>Figure I.4</b> : Délimitation de la zone d'étude avant la protection (LEM, description du rivage pour déterminer la zone à protéger, p4, 2012)	5
<b>Figure I.5</b> : Délimitation de la zone d'étude après la protection (Google earth, 2021)	6
<b>Figure I.6</b> : Carte géologique de la wilaya de Tipaza (à partir de la carte géologique de l'Algérie du Nord au 1/500000)	10
<b>Figure I.7</b> : Précipitations annuelles en mm dans la region de Sidi Ghiles (ANRH, 1994-2004)	11
<b>Figure I.8</b> : Précipitations annuelles en mm dans la region de Sidi Ghiles ANRH, 1994-2004)	11
<b>Figure I.9</b> : Rose des vents annuelle de Sidi Ghiles (puertos.es, 1958-2011)	12
<b>Figure I.10</b> : Evolution mensuelle du débit liquide de l'Oued el Ghobrini (ANRH, 2011)	13
<b>Figure I.11</b> : Répartition spatiale de la médiane granulométrique entre Cherchell et Sidi Ghiles (LEM, 2004)	14
<b>Figure I.12</b> : Roses trimestrielle et annuelle des houles au large de la zone de Sidi Ghiles SSMO 1963-1970)	14
<b>Figure I.13</b> : Rose des houles annuelle de Sidi Ghiles (puertos.es, 2011-2020)	15
<b>Figure I.14</b> : Profil schématique de la zone côtière montrant l'augmentation de la dissymétrie des courants orbitaux sous les vagues avec la diminution de la profondeur( $T=$ période) (Hequette.A, 2001)	16
<b>Figure I.15</b> : Rejets d'eaux usées domestique prise sur le site	18
<b>Figure I.16</b> : photos d'habitations sur la côte dans la zone d'étude	18
<b>Figure I.17</b> : vue panoramique montrant le Birse-lames (avec formation de tombolo) et de l'épi dans la zone d'étude	18
<b>Figure II.1</b> : barre d'outils	22
<b>Figure II.2</b> : photos aériennes de Sidi ghiles (1960, 1972)	23
<b>Figure II.3</b> : les images satellitaire de Sidi ghiles 2003, 2013,2021(google earth pro)	23
<b>Figure II.4</b> : Digitalisation des traits de cote (2003, 2013, 2021)	24
<b>Figure II.5</b> : Géo référencement et digitalisation des traits de côte (1960, 1972,1980, 2003, 2013, 2021)	25
<b>Figure II.6</b> : Table attributaire du vecteur shorelines	25

<b>Figure II.8</b> : Génération des transects	27
<b>Figure II.9</b> : Organigramme de création d'une carte bathymétrique	29
<b>Figure II.10</b> : Choix de directions de houles pour la zone d'étude	31
<b>Figure II.11</b> : Approche méthodologique de la modélisation par les codes MIKE-21	32
<b>Figure III. 1</b> : Carte représentative de la Baseline, de la shoreline (1960, 1972, 1980,2003, 2013, 2021) et des transects obtenus dans la zone de Sidi Ghiles	34
<b>Figure III. 2</b> : Carte représentative du rythme d'évolution du trait de côte NSM en mètres (1960-1972)	35
<b>Figure III.3</b> : Variation du NSM du trait de côte selon les transects de 1960-1972 au niveau de la zone de Sidi Ghiles ( Boualem, Dilmi, 2021)	35
<b>Figure III.4</b> : Carte représentative du rythme d'évolution du trait de côte NSM en mètres (1972-1980)	36
<b>Figure III.5</b> : <b>Variation</b> du NSM du trait de côte selon les transects de 1972-1980 au niveau de la zone de Sidi Ghiles (Boualem , Dilmi, 2021)	36
<b>Figure III.6</b> : Carte représentative du rythme d'évolution du trait de côte NSM en mètres (1980-2003)	37
<b>Figure III.7</b> : Variation du NSM du trait de côte selon les transects de 1980-2003 au niveau de la zone de Sidi Ghiles(Boualem , Dilmi, 2021)	37
<b>Figure III.8</b> : Carte représentative du rythme d'évolution du trait de côte NSM en mètres (2003-2013)	38
<b>Figure III.9</b> : Illustration du rythme d'évolution du trait de côte NSM (m) entre 2003 et 2013 dans la région de Sidi Ghiles (Boualem ,Dilmi)	38
<b>Figure III.10</b> : Carte représentative du rythme d'évolution du trait de côte NSM en mètres (2013-2021)	39
<b>Figure III.11</b> : variation du NSM du trait de côte selon les transects de 2013-2021 au niveau de la zone de Sidi Ghiles (BOUALEM/DILMI)	
<b>Figure III.12</b> : Carte bathymétrique de la zone d'étude de Sidi Ghiles (Boualem et Dilmi, 2021)	

<b>Figure III. 13</b> : Carte bathymétrique et tracée des profils dans la zone d'étude (BOUALEM et DILMI, 2021)	41
<b>Figure III.14</b> : Profil1 bathymétrique (BOUALEM et DILMI, 2021)	41
<b>Figure III. 15</b> : Profil2 bathymétrique (BOUALEM et DILMI, 2021)	42
<b>Figure III. 16</b> : Profil3 : bathymétrique (BOUALEM et DILMI, 2021)	42
<b>Figure III. 17</b> : Résultat de la réfraction de la houle pour la direction 20N (BOUALEM et DILMI)	43
<b>Figure III. 18</b> : Résultat de la réfraction de la houle pour la direction 300N (BOUALEM et DILMI)	44
<b>Figure III.19</b> : Résultat de la réfraction de la houle pour la direction 340N (BOUALEM et DILMI)	45
<b>Figure III.20</b> : Résultats de la courantologie pour la direction Nord Est (20°) (BOUALEM et DILMI)	46
<b>Figure III.21</b> : Résultats de la courantologie pour la direction Nord-Ouest (300°) (BOUALEM et DILMI)	47
<b>Figure III. 22</b> : Résultats de la courantologie pour la direction Nord-Ouest (300°) (BOUALEM et DILMI)	48
<b>Figure III.23</b> : Résultats du transport sédimentaire pour la direction Nord Est (20°) (BOUALEM et DILMI)	49
<b>Figure III.24</b> : Résultats du transport sédimentaire pour la direction Nord-Ouest (300°) (BOUALEM et DILMI)	49
<b>Figure III.25</b> : Résultats du transport sédimentaire pour la direction Nord- Nord-Ouest (340°) (BOUALEM et DILMI)	50
<b>Figure IV.1</b> : Profil de la partie courante du birse-lames échelle 1/200 (LEM, 2020)	54
<b>Figure IV.2</b> : Schématisation de la formation de tombolo et salient (Dahmani, 2020)	55
<b>Figure IV.3</b> : Profil musoir du Birse-lames échelle 1/200 (LEM, 2020)	57
<b>Figure IV.4</b> : Profil épi, échelle 1/200 (LEM, 2020)	58
<b>Figure IV.5</b> : Carte représentative de la variante 01 (birse-lamess et épi) dans la zone de Sidi Ghiles	59
<b>Figure IV.6</b> : Résultat de la réfraction annuelle de la houle Nord Est 20° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de deux birse-lamess et un épi (Boualem, Dilmi, 2020)	60
<b>Figure IV.7</b> : Résultat de la réfraction annuelle de la houle Nord-Ouest 300° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de deux birse-lamess et un épi (Boualem, Dilmi, 2020)	61

<b>Figure IV.8 :</b> Résultat de la réfraction annuelle de la houle Nord- Nord-Ouest 340° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de deux birse-lamess et un épi (Boualem, Dilmi, 2020)	61
<b>Figure IV.9 :</b> Résultat de la simulation HD annuelle de la houle Nord Est 20° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de deux birse-lamess et un épi (Boualem, Dilmi, 2020)	62
<b>Figure IV.10 :</b> Résultat de la simulation HD annuelle de la houle Nord-Ouest 300° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de deux birse-lamess et un épi (Boualem, Dilmi, 2020)	62
<b>Figure IV.11 :</b> Résultat de la simulation HD annuelle de la houle Nord-Nord Ouest340° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de deux birse-lamess et un épi (Boualem, Dilmi, 2020)	63
<b>Figure IV.12 :</b> Résultat de la simulation ST annuelle de la houle Nord Est 20° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de deux birse-lamess et un épi (Boualem, Dilmi, 2020)	63
<b>Figure IV.13 :</b> Résultat de la simulation ST annuelle de la houle Nord-Ouest 300° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de deux birse-lamess et un épi (Boualem, Dilmi, 2020)	64
<b>Figure IV.14 :</b> Résultat de la simulation ST annuelle de la houle Nord-Nord-Ouest 340° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de deux birse-lamess et un épi (Boualem, Dilmi, 2020)	64
<b>Figure IV.15 :</b> Carte représentative de la variante 02 (birse-lamess) dans la zone de Sidi Ghiles	65
<b>Figure IV.16 :</b> Résultat de réfraction SW annuelle de la houle Nord Est 20° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de deux birse-lamess (Boualem, Dilmi, 2020)	66
<b>Figure IV.17 :</b> Résultat de réfraction SW annuelle de la houle Nord-Ouest 300° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de deux birse-lamess (Boualem, Dilmi, 2020)	66
<b>Figure IV.18 :</b> Résultat de réfraction SW annuelle de la houle Nord-Nord-Ouest 340° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de deux birse-lamess (Boualem, Dilmi, 2020)	67
<b>Figure IV.19 :</b> Résultat de la simulation HD annuelle de la houle Nord Est 20° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de deux birse-lamess (Boualem, Dilmi, 2020)	67
<b>Figure IV.20 :</b> Résultat de la simulation HD annuelle de la houle Nord-Ouest 300° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de deux birse-lamess (Boualem, Dilmi, 2020)	68
<b>Figure IV.21 :</b> Résultat de la simulation HD annuelle de la houle Nord-Nord-Ouest 340° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de deux birse-lamess (Boualem, Dilmi, 2020)	68
<b>Figure IV. 22 :</b> Résultat de la simulation ST annuelle de la houle Nord Est 20° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de deux birse-lamess (Boualem, Dilmi, 2020)	69
<b>Figure IV.23 :</b> Résultat de la simulation ST annuelle de la houle Nord-Ouest 300° sur la	

plage de Sidi Ghiles avec implantation de deux birse-lamess (Boualem, Dilmi, 2020)	69
<b>Figure IV. 24</b> : Résultat de la simulation ST annuelle de la houle Nord-Nord-Ouest 340° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de deux birse-lamess (Boualem, Dilmi, 2020)	70
<b>Figure IV.25</b> : Profil des composants d'un géo-tube	71
<b>Figure IV.26</b> : Carte représentative de la variante 03 (birse-lamess en géotextiles) dans la zone de Sidi Ghiles	72
<b>Figure IV 27</b> : Résultat de réfraction SW annuelle de la houle Nord Est 20° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de deux géo-tubes (Boualem, Dilmi, 2020)	73
<b>Figure IV. 28</b> : Résultat de réfraction SW annuelle de la houle Nord-Ouest 300° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de deux géo-tubes (Boualem, Dilmi, 2020)	74
<b>Figure IV. 29</b> : Résultat de réfraction SW annuelle de la houle Nord-Nord-Ouest 340° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de deux géo-tubes (Boualem, Dilmi, 2020)	74
<b>Figure IV.30</b> : Résultat de la simulation HD annuelle de la houle Nord Est 20° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de deux géo-tubes (Boualem, Dilmi, 2020)	75
<b>Figure IV.31</b> : Résultat de la simulation HD annuelle de la houle Nord-Ouest 300° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de deux géo-tubes (Boualem, Dilmi, 2020)	75
<b>Figure IV. 32</b> Résultat de la simulation HD annuelle de la houle Nord-Nord-Ouest 340° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de deux géo-tubes (Boualem, Dilmi, 2020)	76
<b>Figure IV. 33</b> : Résultat de la simulation ST annuelle de la houle Nord Est 20° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de deux géo-tubes (Boualem, Dilmi, 2020)	76
<b>Figure IV.34</b> : Résultat de la simulation ST annuelle de la houle Nord-Ouest 300° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de deux géo-tubes (Boualem, Dilmi, 2020)	77
<b>Figure IV. 35:</b> Résultat de la simulation ST annuelle de la houle Nord-Nord-Ouest 340° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de deux géo-tubes (Boualem, Dilmi, 2020)	77
<b>Figure IV.36</b> : Carte représentative de la quatrième variante (épis) dans la zone de Sidi Ghiles	78
<b>Figure IV.37</b> : Résultat de réfraction SW annuelle de la houle Nord Est 20° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de trois épis (Boualem, Dilmi, 2020)	79
<b>Figure IV.38</b> : Résultat de réfraction SW annuelle de la houle Nord-Ouest 300° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de trois épis (Boualem, Dilmi, 2020)	79
<b>Figure IV. 39</b> : Résultat de réfraction SW annuelle de la houle Nord-Nord-Ouest 340° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de trois épis (Boualem, Dilmi, 2020)	80
<b>Figure IV.40</b> : Résultat de simulation HD annuelle de la houle Nord Est 20° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de trois épis (Boualem, Dilmi, 2020)	80
<b>Figure IV.41</b> : Résultat de simulation HD annuelle de la houle Nord-Ouest 300° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de trois épis (Boualem, Dilmi, 2020)	81
<b>Figure IV.42</b> : Résultat de simulation HD annuelle de la houle Nord-Nord-Ouest 340° sur la	

plage de Sidi Ghiles avec implantation de trois épis (Boualem, Dilmi, 2020)\_\_\_\_\_81

**Figure IV.43 :** Résultat de la simulation ST annuelle de la houle Nord Est 20° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de trois épis (Boualem, Dilmi, 2020)\_\_\_\_\_82

**Figure IV.44 :** Résultat de la simulation ST annuelle de la houle Nord-Ouest 300° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de trois épis (Boualem, Dilmi, 2020)\_\_\_\_\_82

**Figure IV.45 :** Résultat de la simulation ST annuelle de la houle Nord-Nord-Ouest 340° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de trois épis (Boualem, Dilmi, 2020)\_\_\_\_83



## Liste des tableaux :

<b>Tableau I.1</b> : Fréquences mensuelles de la houle au large par direction(LEM 2009)	15
<b>Tableau II.1</b> : Récapitulatif des procédés d'études de la cinématique côtière (Ronan jégo évolution du trait de côte : du suivi des érosions côtières à la gestion intégrée du littoral)	21
<b>Tableau II.2</b> : Données de la houle au large de la zone d'étude	30
<b>Tableau III.1</b> : Résultats de la réfraction du secteur N20°, T=8s, H=2,56m dans la région de Sidi Ghiles	45
<b>Tableau III.2</b> : résultats de la réfraction du secteur N300°, T=8s, H=2,67m	46
<b>Tableau III.3</b> : résultats de la réfraction du secteur N300°, T=8s, H=2,67m	47
<b>Tableau IV.1</b> : Pourcentage de sédiment interrompu en fonction de la profondeur et de la longueur de l'épi (Dahmani, 2020)	59
<b>Tableau IV.2</b> : caractéristiques structuraux des deux birse-lamess et de l'épi	60
<b>Tableau IV.3</b> : Caractéristiques dimensionnelles des birse-lamess	65
<b>Tableau IV. 04</b> : Détermination des caractéristiques des géo-tubes implantés (LEM, 2012)	72
<b>Tableau IV. 05</b> : Caractéristiques dimensionnels des géo-tubes	73
<b>Tableau IV.06</b> : Discussion des résultats des trois simulations (SW, HD, ST) pour les quatre variantes proposé dans la zone de Sidi Ghiles	84
<b>Tableau IV.07</b> : tableau représentatifs des différents aspects de chaque variante proposé	87
<b>Tableau IV.08</b> Comparaison des variantes	88

## Liste des Abréviations :

SIG : Système d'information Géographique

SCE : Shoreline Change Envelope

GPS : Global Positioning System

OTF : On-The-Fly

RTR : dynamique temps réel (résolution d'ambiguïté en mode OTF de GPS)

UHF : Ultra High Frequency

3D : Trois dimensions

UNIX : Uniplexed Information and Computer Service

m : mètre

S : seconde

Deg : degré

SSMO : Summary of Synoptic Meteorological Observations

LEM : laboratoire d'Etude Maritime

STP : Period Transport Sediment model

DHI : Danish Hydraulics Institute

Hm : amplitude des houles

Tp : période u routeur de le houle

PMS : Parabolic Mild-Slope

Km : kilomètre

DTP : Drection de Travaux Publique

APC : Assemblée Populaire Communale

ADAU : Plan directeur d'aménagement et d'urbanisme

mm : millimètre

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques

µm : micromètre

D<sub>50</sub> : diamètre moyenne des grains

NSM : Net Shore Mouvement.

T : période.H : hauteur.

$K_r$  : coefficient de réfraction de la houle.

NNE : Nord-Nord Est.

$K_d$  : coefficient de stabilité.

Z : hauteur d'ascensions.

Ir : Paramètre d'Iribarenne.

TVC : Tous Venant Carrière.

Kg : Kilogramme.

T : tonne.

H : hauteur.

### **Liste des formules :**

Formule (1) : Longueur des birse-lamess.

Formule (2) : Espacement entre les birse-lamess. Formule (3) : Longueur relative des birse-lamess. Formule (4) : Carapace.

Formule (5) : Sous couche.

Formule (6) : Epaisseur.

Formule (7) : Largeur de la berme.

Formule (8) : Le coefficient de Battjes.

Formule (9) : Hauteur d'ascensions.

Formule (10) : Paramètre d'Iribarenne.

Formule (11) : Longueur d'onde de la houle au large.

## **Introduction :**

Les littoraux meubles sont fréquemment caractérisés par l'instabilité : on ne peut jamais être assuré qu'ils resteront stables, ou continueront d'évoluer comme au cours de la période d'observation. Un rien suffit à changer leur équilibre, à détruire un état que nous jugions pourtant adapté à nos besoins, à provoquer une évolution inattendue, et souvent dommageable (Jean-Pierre Pinot, 1998).

L'érosion peut être définie comme un phénomène de déplacement des matériaux à la surface du sol sous l'action des vagues, du vent, de l'homme ou simplement de la gravité (Girard et al, 2005). Ce phénomène est plus accentué au niveau des littoraux sableux

La lutte contre l'érosion exige une compensation adéquate des processus fondamentaux de la zone, plutôt que de réaliser à grands frais des ouvrages de protection, le plus souvent aussi coûteux qu'inefficaces.

La plage centre de Sidi Ghiles, connaît depuis quelques années un réel problème d'érosion qui a pour cause notamment les aléas naturels (forçage des houles, changement climatique) et l'implantation de l'homme sur ce littoral.

Sur demande de la DTP de la wilaya de Tipaza, une étude en vue de l'élaboration d'une solution de protection pour cette plage a été effectuée.

Le but de notre étude est non seulement d'évaluer l'érosion au niveau de cette zone mais aussi de trouver les aménagements adéquats, répondant aux critères exigés par la DTP et en tenant en compte les caractéristiques de la commune de Sidi Ghiles, qui est connue par sa richesse culturelle et agricole depuis des décennies

Et sur ces conditions nous avons effectué une étude de protection pour la plage de Sidi Ghiles qui s'étend sur 1,5 km, qui subit un réel problème d'érosion, dans le but d'évaluer l'érosion au niveau de cette zone mais aussi de trouver la solution de protection adéquate.

Pour ce faire, nous avons suivi le plan de travail suivant : un chapitre de généralité pour mieux connaître la zone, suivi du chapitre de matériel et méthodes utilisés pour les différentes études effectuées (évolution du trait de côte, bathymétrie, réfraction de la houle et transit sédimentaire), les résultats obtenus et leurs discussions sont cités dans le troisième chapitre, pour finir nous avons le chapitre d'étude de protection et de gestion pour le choix de la solution d'aménagement.

# Chapitre I : Généralités

## I. Situation géographique :

### I.1. La wilaya de Tipaza :

Tipaza est une ville algérienne côtière située à 50 km à l'ouest d'Alger. Elle est à l'origine une fondation punique en Afrique du Nord. Comme toutes les villes du bassin méditerranéen. La présence de la Mer donne un paysage particulier et un intérêt touristique.

Elle s'étend sur 120 Km environ à partir de la commune de Douaouda du côté Est, jusqu'à celle de Damous du côté Ouest sur une largeur de 20 Km environ vers le Sud. Elle se situe dans le grand bassin versant (02) du côtier Algérois comprenant lui-même 22 sous-bassins.

Coordonnées géographiques de Tipaza :

36° 35' 31'' Nord, 2° 26' 58'' Est.

Situé au Nord du tell central. Elle est limitée géographiquement par:

- ✓ La mer Méditerranée au Nord;
- ✓ La Wilaya de Chlef à l'Ouest;
- ✓ La Wilaya d'Ain Defla au Sud-ouest;
- ✓ La Wilaya de Blida au Sud;
- ✓ La Wilaya d'Alger à l'Est.

Les communes limitrophes :

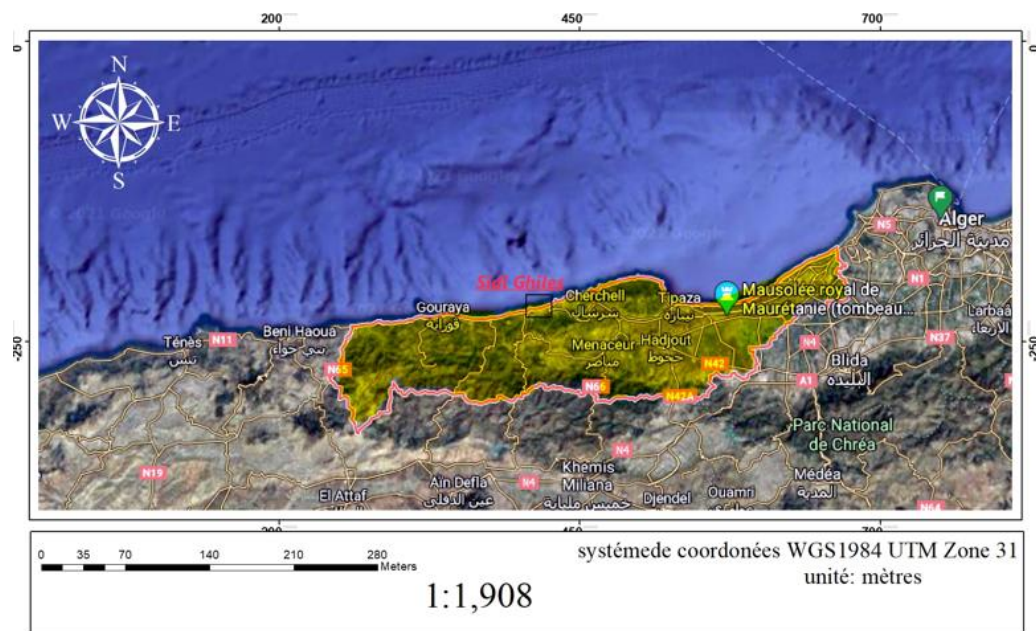


Figure I.1 : Situation géographique de Tipaza (GoogleEarth 2021).

### I.2. La commune de Sidi Ghiles :

Sidi Ghiles (anciennement Novi pendant la colonisation française), est une commune de la wilaya de Tipaza en Algérie. Le territoire de la commune de Sidi Ghiles est situé à une distance d'environ

130Km d'Alger, au nord-ouest de la wilaya, à environ 32 km à l'ouest de Tipaza et à 7 km au sud-ouest de Cherchell.

À sa création, en 1984, la commune de Sidi Ghilès est constituée à partir des localités suivantes :

- Ialallène

- Ibouaïchène
- Imetlaïne
- Oued El Hamam
- Sidi Ghilès
- Taourira

Elle s'étend sur une superficie de 3715 Ha dans la partie Ouest de Tipaza. Cette partie du littoral Cherchellois est délimitée à l'Est par la commune de Cherchell, à l'Ouest par la commune de Hadjeret Ennous, au Sud par la commune de Sidi Semiane et au Nord par la mer Méditerranéenne, et ses coordonnées sont :

- Latitude :  $36^{\circ}35'60''$  N.
- Longitude :  $2^{\circ}7'.22''$  E.
- Altitude : 30m.

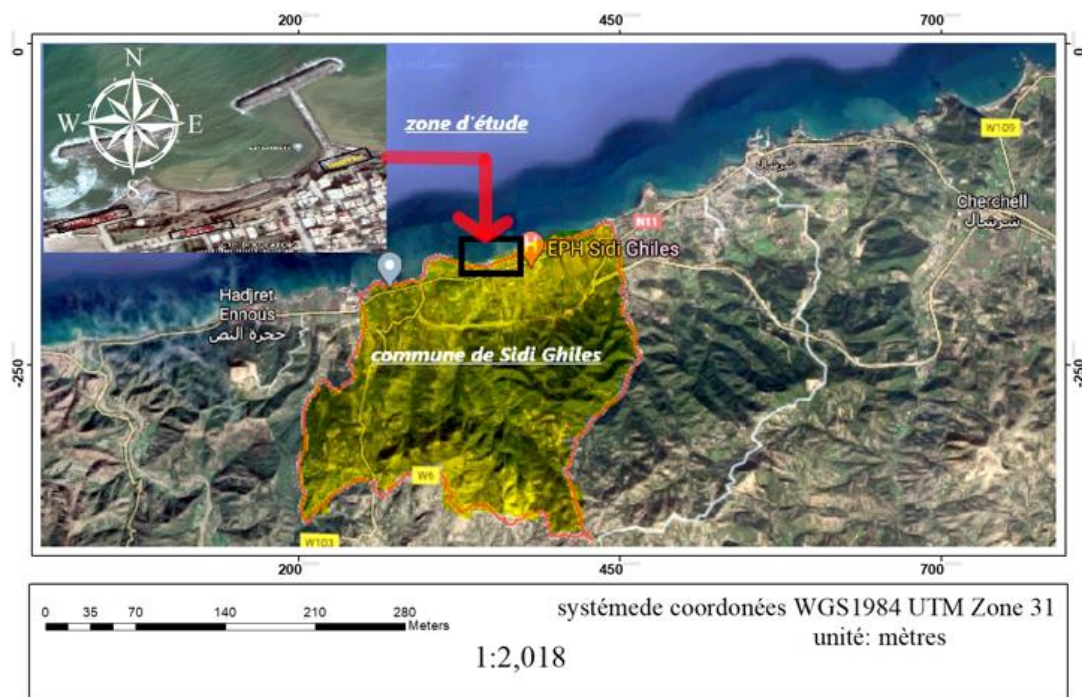


Figure I.2 : Situation de la commune de Sidi Ghiles (google earth, 2021)

### I.3. Le site d'étude :

Le rivage de Sidi-Ghiles est localisé dans la côte occidentale du littoral de Tipasa à environ 32Km à l'Ouest de Tipasa et à 7Km au Sud-ouest de Cherchell entre les parallèles :

- $36^{\circ}35'04''$  et  $36^{\circ}35'08''$  de latitude Nord.
- $2^{\circ}07'06''$  et  $2^{\circ}07'24''$  de longitude Est.



Figure I.3: Situation Générale de la zone d'étude (Google earth).

### Délimitation de la zone d'étude :

La zone d'étude est située dans la partie Est du front côtier de Sidi-ghiles entre un promontoire rocheux escarpé à l'Est et l'Oued de Sidi Ghiles. Elle s'étend sur une longueur de 300 m linéaire de cote, délimité à l'Est par une habitation et à l'Ouest par le croisement de la route menant à la plage, du côté Nord on note la présence d'une zone terrassé attenante aux habitations et qui surplombe la plage.



Figure I.4 : Délimitation de la zone d'étude avant la protection (LEM, description du rivage pour déterminer la zone à protéger, p4, 2012).



**Figure I.5 :** Délimitation de la zone d'étude après la protection (Google earth, 2021).

## II. Cadre géologique :

### II.1. Cadre géologique régionale :

Affectée par les mouvements orogéniques alpins et hercyniens, l'Algérie du Nord présente une importante complexité géologique, cependant elle a été l'objet de plusieurs études géologiques, notre zone d'étude en fait partie.

#### ➤ Stratigraphie :

##### a. Les terrains éruptifs :

Ils n'apparaissent qu'en pointements de faible superficie en bordure du littoral. Ils sont représentés par des Granites, Granodiorites au sud de Hadjret En-Nous et des Syénites près de Cherchell, des liparites quartzifères et feldspathiques et dacites sur le flanc sud du Chenoua. Les affleurements sont plus importants sur la bordure du bassin synclinal Miocène de Menaceur où la roche est surtout constituée d'Angitendésites, où prospère la forêt de chaîne liège.

Toutes ces roches éruptives fournissent des sols non calcaires, siliceux très caillouteux et superficiels à vocation strictement forestière.

##### b. Les terrains primaires :

Ils ne sont présents que sur la moitié du Nord du Mont du Chenoua. Le Dévonien y est représenté par une série de schistes noirs, micro brèches et grès et le Permien par des conglomérats à éléments siliceux, grès variés et argiles rouges.

##### c. Les terrains secondaires :

Ils sont représentés par :

###### C.1. Le Trias :

Il forme des pointements isolés assez nombreux dans la partie Est du Zaccar et dans le mont de Chenoua. Il est formé de calcaires jaunâtres, d'argiles rouges ou bariolées et de dolomie.

### **C.2. Le Jurassique :**

Il est formé de calcaire dur comportant quelque fois silex et constitue les lignes de crêtes, les pics et les falaises abrupts. On rencontre cette formation sur le versant Est du Chenoua dépourvu de sols et de couverture végétale.

### **C.3. Le Crétacé :**

Très largement dominant dans le périmètre d'étude, il se décompose en trois étages distincts.

#### **La Crétacée inférieure :**

Constitue les massifs centraux et les lignes de crêtes du Zaccar. Il est composé de schistes, de grès, de quartzites et de calcaires.

L'Albien, formé d'argiles brunes gréseuses et de grès quartziteux, se rencontre surtout dans la forêt de Tizi Franco et de Bou Harb.

Cette formation apparaît également au Sud de Menaceur où le chêne liège prolifère sur des grès.

#### **Le crétacé moyen :**

Il est représenté par le Cénomaniens et le Turonien observé dans le versant Nord et sur le djebel Nador.

Le Cénomaniens dominant est caractérisé par une alternance de marne argileuses ou de marno-calcaires tendre et roches calcaires dures.

L'érosion a créé un relief accusé par enlèvement des marnes qui forment les bas-fonds et les vallées. Les calcaires durs forment les crêtes rocheuses. Ces formations donnent rarement naissance à des sols cultivables. C'est un substrat géologique à vocation essentiellement forestière.

#### **Le crétacé supérieur :**

Est représenté par le Sénonien et le Danien. Il est formé par des marnes schisteuses présentant des lentilles de calcaires. Les marnes Cénomaniennes donnent naissance à des sols agricoles du moins dans les zones à topographie favorable; sur les fortes pentes, elles sont couvertes de forêts de pins.

Ces formations géologiques sont à vocation agricole lorsque la topographie et l'épaisseur du sol sont favorables et à vocation forestière sur les hauts piémonts.

### **D. Les terrains tertiaires :**

#### **d.1. L'Eocène :**

Il apparaît sous forme de petits affleurements très dispersés au Sud-Est du massif du Chenoua. Il est formé de marnes, de grès, de calcaires et de calcaire gréseux de l'Eocène inférieur.

#### **D.2. Le Miocène :**

On le retrouve principalement dans la plaine de l'oued Messelmoune et de Sidi Ghiles. Il est représenté par plusieurs assises à la base des grès grossiers.

Au-dessus, viennent s'étager des couches argilo-gréseuses, puis des marnes parfois gréseuses du Burdigalien. Seules les argiles rouges donnent des terres agricoles.

### D.3. Le Pliocène

Il occupe essentiellement la plaine de la Mitidja Ouest où il affleure largement. Il forme un affleurement de couches gréseuses jaunes qui se plongent par des sables à l'ouest.

### E. Les terrains quaternaires :

Les formations Quaternaires, généralement meubles, donnent des sols alluviaux profonds à vocation agricole par excellence. Elles couvrent les plaines littorales, et les terrasses alluviales des principaux oueds (Mazafran, El Hachem, Nador, Messelmoune et Damous).



**Figure I.6:** Carte géologique de la wilaya de Tipaza (à partir de la carte géologique de l'Algérie du Nord au 1/500000).

### II.2. Cadre de géologie locale :

Le littoral de Sidi Ghiles est caractérisé par un mélange entre accumulation sableuse au centre et des formations rocheuses à l'Est et à l'Ouest. Il s'étale sur 1,6 km de longueur et une largeur variable entre 10 et 50 m, elle peut atteindre 65 m et ceci est observé dans la portion étudiée. (Voir Figure 10).

A partir de la carte géologique de l'Algérie (2<sup>ème</sup> édition), à l'échelle 1/500000, on a reporté les formations locales rencontrées au niveau du site d'étude et ses alentours.

A l'Ouest, les dépôts actuels (récents) sont constitués essentiellement de calcaire, grès et argiles observables sur toute la zone d'étude, qui résultent du miocène supérieur marin, ainsi que des roches ignées granitiques vers l'arrière-pays, qui apparaissent sous formes de formations rocheuses. A l'Est, des faciès marins normaux sont bien apparents du Crétacé inférieur.

La géologie et la géomorphologie de la zone étudiée classe le site comme très vulnérable, sans aucune protection et face aux violentes tempêtes ; la plage Ouest de Sidi Ghiles pourrait subir des érosions et des submersions très importantes du à son exposition à l'action frontale des vagues, causant des pertes dans le profil et menaçant ainsi les agglomérations à proximité.

### III. Cadre géomorphologique :

### III.1 Cadre de géomorphologie régionale :

Sur le plan géomorphologique, la baie de Tipaza est subdivisée naturellement en deux grands ensembles géomorphologiques qui sont les suivants :

- Le massif du Chenoua à l'ouest faisant partie de la chaîne calcaire kabyle et subissant une tectonique de décrochement, il s'élève subitement à plus de 850 m.
- Les contreforts du Sahel de Tipaza, formés par un complexe pliocène, déformé en anticlinal parallèle à la côte et s'élevant à plus de 240 m mais d'une manière progressive. Son littoral est interrompu par les oueds Nador à l'ouest et Mazafran à l'est.

L'aspect morpho tectonique de Tipaza :

La plaine de Tipaza s'inscrit dans une large cuvette qui continue à se glisser et s'enfoncer sous le massif de Chenoua en le soulevant depuis plus de 200 000 ans. Ces mouvements morpho tectoniques rendent instable le substrat de Tipaza et se forment des zones de ruptures par flexion sur la roche et provoquent des zones d'effondrement en bloc des promontoires côtiers.

La succession des criques et des promontoires est donc conséquence de ces mouvements. (Belli.F, 2019).

### III.2 Cadre de géomorphologie locale :

Dans sa configuration globale, le front côtier de Sidi Ghiles s'étale sur une bande côtière descendant en pente douce vers la mer, surplombé au sud de collines étagées coiffées de pins. Il prend une forme d'un croissant ouvert vers le large avec une légère orientation vers le Nord-est, Sud-ouest faisant face à la direction de la houle de Nord-ouest qui est la plus dominante en période hivernale et s'ouvrant sur environ 2 km entre le promontoire rocheux à l'Est et à la pointe d'olivier à l'Ouest.

Du point de vue géomorphologique, ce front côtier est situé sur des formations quaternaires constituées essentiellement d'alluvions colluvionnaires sur les replats des versants surplombant la frange littorale et des formations marines formées essentiellement d'éboulis et gravies sur le long de la cote.

Ce front de mer présente une bande d'une plage très étroite qui s'allonge en continuité sur tout le long de la globalité de la cote et qui s'interrompt au milieu au niveau de l'oued de Sidi Ghiles

L'investigation a commencé à partir de la limite Est de la zone d'étude. Il a été noté que du point de vue morphologique, le rivage se présente en trois parties :

- ✓ **La plage aérienne** : des indices et des formes sont bien visibles montrant que le site reçoit un intense hydrodynamisme côtier, caractérisé par :
  - Une étroitesse de la plage sèche de nature caillouteuse qui se développe en continuité tout le long de la cote.
  - Une pente très élevée avec apparition des microfalaises.
  - Une présence des débris de la mer (herbiers,...) sur toute la largeur de la cote.
- ✓ **Le talus côtier** : dans la partie haute, la plage se termine par un talus plus ou moins élevé qui s'étend tout le long de la plage, ce talus est en grande partie le résultat des dépôts des matériaux, ainsi que toutes les accumulations de différents débris et déchets (matériaux de démolition, ordures ...)

Le front actuel prend une forme de banquettes en deux lits avec un plat d'une largeur importante au niveau de sa partie Est.

Des indices témoignant la fragilité de ce talus vis-à-vis de l'érosion marine et terrestre ont été remarqués, à savoir :

- La nature du sol qui est en majorité argileuse.
  - La présence des indices de l'érosion marine au pied de talus.
  - Des rides d'érosion apparentes sur la surface du versant sous l'effet des eaux de ruissellement (absence de système de drainage).
- ✓ **La placette** : au sommet du talus, une zone terrassée d'une surface de 1 ha environ, domine le site. Son aspect pittoresque est très fortement lié à la présence de trois grands palmiers.

D'après un représentant de la DTP, cette terrasse sera aménagée en esplanade selon le plan PDAU qui se trouve au niveau de l'APC de Sidi Ghiles.

L'accès à cette placette est très facile grâce à la structure en damier du plan architectural de la ville de Sidi Ghiles.

La présence sur la plage des petites embarcations de pêche affectées pour l'activité de la pêche artisanale témoigne la forte relation existante entre les habitants et la mer.

Le rivage souffre, en continuité de l'impact exercé par d'autres facteurs en termes de pollution, notamment les débris, déchets et les eaux usées.

Le versant du talus est en grande partie occupé par des espèces végétales caractéristiques des sols humides (roseaux) qui révèlent la présence d'eau en Provence soit du haut du talus soit d'infiltrations ou source au sein du talus (nappe perchée).

## IV. Données climatiques et hydrographiques :

### IV.1. Données climatiques :

La climatologie et les études hydrologique-hydraulique sont à associer. Il convient d'envisager l'intégration des paramètres, de la température, du vent, de l'humidité, etc., dans les simulations des phénomènes complexes de comportement des sols à l'infiltration, à la saturation et au ruissellement, ainsi que l'évaluation du stock hydrique du sol, du pouvoir humidifiant et de l'évapotranspiration potentielle .

L'idéal serait d'avoir à disposition l'ensemble de ces paramètres pour mener convenablement des études portant sur la génération et le transfert du ruissellement des eaux à l'exutoire. Dans la pratique et dans le contexte Algérien, il est assez rare que tous ces paramètres soient mesurés. Dans ce qui suit, il est donné un aperçu sur les quelques paramètres (mesurés) représentatifs de la climatologie du milieu étudié.

La région étudiée bénéficie d'un climat méditerranéen été chaud et aride, alors que le reste de l'année est pluvieux et moins chaud.-(BELLI.F.Z.2010)

#### a. Précipitation :

L'étude des précipitations constitue un élément essentiel pour l'analyse des ressources en eau, dont la connaissance des pluies journalières et l'intensité maximale est primordiale pour les aménagistes afin de pouvoir dimensionner certains ouvrages hydrauliques.

La station pluviométrique de Sidi Ghiles nous a permis d'obtenir des données de précipitations mensuelles et annuelles cumulées durant le période de 1933-2009. Les moyennes de précipitations cumulées en (mm) par mois (1994-2005)

Ces données de pluviométrie ont été représentées dans le diagramme suivant :

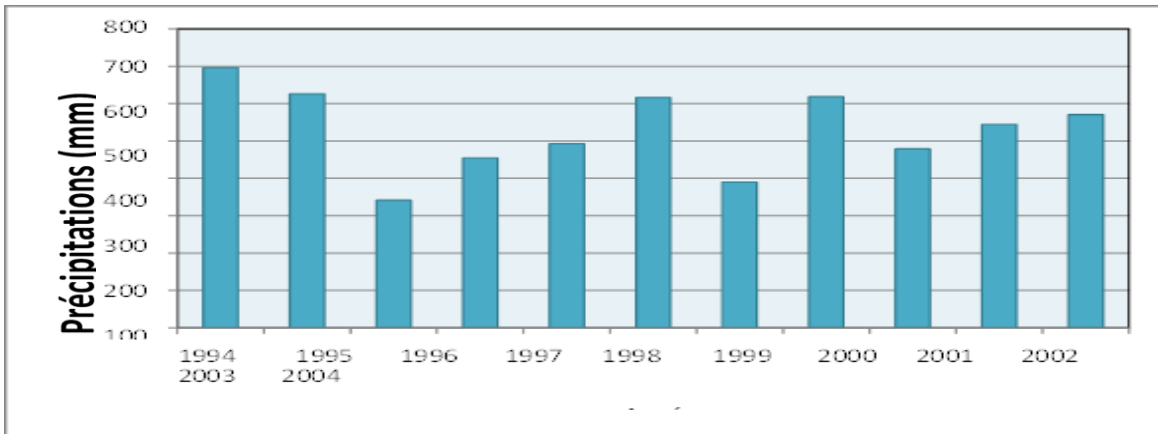


Figure I.7 : Précipitations annuelles en mmdans la région de Sidi Ghiles(ANRH, 1994-2004).

Dans notre zone d'étude, les précipitations se répartissent d'une manière irrégulière sur l'année. Les mois de Septembre à Mai et plus particulièrement de Novembre à Février sont les plus arrosés. On remarque aussi que les précipitations, pour le même mois au fil des années sont variables depuis 1994, il y'a des années très humides et d'autres beaucoup plus sèches.

**b. Température :**

Un traitement des données pluviométriques et thermiques peut nous informer sur la nature du climat dans notre zone, ainsi le digramme ombrothermique suivant est obtenu en portant sur les abscisses les mois, et sur les axes verticaux les précipitations et les températures mensuelles moyennes et ceci durant une décennie, le graphe obtenu est représenté par la Figure suivante:

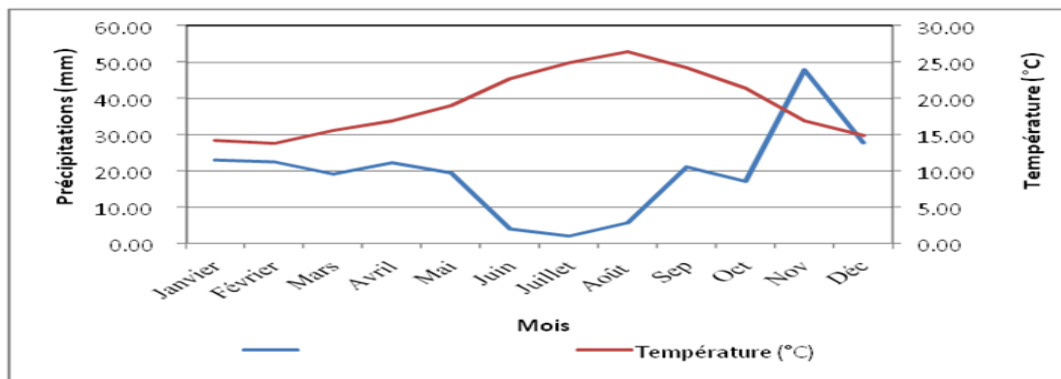


Figure I.8 : Précipitations annuelles en mm dans la région de Sidi Ghiles ANRH, 1994-2004).

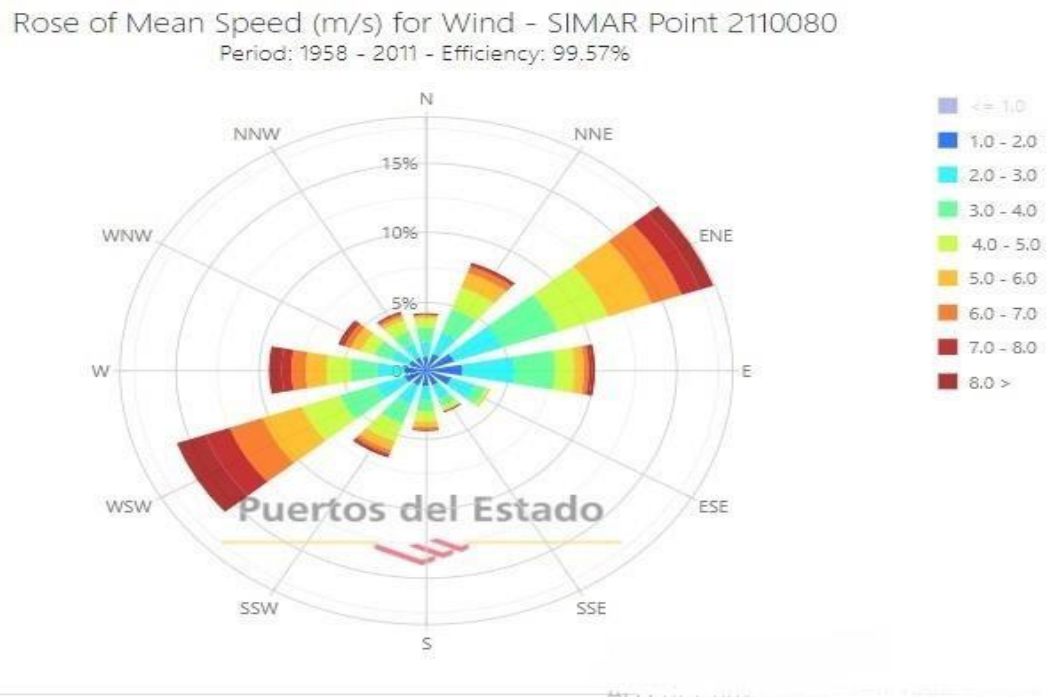
On distingue deux périodes : une période sèche et une période chaude s'étalant du mois de Janvier jusqu'à la mie Octobre, avec des températures variantes entre 15 °C en hiver et dépassant les 25 °C en été et de faibles pluies qui ne dépassent pas les 20 mm. Ainsi qu'une période humide est plus ou moins douce où les températures ne descendent pas au-dessous de 15°C, avec des pluies assez importantes dépassant les 40 mm en Novembre.

**c. Le vent :**

Les vents par leurs actions directes sur la déformation de la surface libre (houle, vague)

et la conséquence en termes de dynamique sédimentaire qui en découlent, sont des agents météorologiques particulièrement importants à considérer.

Grace au site de Puerto Del estado « <http://www.puertos.es/en-us> » en modélisé numérique et à partir d'un point de mesure dans le large de Sidi Ghiles (dite Simart Point) avec les coordonnées de Longitude 2.17°E et Latitude : 36.67°N. On a pu reconstituer les données de vent de 1958 à 2011 avec les résultats suivants :



**Figure I.9:** Rose des vents annuelle de Sidi Ghiles (puertos.es, 1958-2011).

On remarque que les vents les plus dominants sont de direction Est-nord-est et ouest-sud-ouest avec des valeurs de (W-S-W 15,3%) et (E-N-E 11,3%).

#### IV.2. Données hydrographiques :

L'hydrologie « continentale » peut nous fournir une réponse, car elle conditionne le transport sédimentaire, par ruissellement et écoulement, du matériel détritique produit par le versant. Elle est donc vecteur des apports sédimentaires à la cote.

Pour notre site d'étude on a choisi d'étudier le bassin versant d'oued Bellah et l'oued de Ghobrini, pour leur localisation près de Sidi Ghiles.

- **bassin versant d'oued mellah (ouBellah)**

Le bassin versant de oued Bellah s'étend sur une superficie de 55 Km<sup>2</sup>. Il est limité au Nord par la mer Méditerranée, à l'Est par la wilaya de Tipaza, au Sud et Sud-Ouest par la wilaya d'Ain Defla et à l'Ouest par la wilaya de Chlef.

- **Oued Ghobrini :**

Oued el Ghobrini se situe à l'Ouest de Cherchell à une altitude maximale de 1417 m, il est long de 34 Km sur un périmètre de 63 Km. Les débits de l'Oued el Ghobrini augmentent progressivement depuis le mois de septembre pour atteindre 2 m<sup>3</sup>/s en mois de Mars, puis ils diminuent subitement vers le début du mois d'Avril jusqu'à des

valeurs nulles en mois de Juillet et d’Aout, ceux-ci est due principalement à la diminution des précipitations et à l’absence des sources qui alimentent l’oued

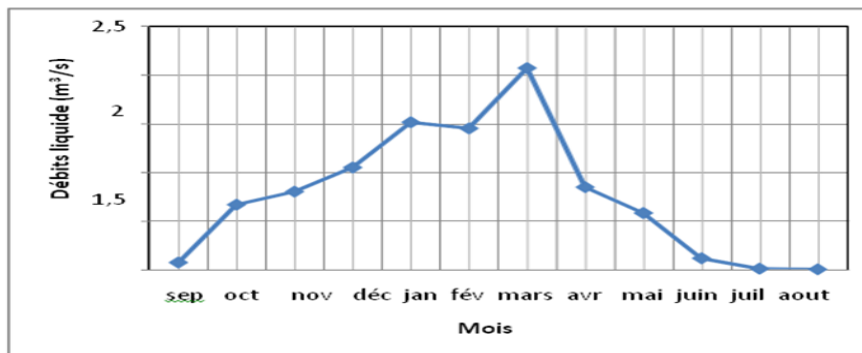


Figure I.10: Evolution mensuelle du débit liquide de l’Oued el Ghobrini (ANRH, 2011).

**V. Caractéristiques sédimentologies des dépôts superficiels :**

Suite à l’observation de la carte obtenue par le LEM(2012),on observe que la carte de la répartition spatiale du diamètre médian (D50) du site de Cherchell et Sidi Ghiles effectuée dans le cadre de l’élaboration de la carte sédimentaire de la wilaya de Tipaza (2004), Le secteur de la zone d’étude présente un espace meuble avec une prédominance d’un sable grossier dont le diamètre moyen (D50) est compris entre 500 et 2000 µm (Voir Figure 12).

On note un sable très grossier ( $2000 \mu\text{m} < D50 < 10500\mu\text{m}$ ) au niveau de la partie Ouest de la zone d’étude qui est plaqué contre la côte au niveau des profondeurs comprises entre les isobathes 0 et -5m.

La répartition des sédiments en place correspond à une répartition classique des sédiments en mer à savoir la diminution graduelle de la taille des sédiments de la côte vers le large (tri granulométrique dans le profil).

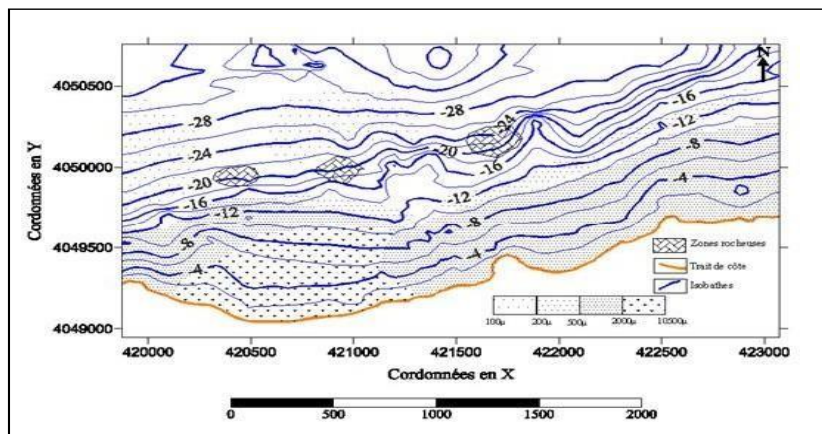


Figure I.11: Répartition spatiale de la médiane granulométrique entre Cherchell et Sidi Ghiles (MOUHOUBI et OUABEL,2012 ).

**VI .Données océanographiques :**

**IV. 1.Houle au large :**

Le principe de l’analyse de la houle au large est basé sur les observations faites par les

navires (données du SSMO - Summary of Synoptic Météorological Observations) et s'étalant sur une période de 8 ans (1963 à 1970).

Une analyse statistique de ces données permet de définir les secteurs des houles dominants.

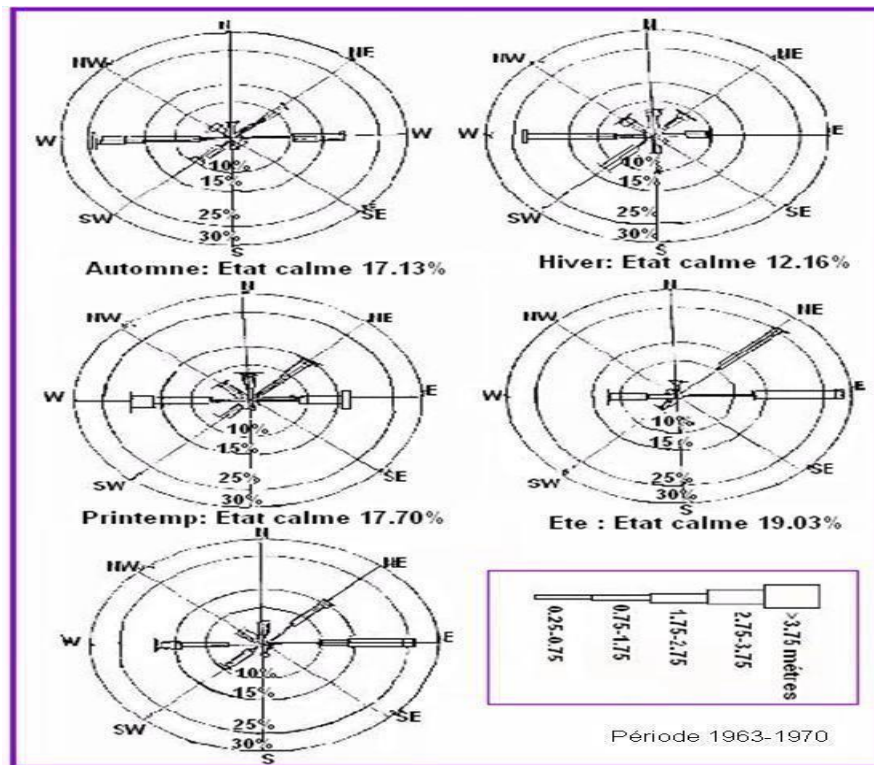


Figure I.12: Roses trimestrielle et annuelle des houles au large de la zone de Sidi Ghiles SSMO 1963-1970).

Tableau I.1 : Fréquences mensuelles de la houle au large par direction(LEM 2009)

Mois	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
Javier	8.10	12.90	18.20	5.00	6.50	13.20	28.80	7.30
Février	8.80	10.30	12.60	4.00	6.10	16.90	35.60	5.80
Mars	11.30	12.60	15.80	3.60	4.50	12.30	30.50	9.20
Avril	11.70	15.40	16.00	2.00	4.40	13.70	26.70	10.20
Mai	8.20	26.30	31.90	3.00	3.30	7.20	13.90	6.20
Juin	9.20	29.10	29.80	1.80	1.40	8.20	16.40	4.20
Juillet	5.90	32.50	35.10	1.40	1.00	5.90	16.30	2.00
Août	8.80	27.70	37.30	1.90	1.10	5.00	13.40	4.90
Septembre	6.70	26.40	40.50	2.20	2.30	4.60	14.80	2.50
Octobre	7.80	14.10	20.30	3.20	4.20	14.80	28.80	6.80
Novembre	5.50	5.80	10.00	5.10	8.00	15.90	40.40	9.40
Décembre	10.20	6.20	9.40	4.60	7.50	15.00	37.10	10.00

Les résultats de cette analyse groupée dans le tableau ci-dessus dénotent ce qui suit :

Les houles les plus fréquemment observées appartiennent aux secteurs Ouest, Est et - Nord Est.

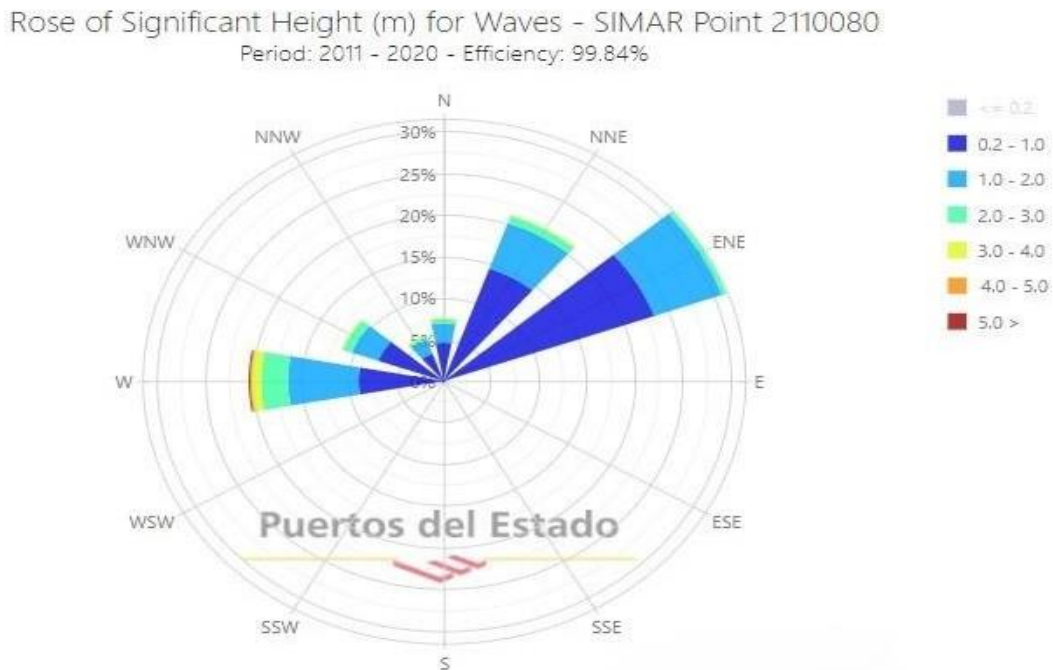
La fréquence d'observations sur l'année des houles d'Est et d'Ouest sont sensiblement

identiques avec toutefois une légère prédominance du secteur Ouest.

En été, les houles d'Est prédominent. En hiver, les houles d'Ouest prédominent. Le secteur Nord a une répartition assez régulière durant l'année. Les houles provenant des secteurs Ouest et Est sont les plus fréquentes, néanmoins pour les fortes houles, le secteur Ouest prédomine. Les houles de tempêtes proviennent essentiellement du secteur Ouest.

Grace au site de Puerto Del estado « <http://www.puertos.es/en-us> » en modelé numérique et a partir un point de mesure dans le large de Sidi Ghiles(dite Simart Point) avec les coordonnées de Longitude 2.17°E et Latitude : 36.67°N

On a pu reconstituer les données de houle de 2011 à 2020 avec les résultats suivants :



**Figure I.13** : Rose des houles annuelle de Sidi Ghiles (puertos.es, 2011-2020).

Les houles les plus dominantes sont de direction est-nord-est et ouest et celle de nord-est.

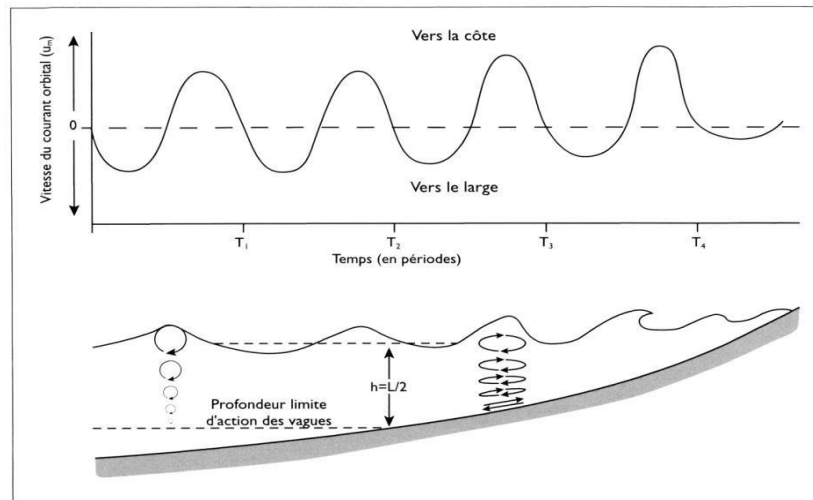
## VII. Facteurs influent sur la zone d'étude :

### VII.1. Les courants :

Les vagues représentent la principale source d'énergie transmise à la zone littorale et constituent un agent essentiel de la dynamique littorale. Elles sont à l'origine de plusieurs types de courants qui se manifestent avec une fréquence et une intensité variables selon la profondeur à laquelle ils agissent. Au large, les vagues présentent un profil sinusoïdal (selon la théorie de Airy) et se propagent sans qu'elles ne soient affectées par le fond, car les profondeurs y sont trop importantes. À la faveur de la diminution des profondeurs à l'approche de la côte, les vagues commencent à être influencées par le fond, ce qui se manifeste par une diminution de leur longueur d'onde et de leur célérité alors que leur hauteur  $a$ , en règle générale, tendance à augmenter. La profondeur ( $h$ ) théorique à partir de laquelle le fond affecte la houle est généralement fixée à la moitié de la longueur d'onde ( $L$ ) des vagues ( $h = L/2$ ) (Guilcher, 1979

; CERC, 1984), mais pour plusieurs auteurs (Clifton et Dingier 1984 ; Komar, 1998,) l'influence du fond ne commence réellement à se manifester de façon significative qu'à partir du quart de

la longueur d'onde ( $h = L/4$ ). Lorsqu'une vague se propage en eau profonde, les particules d'eau décrivent en surface un mouvement circulaire (fig. 20) qui détermine un courant orbital ( $u_m$ ) sans qu'il y ait de déplacement net d'une particule d'eau dans le sens de propagation de la vague (Komar, 1998).



**Figure I.14:** Profil schématique de la zone côtière montrant l'augmentation de la dissymétrie des courants orbitaux sous les vagues avec la diminution de la profondeur ( $T =$  période) (Hequette.A, 2001).

## VII.2. Les houles :

La houle est un mouvement ondulatoire de la surface de la mer qui est formé par un champ de vent éloigné de la zone d'observation. Plus précisément, c'est la partie de l'état de la mer qui se caractérise par son absence de relation avec le vent local. Par opposition avec la mer du vent, l'une et l'autre provenant généralement de directions différentes. Un houlographe ne fait pas cette distinction, qui peut être obtenue par un filtrage ultérieur, la mer contenant en principe des composantes plus courtes que la houle.

## VII.3. Impact anthropique :

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

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

## VII.4. Changement climatique :

L'observation du système climatique est basée sur la mesure directe et la télédétection. À l'échelle mondiale, l'observation de l'ère des instruments a commencé vers le milieu du XIXe siècle, y compris certaines variables telles que la température et les données d'observation, et est devenue plus complète et diversifiée depuis les années 1950.

Grâce à la reconstruction d'archives paléoclimatiques, certains documents peuvent être étendus à des centaines, voire des millions d'années. Dans l'ensemble, ces données

fournissent une vue holistique de la variabilité et des changements à long terme de l'atmosphère, de l'océan, de la cryosphère et de la surface terrestre. Le réchauffement de l'atmosphère et des océans, la couverture de neige et de glace est réduite, le niveau de la mer augmente et les concentrations de gaz à effet de serre augmentent (GIEC, 2013).

- l'atmosphère
- la précipitation
- l'océan
- le cryosphere

### **VII.5. Pollution marine :**

La pollution marine est définie comme l'introduction directe ou indirecte de déchets, de substances, ou d'énergie, y compris de sources sonores sous-marines d'origine humaine, qui entraîne ou qui est susceptible d'entraîner des effets nuisibles pour les ressources vivantes et les écosystèmes marins

On distingue la pollution générée par les substances chimiques et celle produite par les déchets aquatiques. Les déchets aquatiques comprennent tout solide ménager, industriel, naturel qui se retrouve dans l'environnement maritime et côtier. Ils peuvent être de nature très variée : déchets flottants en surface ou dans la colonne d'eau, déchets déposés dans les fonds, déchets échoués sur les plages et sur le littoral.

80% de la pollution marine est d'origine terrestre. Les polluants sont transportés par le ruissellement des eaux suivant la dynamique des bassins versants mais aussi par l'air du fait du régime des vents, les surfaces marines recevant de nombreux dépôts atmosphériques. Or des phénomènes de saturation génèrent des désordres écologiques grandissant au point de menacer toutes les autres activités

Nombre de villes côtières ne disposent toujours pas de système de retraitement des eaux usées, se contentant de construire des conduites de déjections qui s'enfoncent toujours plus loin pour disperser les eaux noires et grises au gré des courants, les autorités misent sur la capacité de dilution plutôt que de prendre en charge le stockage et le retraitement des eaux contaminées.



**Figure I.15 :** Rejets d'eaux usées domestique prise sur le site (Boualem et Dilmi,2021)



**Figure I.16:** photos d’Habitations sur la côte dans la zone d’étude (Boualem et Dilmi,2021)



**Figure I.17 :** vue panoramique montrant le Birse-lames (avec formation de tombolo) et de l’épi dans la zone d’étude(Boualem et Dilmi,2021)

## **Chapitre II : Matériel et Méthodes**

**Introduction :**

Ce chapitre aide à la compréhension des différentes études et expérience menées et les données récoltées dans le site d'étude de Sidi Ghiles, par le Laboratoire d'études maritimes (LEM).pour définir par la suite la nature des solutions qu'on va proposer en fonction des résultats obtenus.

Ce chapitre comporte Cinq études :

- Evolution du trait de côte.
- Etude bathymétrique.
- Réfraction de la houle.
- Transit sédimentaire

**I. Evolution du trait de côte :**

Les études de l'évolution côtière examinent et explorent les raisons pour lesquelles la position et la nature du trait de côte se modifient d'un moment à l'autre. En général, il a été constaté que de nombreux littoraux mondiaux sont sous la menace de l'érosion. (**Williams. S, 1990**).

L'évolution du trait de côte est un phénomène naturel engendré par la conjonction d'un certain nombre de processus dynamiques (marins, continentaux et biologiques) et dépendant des caractéristiques géomorphologiques des systèmes littoraux (les plages sont plus sensibles à l'érosion, la vitesse de recul des falaises dépend de la nature du substrat et les rivages limono-vaseux sont plutôt en accrétion). Mais ces phénomènes naturels sont exacerbés par des actions anthropiques qui perturbent l'équilibre dynamique des milieux littoraux (**Daniel &Hubaud, 1996**).

**1. Méthode d'acquisition des données :**

L'étude de la mobilité du trait de côte a souvent été abordée sous l'angle qualitatif : érosion, engraissement ou stabilité du linéaire côtier. Ces études de cinématique côtière ont recours à la photointerprétation, aux cartes topographiques et aux plans cadastraux, leur utilisation variant suivant le milieu étudié.

**Tableau II.1** : Récapitulatif des procédés d'études de la cinématique côtière (Ronan jegu évolution du trait de côte : du suivi des érosions côtières à la gestion intégrée du littoral).

Méthodes	Milieux étudiés	Données	précision (en x, y)	avantages	Inconvénients
Photo-interprétation	- littoraux meubles	- mesure variation du trait de côte - quantification des surfaces en érosion/accrétion	- $\pm 6$ m	- coûts d'acquisition des données - offre la plus grande précision à l'échelle de plusieurs décennies	- imprécision dans l'exactitude des données (erreurs de jugement du photo-interprète, distorsion topographique, limite de l'instrumentalisation utilisée...) - qualité des photographies
Cartes anciennes	- littoraux meubles et à falaise	- tendance de l'évolution du trait de côte	- décimétrique	- mise en avant des évolutions historiques	- imprécision des mesures - difficulté de superposition avec d'autres sources de données
Plans cadastraux	- littoraux à falaise	- mesure variation du trait de côte - quantification en volume de l'érosion	- métrique	- traitement informatique simple - coût d'acquisition des données	- difficulté de superposition des données
Données satellitaires	- littoraux meubles, à falaise, estuariens ; océanographique	- évolution du trait de côte - plans de houle - transport sédimentaire	- métrique à décimétrique	- répétitivité des images - prise de vue synoptique - précision des données	- coût d'acquisition des données - lourdeur des traitements informatiques (imagerie radar) - faiblesse de la profondeur historique - sensibilité des capteurs (imagerie optique)
MNT d'estran	- estran	- topographie d'estran	- métrique (en X, Y, Z)	- nécessite une seule image	- implique des calculs de hauteur de marée
Photogrammétrie	- littoraux meubles et à falaises	- topographie d'estran, de dunes, de falaise	- décimétrique (en X, Y, Z)	- précision des mesures - correction des déformations d'images	- exigeant en moyens matériels et en logiciels
Lidar	- estran	- données bathymétrique et topographique	- centimétrique (en X, Y, Z)	- précision des mesures - rapidité d'acquisition des données	- coût des missions - exigeant en moyens matériels et

Dans notre cas nous utilisons la méthode de photogrammétrie, qui détermine la position en altimétrie et planimétrie des éléments topographiques à partir de photographies aériennes spécifiques (elles contiennent plus d'information, leurs taux de recouvrement sont supérieurs à ceux des clichés traditionnels). Performante, mais exigeante en moyens matériels et en logiciels,

elle est la plus aboutie pour permettre la correction des déformations d'images. (Ronan JEGO,2003).

#### a) Matériel d'étude :

- **Google Earth pro** : Google Earth pro est une mappe monde virtuelle qui vous permet de visualiser les images, enregistrées par des satellites, de la plupart des endroits de la Planète. C'est un logiciel qui contient des images de grande résolution de l'ordre de 30m à 60cm (SPOT, Quickbird, Ikonos,...). Ces images sont issues d'entreprises de commercialisation d'images et sont archivées sur le serveur de Google Earth Pro qui est accessible par connexion à l'internet. Elles sont mises à jour au fur et à mesure.
- **ArcGis** : est un système complet de collecte, d'organisation, de gestion, d'analyse, de communication et de distribution d'informations géographiques. En tant que principale plate-forme mondiale pour le développement et l'utilisation de systèmes d'information géographique (SIG), des gens du monde entier utilisent ArcGIS pour utiliser les connaissances géographiques pour le gouvernement, les entreprises, la science, l'éducation et les médias. ArcGIS permet la publication d'informations géographiques afin que tout le monde puisse y accéder et les utiliser.

ArcGIS est un système convivial destiné à répondre aux différents besoins des utilisateurs. Il regroupe des logiciels clients (ArcViewTM, ArcEditorTM, ArcInfoTM et ArcExplorerTM) et des logiciels serveurs (ArcSDETM et ArcIMSTM). (Berger. A, Lacroix. P, Lavenu. G, Lesellier. S, Reynaud. I, Tournardre. G, Gonzalez. O, 2005).

- **DSAS**: (Digital Shoreline Analysis System): Le DSAS est un outil gratuit, qui s'ajoute comme extension à ArcGIS dédiée à l'étude de l'évolution du trait de côte. • DSAS calcule les statistiques sur le taux de changement pour une série temporelle de vecteurs de traits de côte (Keraghel, M.).

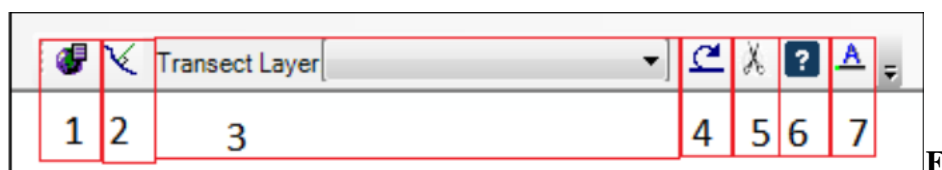


Figure II.1 : barre d'outils DSAS

#### Explication de la légende :

- **1 : définir/modifier les paramètres** : spécifiés les noms de fichiers pour les entrées de référence et de rivage et d'autres paramètres, tels que l'espacement des profils.
- **2 : transect cast**: génère une nouvelle (ou écrase un existant) classe d'entités des profils en fonction des paramètres par défaut spécifiés par l'utilisateur.
- **3 : le menu déroulant** : répertorie tous les fichiers de transects reconnus ajoutés au

projet ArcMap actif.

- **4 : calculer les statistiques** : lance une boîte de dialogue peuplée avec une liste sélectionnable des statistiques de changement de taux à calculer
- **5:clip transects à SCE**: lance une boîte de dialogue offrant aux utilisateurs la possibilité de générer une copie du fichier de profils spécifié qui est accroché à l'enveloppe de changement de rivage (SCE) ou la distance maximale entre tous les rivages.
- **6:lance la fonction d'aide DSAS**.
- **7: à propos de DSAS**: fournit des informations sur le logiciel, y compris le numéro de version.

**b) Les données utilisées :**

- photos aériennes des années 1960,1972,1980.géoréférencé sur Arc Gis
- image satellitaire des années : 2003, , 2013, ,2021, obtenue grâce sur google earth pro et géoréférencé sur Arc Gis.



Photo aérienne de sidi ghiles 1960



Photo aérienne de sidi ghiles 1972

**Figure II.2** : photos aériennes de Sidi ghiles (1960, 1972).



Image satellitaire de 2003



Image satellitaire de 2009



Image satellitaire de 2013



Image satellitaire 2018



Image satellitaire de 2020



image satellitaire de 2021

**Figure II.3** : les images satellitaire de Sidi ghiles 2003, 2009, 2013, 2018, 2020,2021(googleearth pro).

## c) Méthodologie de travail :

**-géo-référencement et digitalisation :**

Pour les trait de côte des années (2003, , 2013, , 2021).

1) **Digitalisation et exportation des traits de cote sur "googleearth pro":**

-Dans le logiciel "Google Earthpro", on cherche la zone d'étude dans search indiqué par(1) dans la (figure 4), ensuite avec l'outil " show historicalimagery" (2) on choisit l'année, après avec l'outil " add path" (3) on digitalise les traits de côte, que l'on peut voir sur la carte et dans "place" (4) et les exporter.

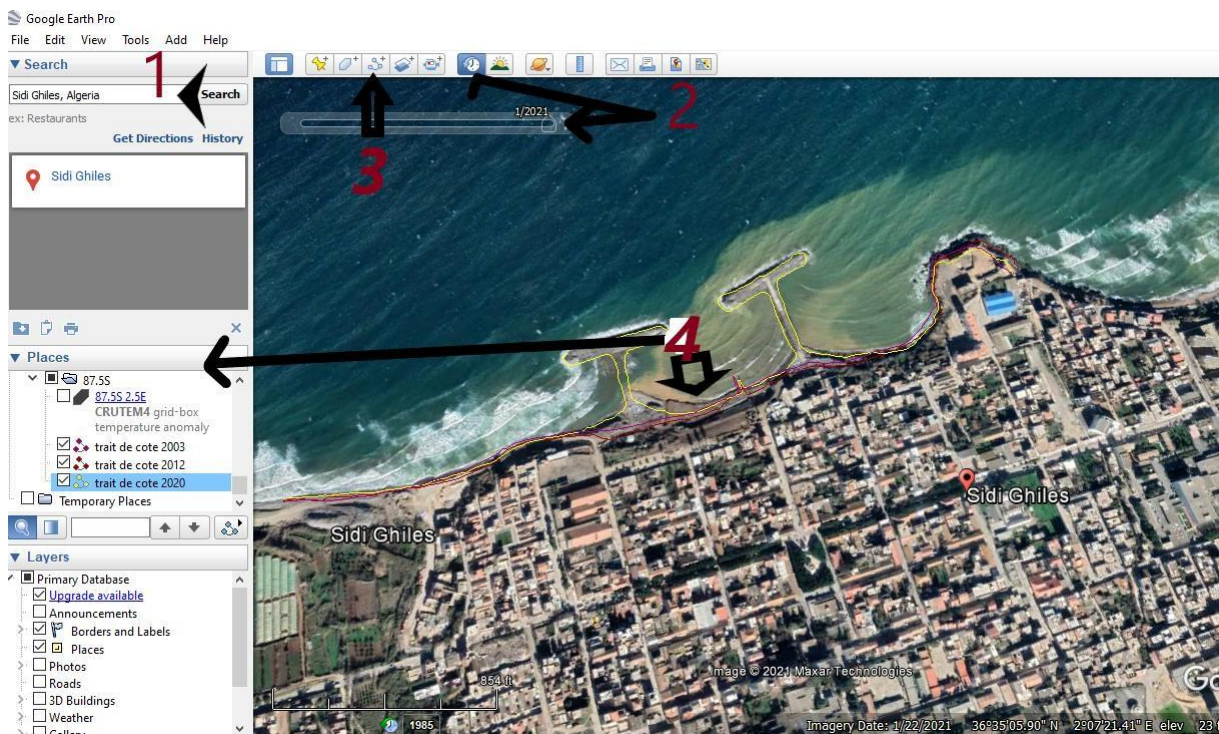


Figure II.4: Digitalisation des traits de cote (2003, , 2013, , 2021)

2) **Digitalisation et Géo-référencement des traits de côte :**

- Sur Arcmap il faut créer un shapfile pour chaque trait de côte de chaque année
- puis les digitaliser avec l'outil "éditeur", (2) en figure 5 une fois la digitalisation terminée,
- les géo-référencer dans le système de projection "WGS\_1984\_UTM\_Zone\_31N".

**Pour les traits de côte des années (1960,1972) :**

1) **Géo-référencement des cartes :**

Sur Arcmap on géo référence les cartes avec l'outil "Géoréférencing" (1) figure 5 on ajoutant les coordonnées à partir de " Google earth pro" le système de projection est le même que pour les traits de côte précédents.

2) Digitalisation des traits de côte :

- une fois le géo-référencement terminé il faut crée un "shapfile ligne" pour chaque trait de côte pour chaque année, ensuite on les digitalise avec l'outil "editor"(2) figure5.
- à la fin on obtient tous les trait de côte (1960, 1972, 1980,, 2003, , 2013, 2021).géo référencées et digitalisées (3) figure 3.

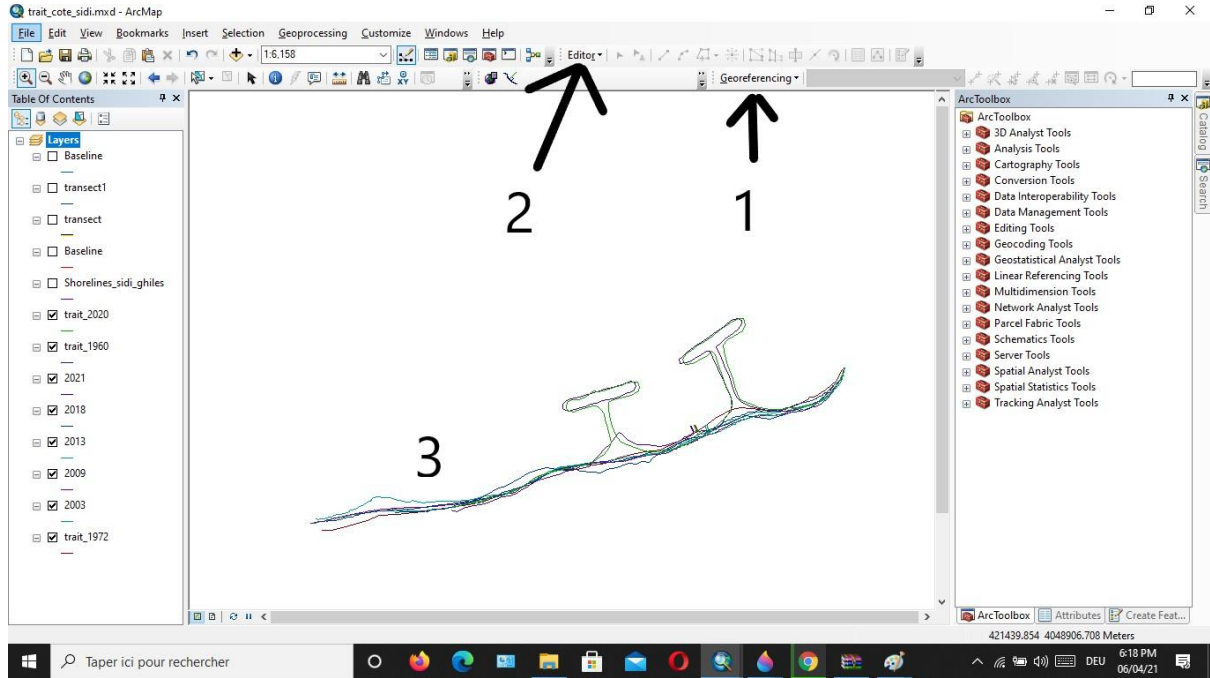


Figure II.5 : Géo référencement et digitalisation des traits de côte (1960, 1972, 2003, 2009, 2013, 2018, 2020, 2021).

-Géodatabase personnelle :

Toutes les données entrées dans DSAS doivent être contenues dans une geodatabase personnelle qui doit contenir:

- **Un vecteur shorelines :**

Qui est la fusion de tous les traits de cote (1960, 1972, 2003, 2009, 2013, 2018, 2020, 2021), avec l'outil "merge", on s'assurant que les tables attributaires de chaque traits de côte doit contenir les champs obligatoire : **DATE, Uncy (uncertainty), Shape length :**

OBJECTID *	Shape *	Id	DATE_	SHAPE_Leng	Uncy	Shape_Length	NOM
1	Polyline	0	7/17/1960	878.184435	0.3	878.184463	trait_1960
2	Polyline	0	03/15/1972	1056.344429	0.3	1056.344447	trait_1972
3	Polyline	0	9/30/2003	1060.413284	0.3	1060.413293	trait_2003
4	Polyline	0	2/28/2009	1039.860819	0.3	1039.860948	trait_2009
5	Polyline	0	8/22/2013	1115.315651	0.3	1115.315365	trait_2013
6	Polyline	0	5/6/2018	1048.382711	0.3	1048.382836	trait_2018
7	Polyline	0	9/9/2020	1766.919741	0.3	1766.919928	trait_2020
8	Polyline	0	4/15/2021	1354.598391	0.3	1354.598406	trait_2021
9	Polyline	0	4/15/2021	305.08745	0.3	305.087521	trait_2021

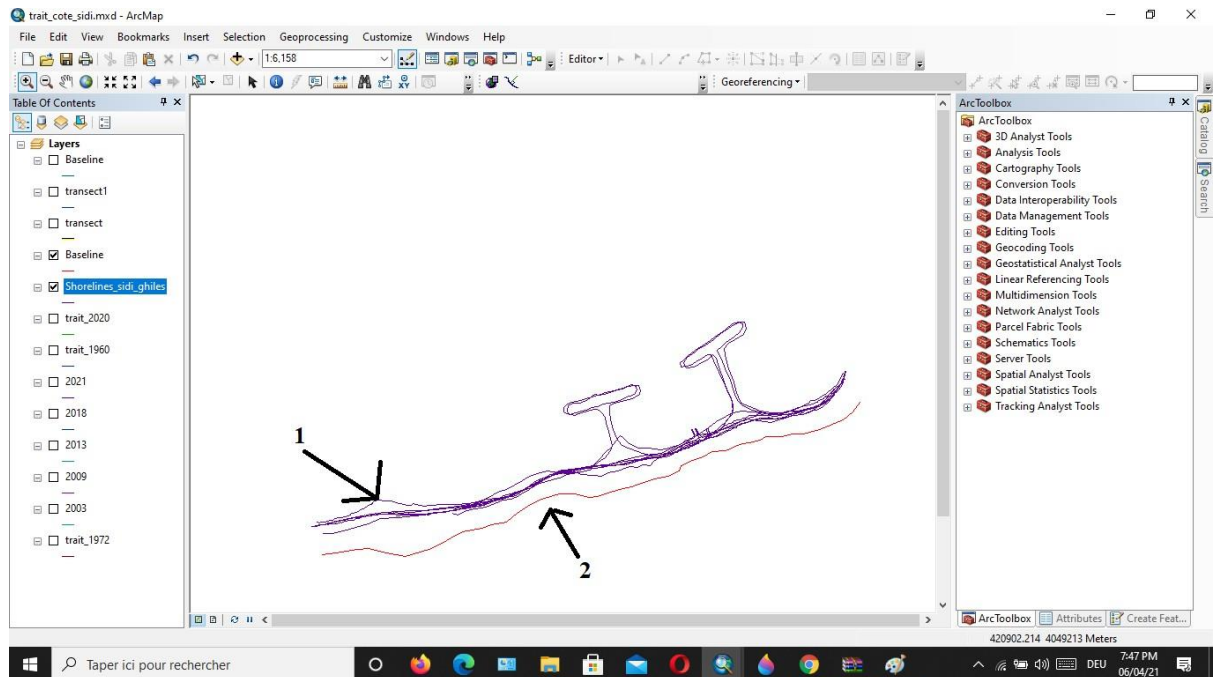
Figure II.6 : Table attributaire du vecteur shorelines.

- **Un vecteur de ligne de base ‘Baseline’ :**

Est une de base perpendiculaire aux traits de côte qui sert de référentielle pour le DSAS, elle peut être représenté de trois façons :

- Offshore : dans la mer.
- Midshore : entre les traits de côte.
- Onshore : sur terre (le cas de notre étude).

Pour tracé la basline, ont créé un nouveau ‘feature class’ puis on digitalise la ligne sur des points fixe sur la carte et perpendiculaire aux traits de côte.



**Figure II.7 :** Vecteur shorelines (1) et vecteur Bseline (2).

**-Utilisation de l’extension ‘DSAS’ :**

- **Réglage des paramètres :**

Identifier les vecteurs shorelines et baseline comme entré dans la fenêtre ‘ set Data paramètres’ de l’outil DSAS. Sans oublier de préciser la distance entre les transects (10m) dans notre cas, la distance entre la basline et la shorelines (500m), et un lissage de 100m.

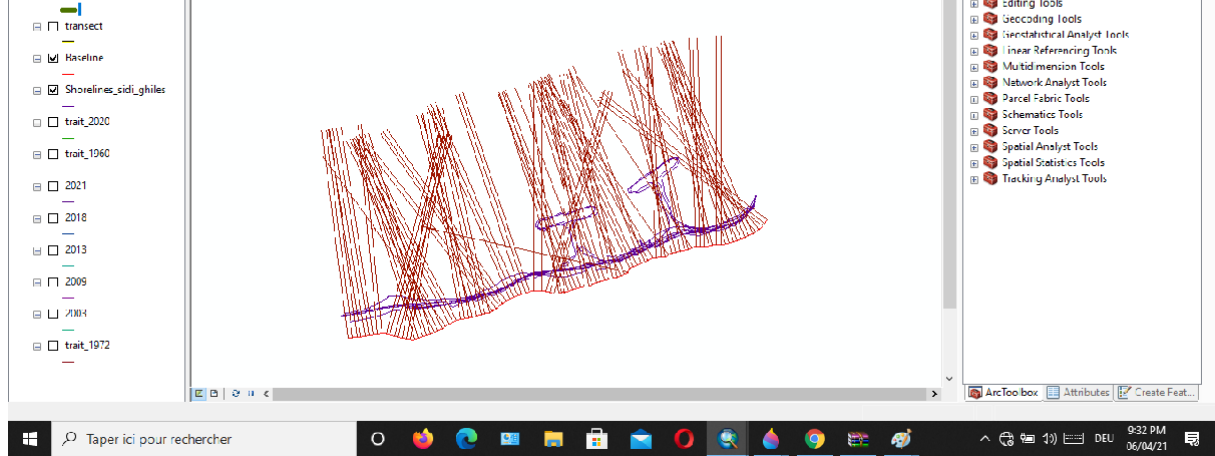


Figure II.8 : Génération des transects.

## II. Etude bathymétrique :

Afin d'identifier et d'interpréter les formes sous-marines, la recherche bathymétrique est une recherche indispensable dans notre domaine. Pour cette raison, nous avons effectué une analyse bathymétrique pour essayer d'obtenir des résultats fiables et précis, et adopté des méthodes de récolte sur terrain. (Boussaidi.M.A ; Mehareb.A ; Etude de protection du rivage de Sidi Ghiles).

### 1. Mode de levé bathymétrie :

La bathymétrie implique l'utilisation de récepteurs GPS et de sondeurs pour déterminer les coordonnées tridimensionnelles des points sur le fond marin dans le système géodésique WGS84. Le récepteur GPS (RTK) peut mesurer des points à quelques centimètres. Cette précision verticale permet de déterminer les corrections de niveau d'eau (corrections de marée). Par conséquent, afin d'accomplir cette tâche grâce au GPS, les systèmes suivants sont mis en place :

- L'antenne GPS qui reçoit les données du satellite est connectée au point de référence. Le récepteur 5700 utilise un modem Pacific Crest externe et une antenne UHF pour transmettre ces données par voie hertzienne au récepteur mobile.
- Le récepteur mobile embarqué fonctionne en mode RTK (dynamique temps réel, résolution d'ambiguïté en mode OTF). Il reçoit les données des satellites de la station de référence et fournit immédiatement la position tridimensionnelle de l'antenne GPS.
- Le côté du navire est équipé d'un corps en métal et d'un support vertical, qui fixe le capteur d'écho au fond, et l'antenne GPS est fixée sur la tête. Quelle que soit l'évolution de la masse d'eau, la longueur du milieu est constante, de sorte que tous les échos mesurés sont basés sur l'antenne GPS. Avant de commencer la mesure, mesurez la partie immergée du support et la partie hors de la surface de l'eau.

### 2. Mode de levé topographique :

Les levés topographiques d'estran et de plage sont réalisés le plus souvent à l'aide de tachéomètre et théodolite et raccordés à un point dont les coordonnées sont connues (borne IGN par exemple). L'analyse diachronique des profils obtenus permet de mettre en avant les évolutions saisonnières ou annuelles des profils de plages et de les quantifier (Thomalla & Vincent, 2003).

Les levés topographiques peuvent aboutir à la réalisation de MNT construits par interpolation d'un semis de points obtenus par tachéomètre (**Hénaff et al, 1999 ; Bossier et al, 2000 ; Ronan Jego, 2003**), et dont la précision, sub-centimétrique, autorise l'étude de fines évolutions topographiques (**Fagot et al, 2001 ,in Ronan Jego, 2003**).

Le recours au GPS facilite la collecte de données suffisantes en densité pour une étude en 3D de la morpho-dynamique côtière.

### 3. Logiciel utilisé :

**MIKE 21** : est un système de modélisation complet pour la simulation des phénomènes hydrauliques et liés à l'hydraulique dans les estuaires, les eaux côtières et les mers. Il peut être appliqué à tout écoulement à surface libre bidimensionnel où la stratification peut être négligée. Le système a une large gamme d'applications techniques et environnementales dans les domaines de l'hydraulique côtière, de l'océanographie, de la dynamique des vagues, des ports, des rivières, de l'hydraulique environnementale et des processus sédimentaires. Un module complet de pré-traitement et de post-traitement permet l'analyse et la présentation graphique des données et des résultats du modèle, qui sont stockés dans une base de données simple. Un système de menu flexible et interactif facilite la gestion des données, la saisie du modèle et l'exécution du programme. Il fonctionne sur les postes de travail UNIX, y compris les PC avec le système d'exploitation SCO UNIX.

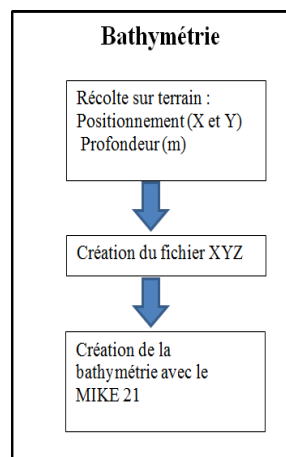
**Modèle numérique hydrodynamique (MIKE 21/3 HD)** : modèles hydrodynamiques en 2D ou en 3D, respectivement. Chaque modèle peut être utilisé seul ou en mode couplé avec un ou plusieurs modèles de transport de matières dissoute et/ou particulaire. Un exemple de couplage typique en zone côtière est celui du modèle MIKE21-HD avec le modèle de réfraction de vague MIKE21-SW et le modèle de transport de sable MIKE21-ST et cela pour l'étude du transport de sable autour d'un port. Le choix d'un modèle en 3D (MIKE 3) est conseillé pour un environnement stratifié en densité (ex. estuaire) et/ou dans un domaine semi-renfermé (ex. lagune, baie, etc.) où la direction des courants de gradient en profondeur est généralement opposée à celle des courants de dérive en surface causés par les vents.

Sur le plan vertical, le modèle MIKE3-HD offre une version non-hydrostatique qui permet un meilleur calcul des vitesses verticales dans des régions où celle-ci deviennent significative. Un exemple est celui de la remontée rapide d'eau douce en milieu marin à partir d'une source située sur le fond ou d'un diffuseur sous-marin d'eaux usées. (**Dahmani A.2019**),).

#### 4. Traitement des données :

- Géo-référencement de la carte marine dans le système de projection (WGS\_1984\_UTM\_Zone\_31N), sur Arc Gis.
- Création des shapfiles ligne pour digitaliser les isobathes et le trait de côte.
- Conversion des shapefiles ligne on point, pour les isobathes et pour le trait de côte. On ajoute les champs X, Y, Z, dans les tables attributaires.
- Convertir les tables attributaire en fichier Excel, puis en texte.  
A ce stade on vient de créer un fichier X, Y, Z.
- Création d'une Mesh de la zone d'étude plage de Sidi Ghiles par l'utilisation de l'extension « Mesh Generator ».

Les étapes de la création de carte bathymétrique sont résumées dans la figure suivante :



FigureII.9 : Organigramme de création d'une carte bathymétrique.

### III. Etude de réfraction de la houle :

Quand la profondeur change, la vitesse de propagation de l'onde se modifie. Ainsi, en se rapprochant de la côte, la profondeur diminuant, l'onde se déforme, se réfracte : la longueur d'onde diminue et la vitesse de propagation n'est plus la même tout le long de la propagation.

Soit une onde plane qui se dirige vers la côte, la modification de profondeur induit un changement dans la direction de propagation de cette onde étant donné que la vitesse de propagation change: on observe un phénomène de réfraction de l'onde. (ocean06b.pdf).

L'étude de la réfraction de la houle a pour objet l'exploitation des caractéristiques de la houle au large pour définir les caractéristiques de la houle à la cote (direction et hauteur).

La connaissance des caractéristique de la houle (direction, amplitude, période) permettent 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.

**a. Principe :**

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

$$K_r = H_s \text{ local} / H_s \text{ large}$$

Pour cette étude le calcul de la réfraction de la houle va se faire avec le logiciel Mike 21, en prenant en considération les phénomènes suivants :

- i. Réfraction, sur les fonds et autour des ouvrages.
- ii. Frottement sur les fonds.
- iii. Déferlement.

**1. Configuration du modèle SW :****A. Les données d'entrée :**

- **Données bathymétriques :**

La bathymétrie utilisée pour cette étude est celle issue de la digitalisation de la carte élaborée par l'INC (d'après les levés de 1867-1868 et 1924-1925) intitulée « Mer Méditerranée cote d'Algérie de Kef el Souarià Tipaza -échelle : 1/120000 (Lat. 36°37') », ainsi que celle issue de la campagne de reconnaissances sur site réalisée au mois de juillet 2009 par le LEM dans le cadre de l'étude de protection de la plage centre de Sidi Ghiles.

- **Données de houle au large :**

Les données de houle au large utilisées pour le calcul de la réfraction de la houle au L.E.M sont celles du Summary of Synoptic Meteorological Observations (SSMO) de 1963 à 1970. Ainsi trois (03) directions ont été retenues en tenant compte des tableaux de fréquence par direction des houles au large ainsi que l'incidence de ces houles par rapport à la zone d'étude :

Une direction approximativement perpendiculaire à la côte pour mesurer les effets d'une houle frontale (45°N).

Une direction de houle (340°N).

La direction de (300°N).

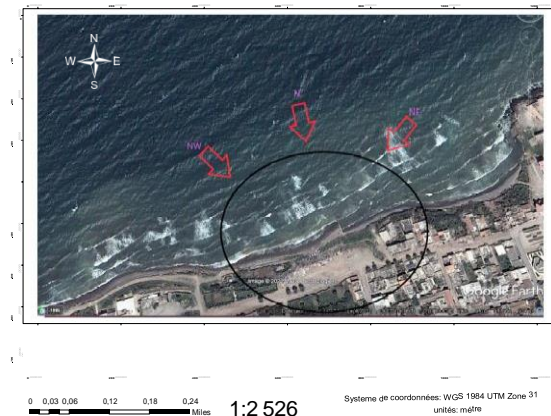
**Tableau II.2 :** Données de la houle au large de la zone d'étude.

Direction (dg)	N300	N340	N20
Période (s)	8	8	8
Hauteur (m)	2.67	2.61	2.56

- **Choix de directions :**

Les directions traitées sont choisies (en fonction de la configuration physique du site et des fréquences d'apparition (SSMO) ainsi, les trois directions retenues sont :

- Le Nord (N360) : Une direction approximativement perpendiculaire à la côte pour mesurer les effets d'une houle frontale ;
- Le Nord-Ouest (N315) et le Nord-Est (N20) qui sont deux houles à incidence oblique.



**Figure II.10 :** Choix de directions de houles pour la zone d'étude.

Après avoir introduit la bathymétrie et les données d'entrée et défini les conditions limites, la simulation a été lancée. La durée d'un effort de simulation varie dans le temps, selon la complexité des objectifs, des processus impliqués et de leur saisonnalité.

## 2. Configuration du modèle HD :

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

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

## IV. Etude du transit sédimentaire :

Les sédiments côtiers sont transportés sous forme de courants océaniques sous l'action des vagues et des courants océaniques et sous forme éolienne. Il est le résultat du déplacement alterné des sédiments selon deux directions propres au littoral. La partie longitudinale est parallèle au trait de côte, et la partie latérale est parallèle à la verticale à la côte. Le mouvement des sédiments est étroitement lié aux caractéristiques énergétiques des conditions environnementales (vent, houle, courants, etc.). Par conséquent, ils sont saisonniers et peuvent

s'effectuer avec des fluctuations importantes d'une année à l'autre.

**a. Logiciel utilisé :**

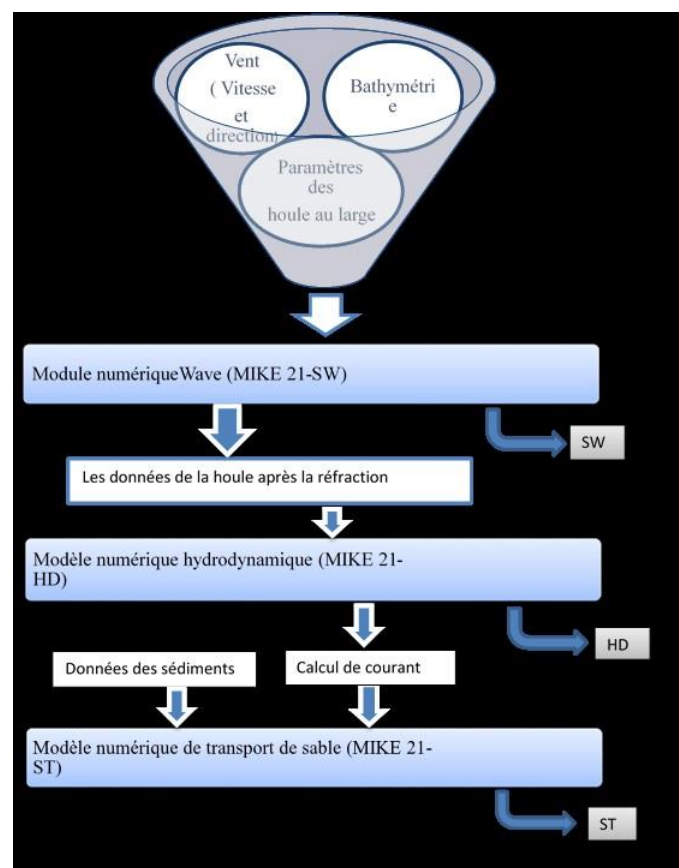
**Modèle numérique de transport de sable (MIKE 21/3 ST):** modèle de transport de sédiment non-cohésif (sable). Il est normalement couplé au modèle hydrodynamique MIKE21/3-HD et au modèle de vagues MIKE21-SW. Il offre deux formulations pour le calcul du transport sédimentaire : la formulation de Bijker (courants seuls) et la formulation STP du DHI (courants et vagues). Cette méthode STP dite « intra-vague » permet de prendre en compte l'influence des différences de phase de l'écoulement oscillatoire, de la tension du cisaillement sur le fond et de la concentration de sédiment en suspension sur le transport du sédiment.

**b. Les entrées :**

Avant la simulation des valeurs de transport des sédiments non cohésifs, une « table de sédiment » doit être générée à l'aide d'utilitaires de génération de table de sédiment offerts avec le module MIKE 21-ST. Les valeurs de transport interpolées au préalable sont utilisées au cours de la simulation numérique et évitent l'effort de calcul additionnel si les mêmes transports doivent être calculés chaque fois que les mêmes paramètres de grains de sable, de vagues et de courants se présentent aux différents pas temporels de calcul. Un sable de diamètre médian 0.2 mm, de gradation 1.4 et de porosité 0.4 est considéré sur l'ensemble du modèle. Les sortants du module PMS (Hm0 – Tp – Dir) et HD (Vitesses et directions des courants) simulés pour la période précédente sont utilisés dans le module ST.

▪ **Les directions considérées :**

Nord 300, Nord 20 et Nord 340.

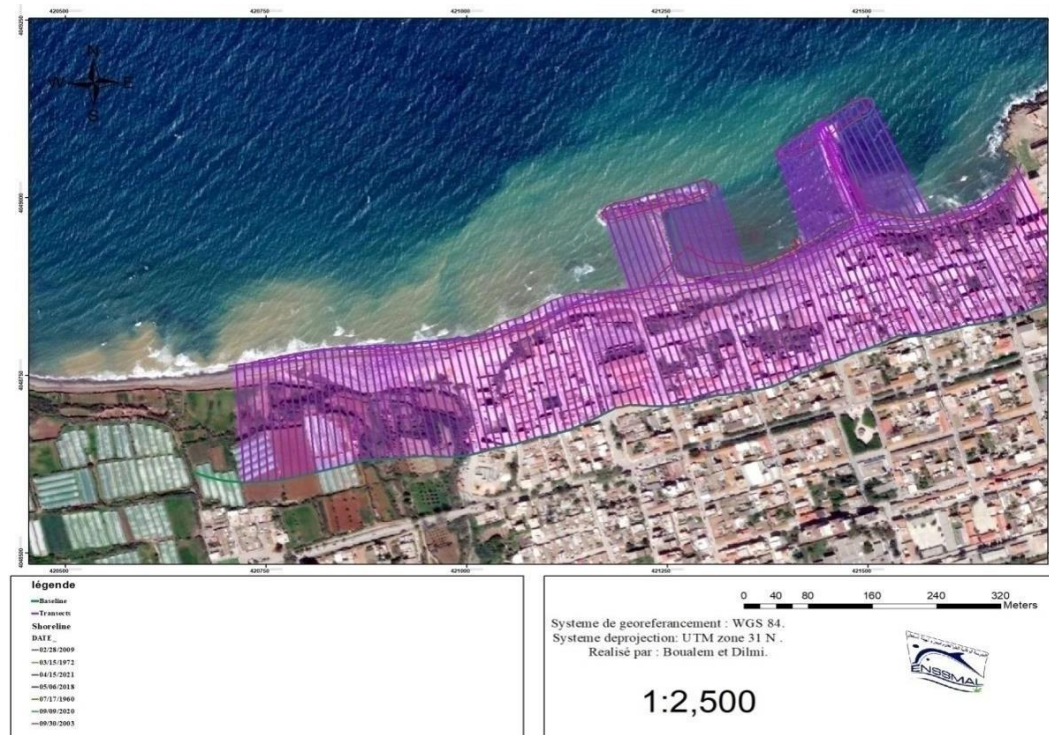


**Figure II.11 :** Approche méthodologique de la modélisation par les codes MIKE-21.

## **Chapitre III : Résultats et discussion**

## I. Evolution du trait de côte :

L'étude de l'évolution du trait de côte avec le logiciel Arc Gis, a permis d'obtenir les résultats (Shoreline, Baseline, Transects ) comme indiquer dans la figure 01.



**Figure III. 1 :** Carte représentative de la Baseline, de la shoreline (1960, 1972, 1980, 2003, 2013, 2021) et de transects obtenus dans la zone de Sidi Ghiles.

Pour obtenir ces résultats, une ligne de base qui suit l'orientation générale de la côte a été créée. Des transects perpendiculaires à cette ligne de base tous les 10 mètres ont été réalisés grâce à l'extension DSAS, l'ensemble de la côte de Sidi Ghiles est donc couverte par 106 transects avec une longueur de 500 mètres pour chacun, et une incertitude de 0,3.

Pour mieux comprendre ces résultats, une nouvelle étude par période est réalisée, en prenant comme référent le Net Shore Mouvement (NSM), on a obtenu sept résultats pour les sept périodes qui suivent.

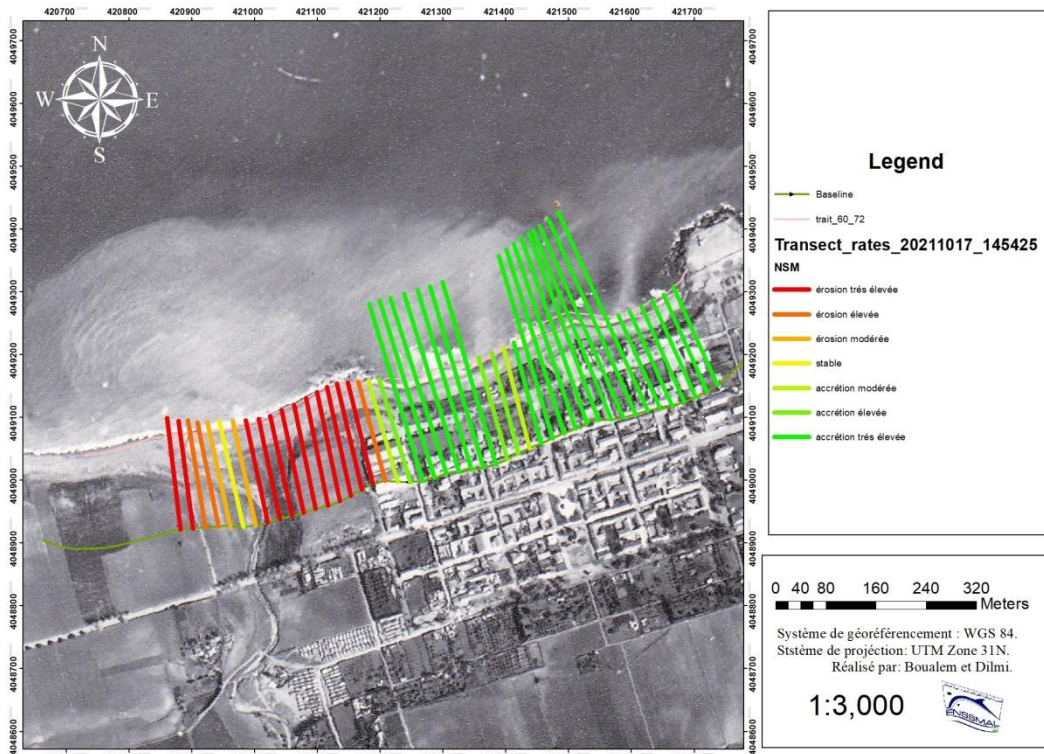
- Période de 1960 à 1972.
- Période de 1972 à 1980.
- Période de 1980 à 2003.
- Période de 2003 à 2013.
- Période de 2013 à 2021.

- NSM (Net Shore Mouvement) :

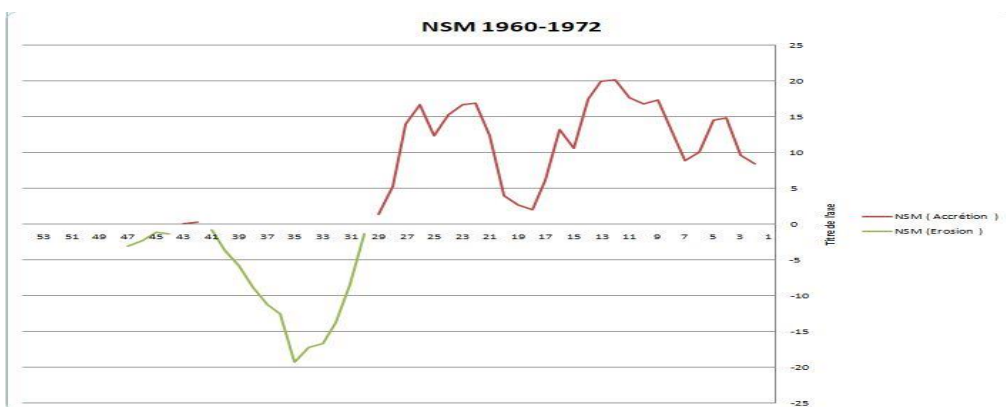
Le mouvement du littoral net signale une distance, pas un taux. Le NSM est associé aux dates de seulement deux traits de côte. Il rend compte de la distance totale entre les rivages les plus anciens et les plus jeunes pour chaque profil (Faye, 2012).

**1. Evolution du trait de côte par période :**

**a) Période 1960-1972 :**



**Figure III. 2 :** Carte représentative du rythme d'évolution du trait de côte NSM en mètres (1960-1972).



**Figure III.3 :** Variation du NSM du trait de côte selon les transects de 1960-1972 au niveau de la zone de Sidi Ghiles (Boualem et Dilmi, 2021).

D'après les figures (02,03) la zone de Sidi Ghiles subit une accretion vers le coté Est qui est très élevé avec une valeur de 20,05 m, par ailleurs elle subit une érosion vers l'Ouest de -18,53m l'érosion devient modérée en s'éloignant des habitations.

b) Période 1972-1980 :

Les figures (04,05) nous montrent que durant cette période, la zone a connu une érosion dans le coté Est, avec une érosion très élevée au niveau de l'épi actuellement construit avec une valeur du NSM de -18,87m. Vers l'Ouest l'érosion se modère, on atteint même une stabilité près de l'oued (tranchet 71). Vers l'extrême Ouest de la zone on retrouve une accrétion très élevée d'une valeur de 18,86m



Figure III.4 : Carte représentative du rythme d'évolution du trait de côte NSM en mètres (1972-1980).

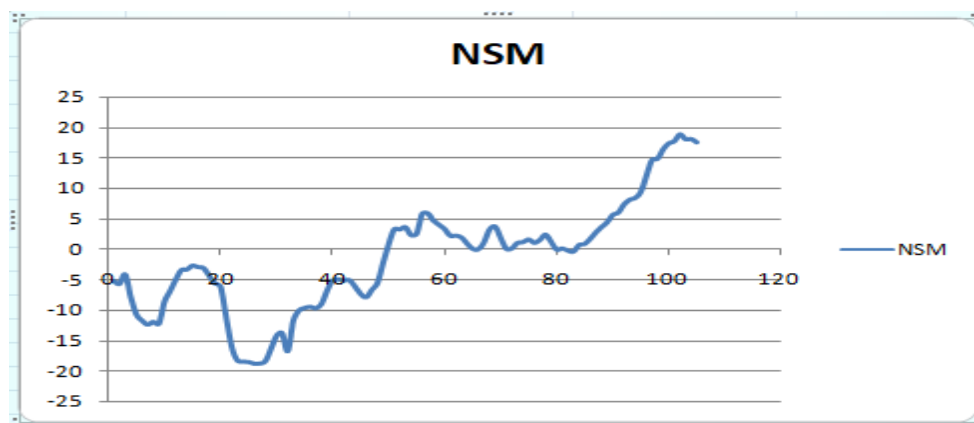


Figure III.5 : Variation du NSM du trait de côte selon les transects de 1972-1980 au niveau de la zone de Sidi Ghiles (Boualem et Dilmi, 2021).

c) Période 1980-2003:

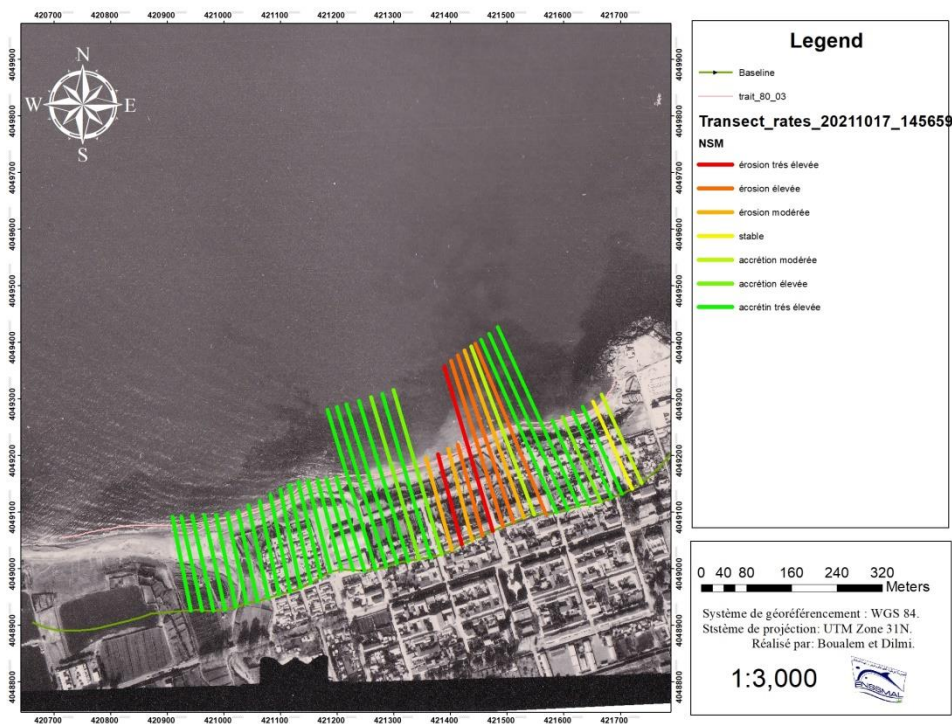


Figure III.6 : Carte représentative du rythme d'évolution du trait de côte NSM en mètres (1980-2003).

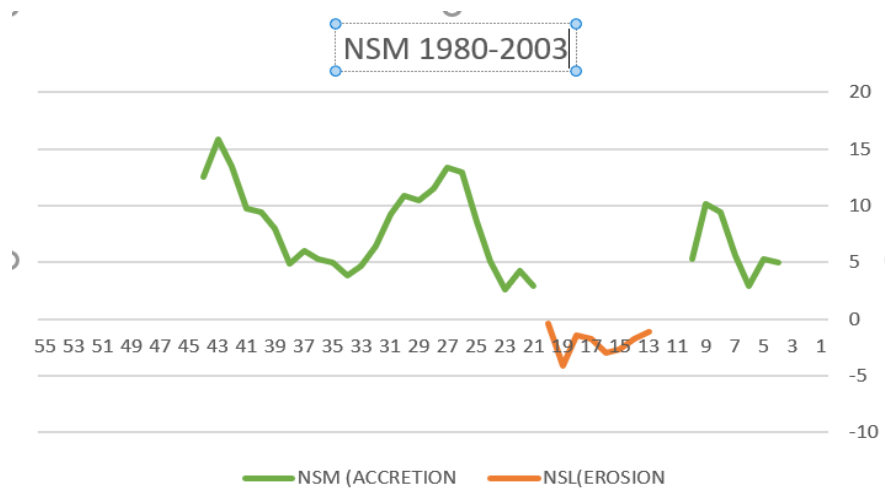


Figure III.7 : Variation du NSM du trait de côte selon les transects de 1980-2003 au niveau de la zone de Sidi Ghiles (Boualem et Dilmi, 2021).

D'après les figures (06et07), une érosion très élevée est constatée dans le coté l'Est de la zone au niveau de l'épi valeur de -8,48m mais dans le reste de la zone on peut voir une accrétion très élevée.

d) Période 2003-2013 :

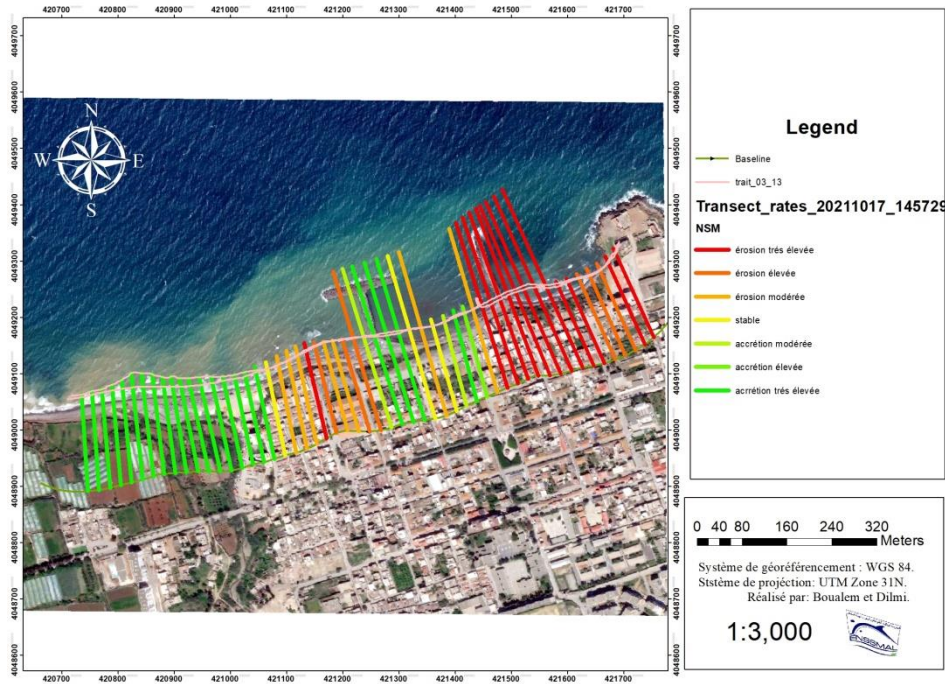


Figure III.8 : Carte représentative du rythme d'évolution du trait de côte NSM en mètres (2003-2013).

Les résultats des figures (08\_09) montrent une érosion très élevée à l'extrême Est de la zone avec une valeur du NSM de -6,59m. au centre de la zone on distingue une stabilisation avec une légère accrétion .Vers l'Ouest près de l'embouchure de l'oued on a une accrétion très élevée d'une valeur de 23,93m au transect 95.

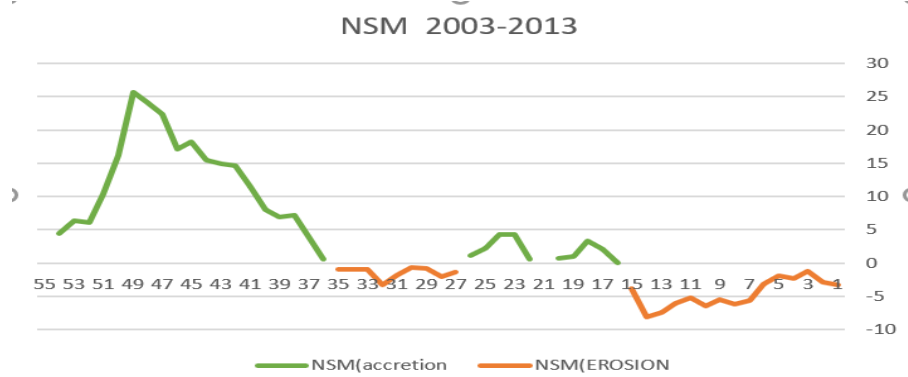


Figure III.9 : Illustration du rythme d'évolution du trait de côte NSM (m) entre 2003 et 2013 dans la région de Sidi Ghiles (Boualem et Dilmi).

e) Période 2013-2021 :

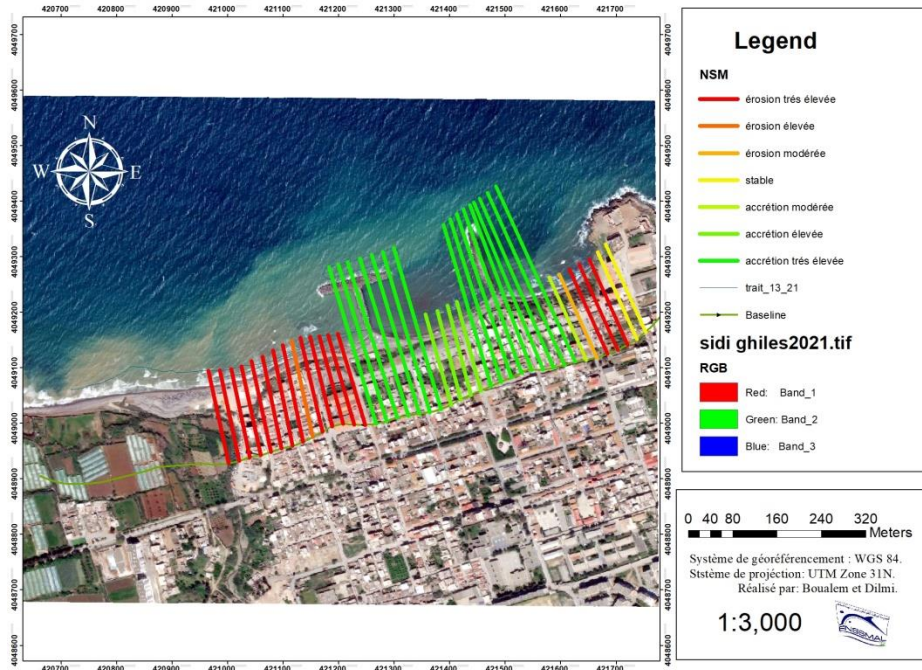


Figure III.10 : Carte représentative du rythme d'évolution du trait de côte NSM en mètres (2013-2021).

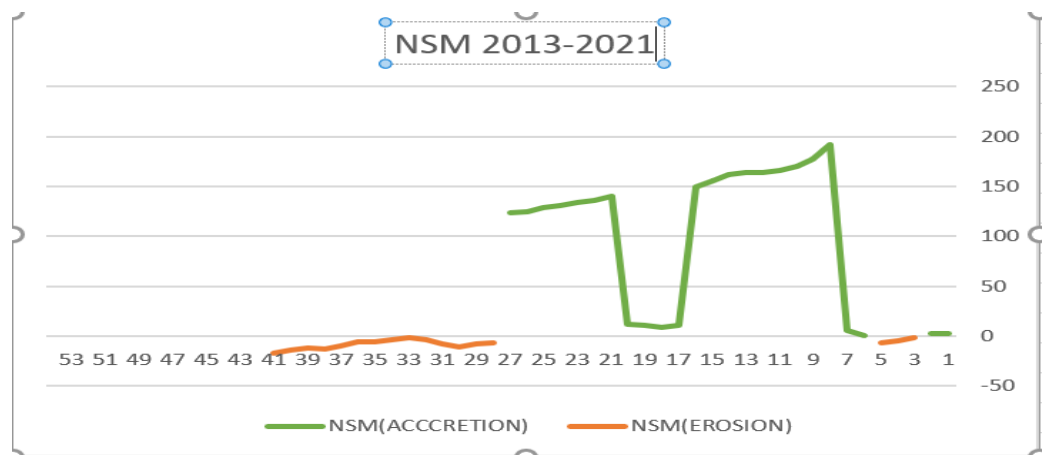


Figure III.11 : variation du NSM du trait de côte selon les transects de 2013-2021 au niveau de la zone de Sidi Ghiles (Boualem et Dilmi,2021).

D'après les figures(10,11), au centre de la zone à partir de l'épi jusqu'à l'épi en T on constate une accrétion élevée d'une valeur de 11,45m, à l'Est et à l'Ouest de la zone on remarque une érosion très élevée.

L'étude de l'évolution du trait de côte avec le calcul du NSM par période nous indique qu' la construction de l'épi et du brise-lames on avait une forte érosion surtout du côté Est au niveau des avec une valeur maximale de -18, 87m durant la période 1972-1980.

Après la construction des ouvrages de protection, on constate une stabilité entre les deux ouvrages mais avec une érosion à l'aval de l'épi et une accumulation au niveau du brise-lames preuve d'une formation d'un tombolo.

## II. Etude bathymétrique :

### 1. La morphologie sous-marine :

La carte bathymétrique du modèle est obtenue par interpolation des sondes bathymétriques et des levés topographiques sur le maillage ainsi définis. La bathymétrie obtenue présente des valeurs comprises entre -42m et 0m par rapport au zéro hydrographique.

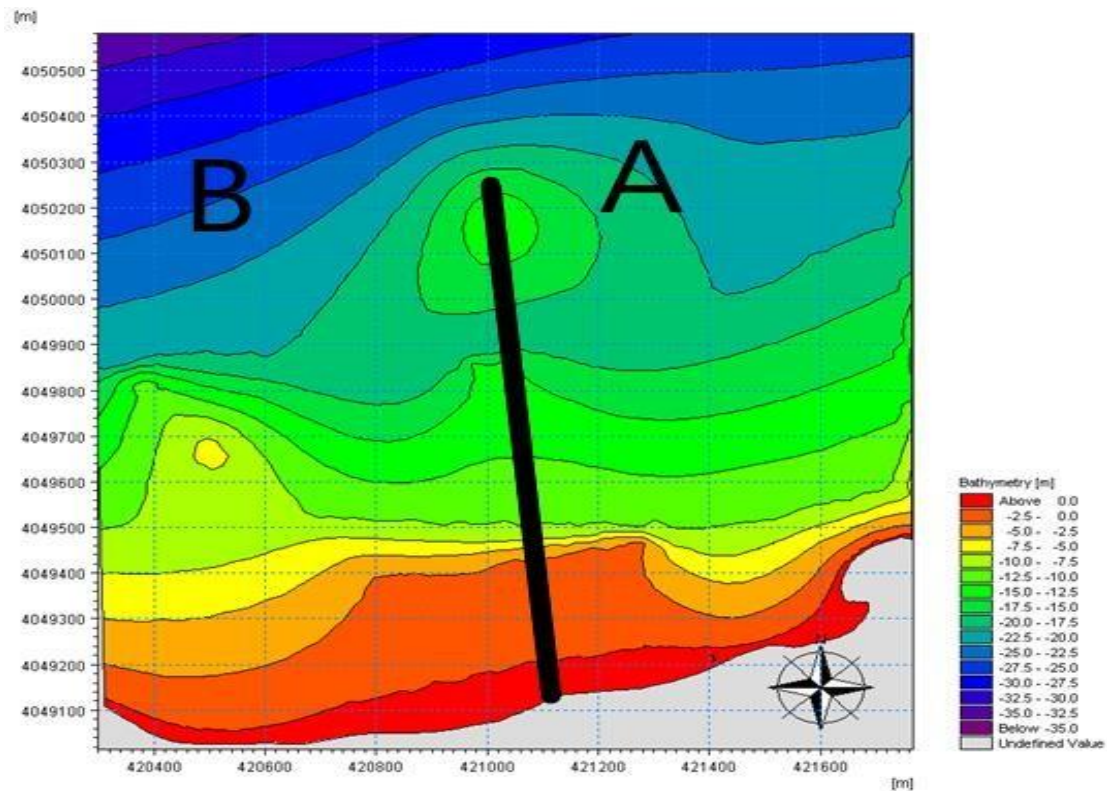


Figure III.12 : Carte bathymétrique de la zone d'étude de Sidi Ghiles (Boualem et Dilmi, 2021).

### Commentaire :

La carte bathymétrique montre des isobathes régulières espacées, et présente des fonds assez réguliers avec une pente moyenne de l'ordre de 2.5%, aussi la distance entre la cote et une profondeur donnée est différentes de l'Est vers l'ouest, dans notre zone on a divisé en trois zone de l'est zone A vers l'ouest zone B, on compare avec l'isobathe -16m. Dans la section A la distance avec l'isobathe -16m et le trait de côte est de 276m, et dans la section B la distance est de 721m. Ceci amplifie énormément l'érosion, puisque la houle en venant du large aura tout le temps de se dissiper à l'Ouest et beaucoup moins à l'Est, c'est ce qui explique l'érosion significative observée au niveau De la zone A, autrement dit au niveau de la plage Centre et Ouest de Sidi Ghiles.

2. Les profils :

Pour mieux connaître la morphologie de la zone d'étude et l'évolution du fonds, trois profils transversaux ont été choisis, le tracé de ces derniers est le suivant :

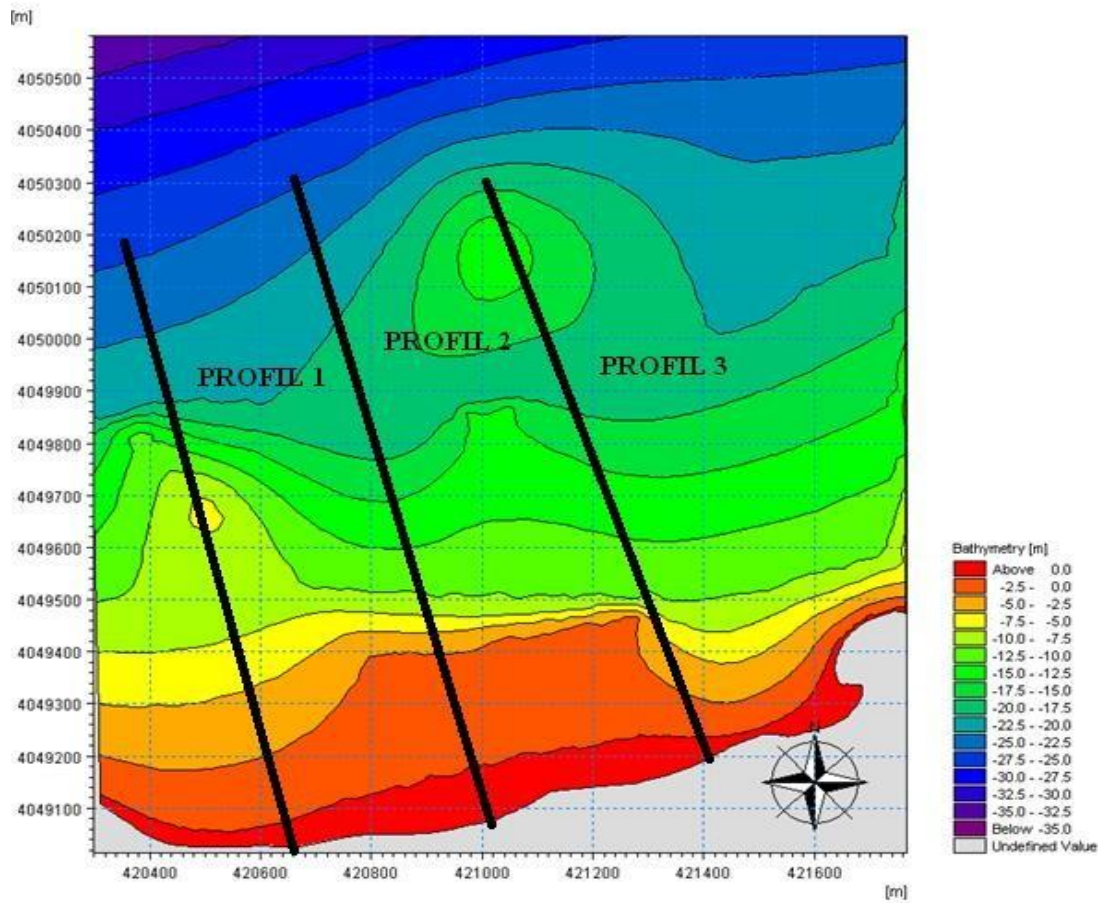


Figure III.13 : Carte bathymétrique et tracé des profils dans la zone d'étude (Boualem et Dilmi, 2021).

- Profil 1 :

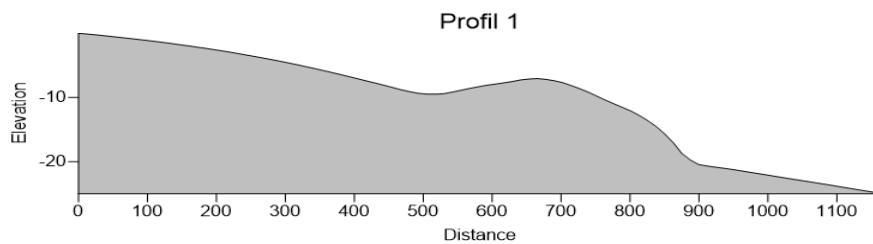
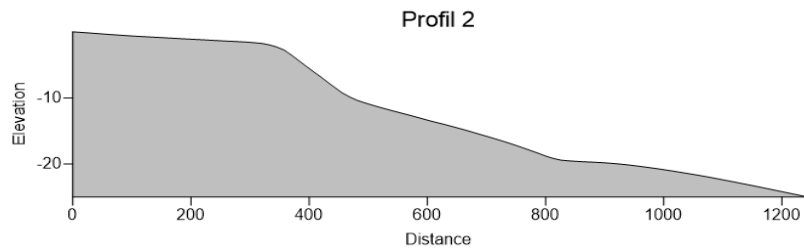


Figure III.14 : Profil bathymétrique (Boualem et Dilmi, 2021).

Le profil montre des irrégularités au niveau du fond avec une pente douce d'environ 1,8% sur une distance de 550m jusqu' à 10 m de profondeur, vient après une surélévation de 5 m de profondeur allant à une distance de 920 m environ, suivit d'une descente abrupte avec un pente de l'ordre de 73% d'une profondeur de -20m sur une distance de 15 m environ, cette pente s'adoucit de l'ordre de 1,7% jusqu'à une profondeur de -25m et 1200m de distance.

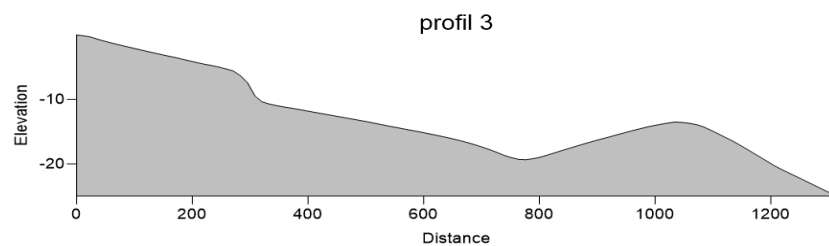
- Profil 2 :



**Figure III. 15 :** Profil2 bathymétrique (BOUALEM et DILMI, 2021).

Le profil nous indique un fond irrégulier, avec un fond assez plat vers 3m de profondeur à une distance de 450 m environ, suivit d'une pente abrupte de 10% allant à une profondeur de 10m et une distance de 520 m environ. Cette pente s'adoucit de 1% environ à une profondeur de 20m avec 900m de distance.

- Profil 3 :



**Figure III. 16 :** Profil3 : bathymétrique (BOUALEM et DILMI, 2021).

Comme pour les profils précédents ce profil montre des irrégularités au niveau du fond, avec une pente douce de 1,3% allant à une profondeur de 5m sur une distance de 360m, suivi d'une pente abrupte jusqu'à 10m de profondeur, qui s'adoucit de l'ordre de 2,27% allant à une profondeur de 20m ceci à une distance de 800m. A cette distance, on peut distinguer la fosse de lévigation,

### III. Etude de réfraction de la houle :

Les résultats de simulation numérique sont présentés ci-après ; les directions considérées sont : 300N, 340N, 20N.

#### a) Propagation de la houle :

Pour chaque simulation, il est possible de mesurer le coefficient de réfraction ( $K_r$ ), la période après réfraction, l'angle d'incidence, et cela à différents points du maillage, les résultats sont présentés ci-dessous sous forme de carte et de tableaux.

- Propagation de la houle de direction Nord-Est (20°) :

Tableau III.1 : Résultats de la réfraction du secteur N20°, T=8s, H=2,56m dans la région de Sidi Ghiles.

Caractéristiques de la houle au large Dir : N20° Tp=8s H=2,56					
Prof(m)	Hs(m) Amplitude local de la houle	Tp(S) Période après réfraction	Kr Coefficient de réfraction de la houle	Angle d'arrivé	Kr Vingtennale
-2	1,33295	6,9214	0,52	15	0,33
-3	1,61701	6,8267	0,63	16	0,42
-4	1,74227	6,6818	0,68	19	0,50
-5	1,88169	6,6518	0,74	18	0,56
-10	1,96801	6,3069	0,77	31	0,76

- **Interprétation des résultats :**

La carte (figure 21) montre que les orthogonales sont peu réfractées, au large les houles de direction Nord-Est ne subissent aucune modification et gardent leurs caractéristiques initiales (Hs=2,67m).

Au fur et à mesure qu'elles se rapprochent de la côte, l'effet du fond commence à être ressenti. La hauteur de la houle diminue avec des valeurs variables selon la bathymétrie (entre 1,33 et 2,05m). Le coefficient de réfraction est de 0,52 à 0,77 et leur obliquité est entre 14° et 31°, la houle perd environ trois quart lors de son évolution vers la côte, sa nouvelle direction est NNE.

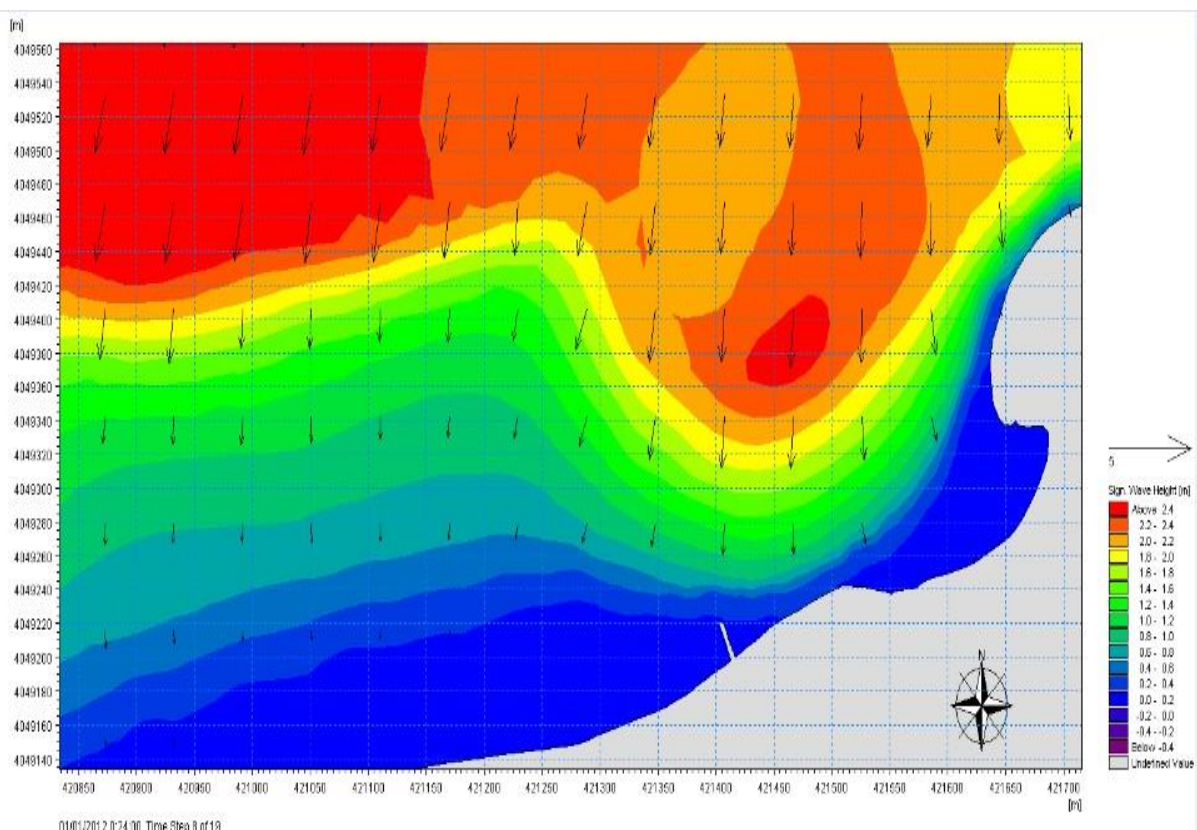


Figure III. 17 : Résultat de la réfraction de la houle pour la direction 20N (Boualem et Dilmi, 2021).

- Propagation de la houle de direction Nord-Ouest ( $300^\circ$ ) :

Tableau III.2 : résultats de la réfraction du secteur N300°, T=8s, H=2,67m.

Caractéristiques de la houle au large Dir : N300° Tp=8s H=2,67					
Prof(m)	Hs(m) Amplitude local de la houle	Tp(S) Période après réfraction	Kr Coefficient de réfraction de la houle	Angle d'arrivé	Kr Vingtennale
-2	1,38923	6,99	0,53	341	0,39
-3	1,8747	7,04	0,71	332	0,61
-4	2,092	6,94	0,79	330	0,50
-5	2,27213	6,88	0,86	329	0,61
-10	2,44696	6,63	0,93	325	0,94

- Interprétation des résultats :

Dans la carte ci-dessous (figure 22), on constate que les houles de direction ( $300^\circ$ ) ne subissent aucune modification au large ( $H_s=2,61$ ), et comme pour les houles précédentes ( $20^\circ$ ) la hauteur de la houle diminue au contact du fond, au niveau de la profondeur (-10m) la hauteur de la houle est d'environ 2,4m. A la profondeur (-2m) on note une hauteur d'environ de 1m, le coefficient de réfraction varie de 0,93 à 0,53, l'angle d'incidence est entre  $341^\circ$  et  $325^\circ$ , vers le Nord-Nord-Ouest le long de la cote, la houle perd 4/5 de son énergie lors de son évolution vers la côte.

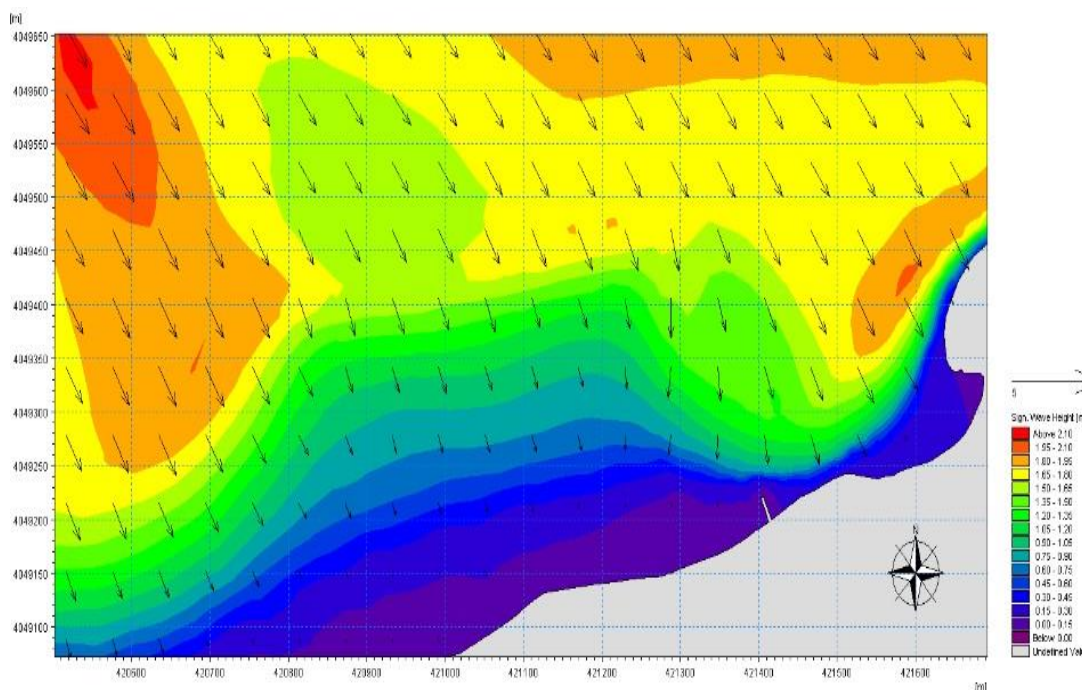


Figure III. 18 : Résultat de la réfraction de la houle pour la direction 300N (Boualem et Dilmi, 2021).

- Propagation de la houle direction Nord-Nord-Ouest (340°) :

Tableau III.3 : résultats de la réfraction du secteur N300°, T=8s, H=2,67m.

Caractéristiques de la houle au large Dir : N340° Tp=8s H=2,61					
Prof(m)	Hs(m) Amplitude local de la houle	Tp(S) Période après réfraction	Kr Coefficient de réfraction de la houle	Angle d'arrivé	Kr Vingtennale
-2	1,51192	6,9256	0,57	359	0,33
-3	1,85686	6,8992	0,70	359	0,42
-4	2,17064	6,8941	0,81	356	0,50
-5	2,33497	6,874	0,87	356	0,57
-10	2,46227	6,5886	0,92	359	0,86

- Interprétation des résultats :

d'après la carte figure(23) , les houles de direction NORD-NORD-OUEST comme s'était le cas pour les houles précédentes elles ne subissent aucune modification mais au fur et à mesure, qu'elle se rapproche de la cote sa hauteur diminue, on note la valeur d'environ 2 à la profondeur (-10m), cette valeur continue de diminué on se rapprochant de la cote , Où la valeur est de 1,5 au niveau de la profondeur (-2m), le coefficient de réfraction de cette houle varie entre 0,92 à 0,57 , l'obliquité est entre 1° et 359° .

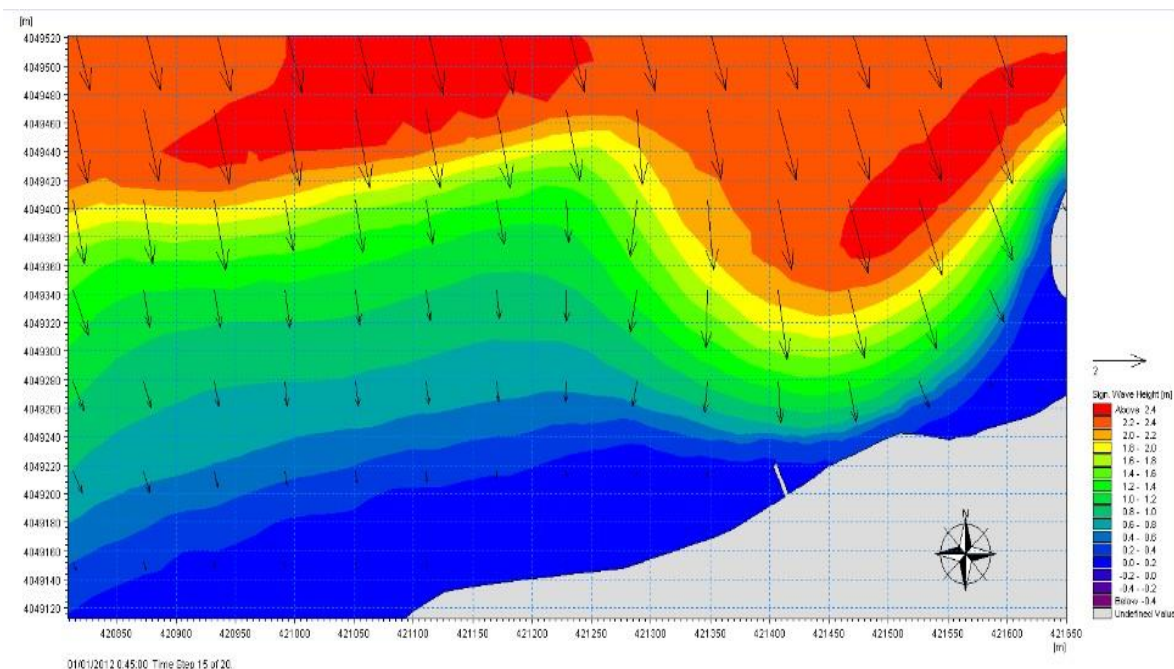


Figure III.19: Résultat de la réfraction de la houle pour la direction 340N (Boualem et Dilmi,2021).

L'étude de la réfraction avec le logiciel Mike 21 a montré que le site d'étude est exposé aux houles du secteur, Nord-est, Nord-Ouest et Nord-Nord-Ouest ceci est expliqué par la configuration de son trait de côte qui est parallèle au Nord et qui reçoit l'énergie des houles de ces trois secteurs. En plus, le coefficient de réfraction Kr de ces trois directions, à 5 m de profondeur varie entre 0.86 et 0.74 ; ce qui montre que les houles du secteur, Nord Est, Nord-

Ouest et Nord-Nord-Ouest agissent de la même manière sur la zone d'étude et peuvent générer des courants littoraux entraînant l'érosion de la plage.

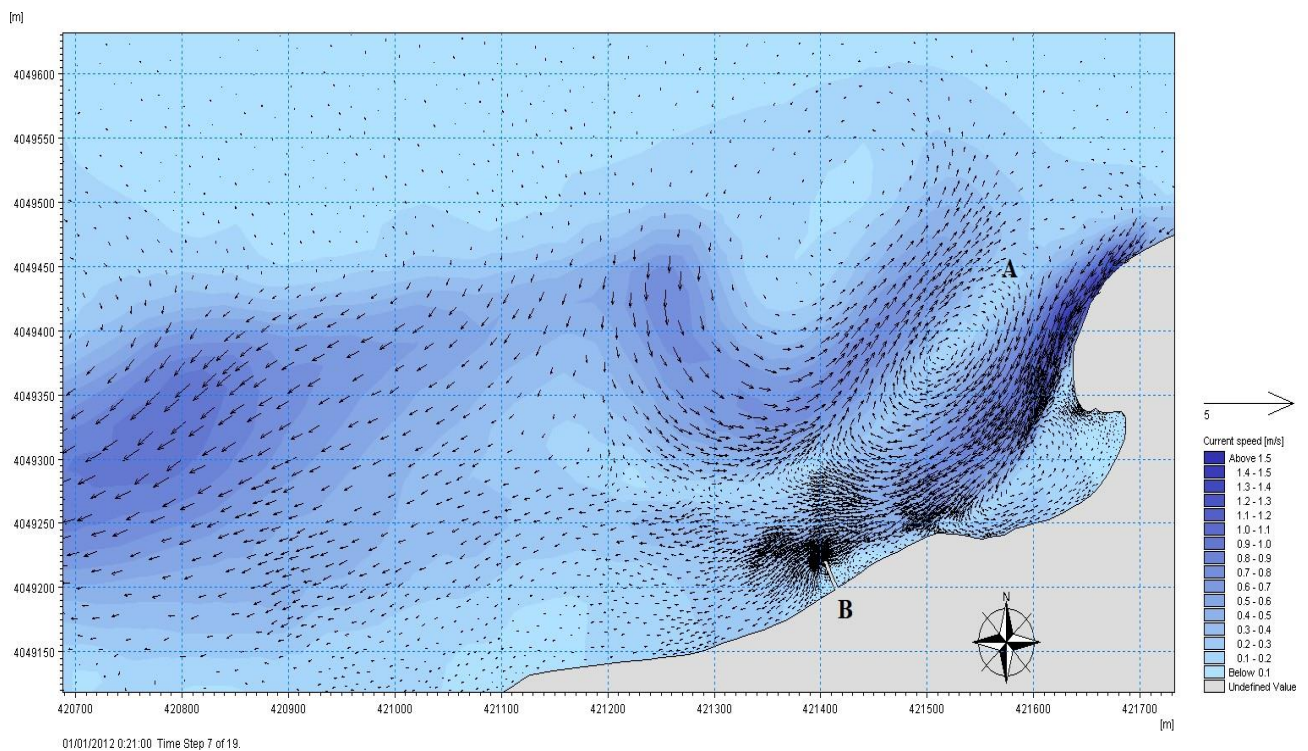
#### IV. Résultats des simulations HD et interprétation :

- **Houle de direction Nord Est (20°) :**

##### Interprétation :

La figure (24) nous montre la carte obtenue de la simulation HD par le logiciel Mike 21, pour la direction Nord Est (20°) et une période de (8s).

Dans notre zone on a des courants de vitesse de 0,1m/s et 1,5m/s au niveau centre et Sud Est, les courants sont orienté vers la direction Nord Est, on peut voir sur deux tourbillons, le tourbillon A, qui est du à l'effet du fond et qui rencontre les courants au-dessus et est orienté vers le Nord Est, le deuxième tourbillon le B, est due à la diffraction au contact du petit epi.



**Figure III.20 :** Résultats de la courantologie pour la direction Nord Est (20°) (Boualem et Dilmi, 2021).

- **Houle de direction Nord-Ouest (300°) :**

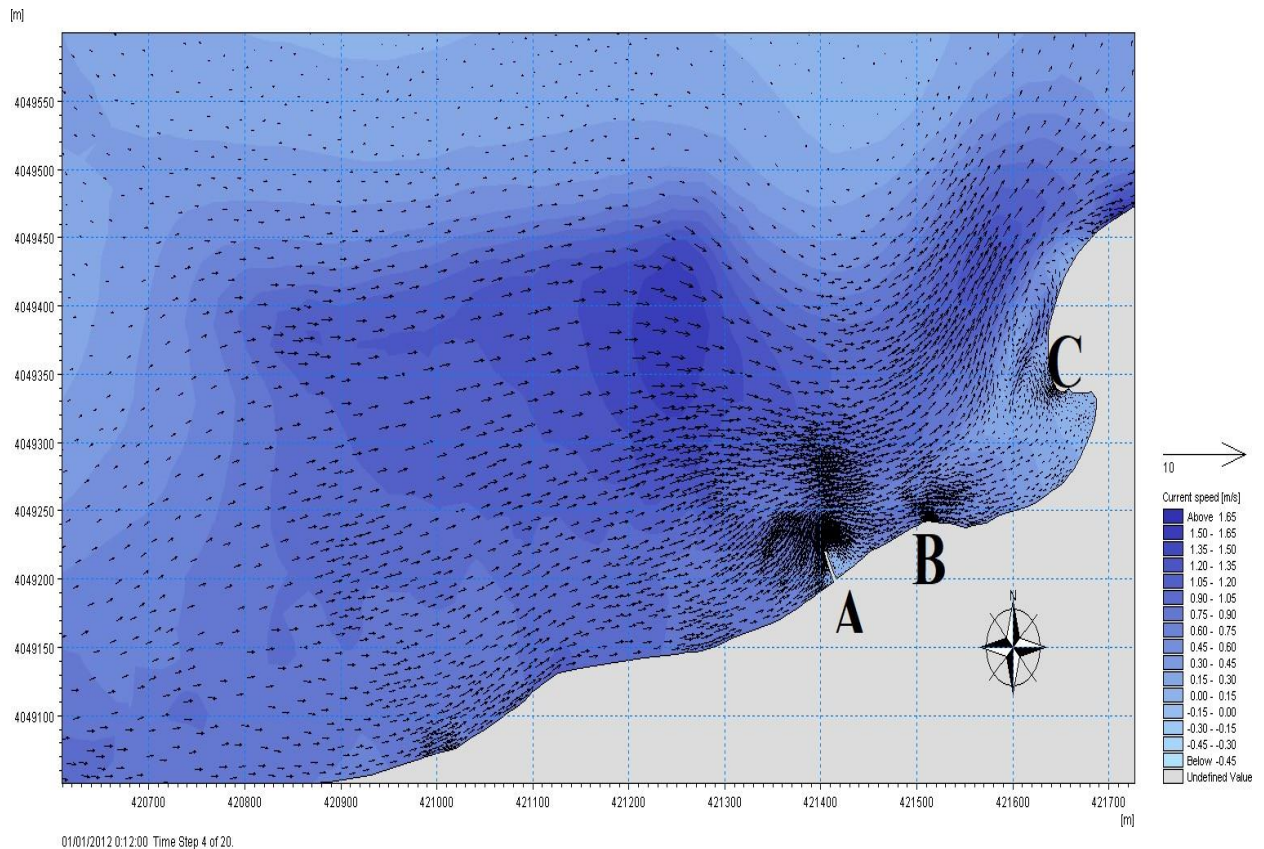
##### Interprétation :

La figure (25) nous montre la carte obtenue de la simulation HD par le logiciel Mike 21, pour la direction Nord-Ouest (300°) et une période de (8s).

Dans notre zone qui se trouve dans le côté Sud Est de la carte , il y'a un champ de courants induit par une houle de direction Nord-Ouest avec une variation de vitesse de 0,45m/s plus particulièrement dans la partie Sud Est de la carte et 1,65m/s au centre de la zone , ces courants sont parallèles au rivage et orienté vers le Nord Est, on peut voir aussi la présence de trois

Circulations tourbillantes, les tourbillons B et C qui sont causé par l'effet du fond, et circulation

tourbillante A causé par la diffraction au contact du petit épi.



**Figure III.21** : Résultats de la courantologie pour la direction Nord-Ouest ( $300^\circ$ ) (Boualem et Dilmi, 2021).

- **Houle de direction Nord- Nord-Ouest ( $340^\circ$ ) :**

**Interprétation :**

La figure (26) nous montre la carte obtenue de la simulation HD par le logiciel Mike 21, pour la direction Nord-Nord-Ouest ( $340^\circ$ ) et une période de (8s) .

Les courants littoraux générés par la réfraction de la houle de direction Nord-Nord-Ouest, sont parallèles au rivage et orienté vers Nord Est, on a aussi deux tourbillons dans cette zone le tourbillon B due À l'effet du fond qui croisse les courants de direction Nord Est, et le tourbillon A due à la diffraction causé par le petit épi,

La vitesse de courants dans notre zone varie entre 0,60m/s et 1,50m/s du côté Sud Est, au centre de la zone la vitesse est d'environ 1,35m/s.

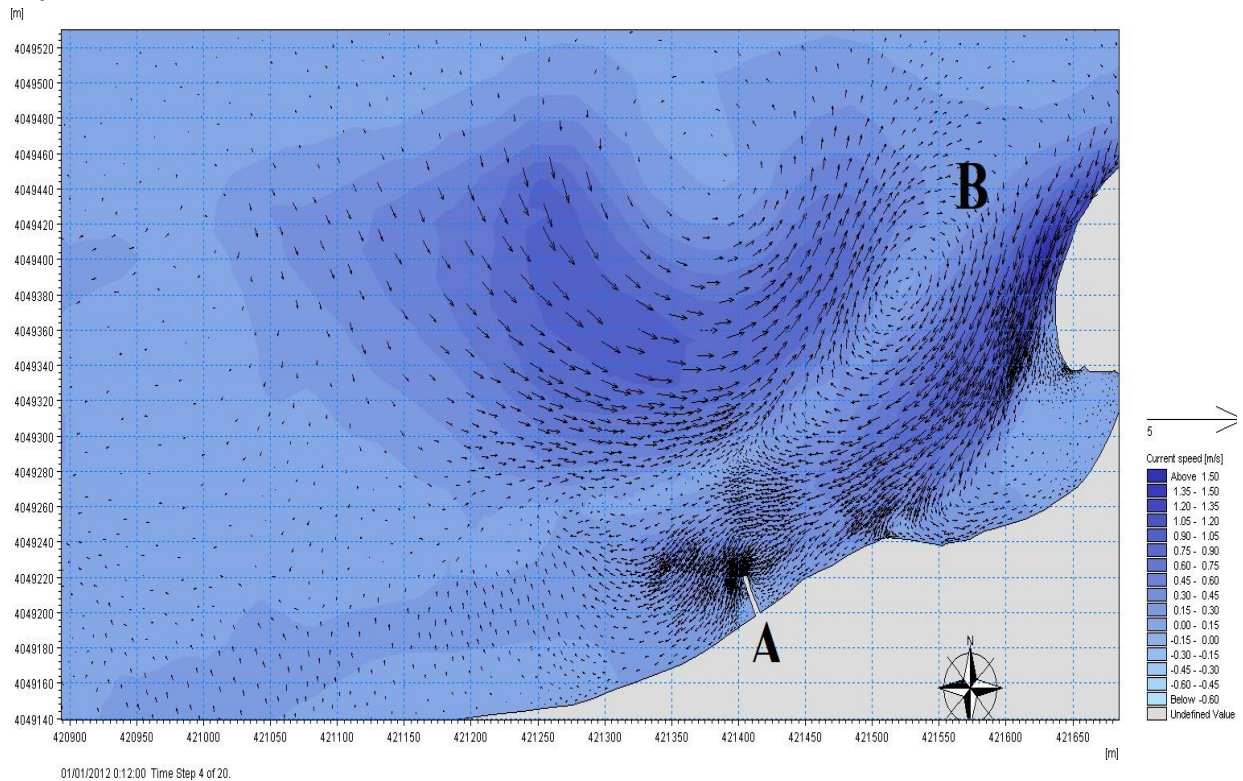


Figure III. 22 : Résultats de la courantologie pour la direction Nord-Ouest (300°) ((Boualem et Dilmi, 2021).

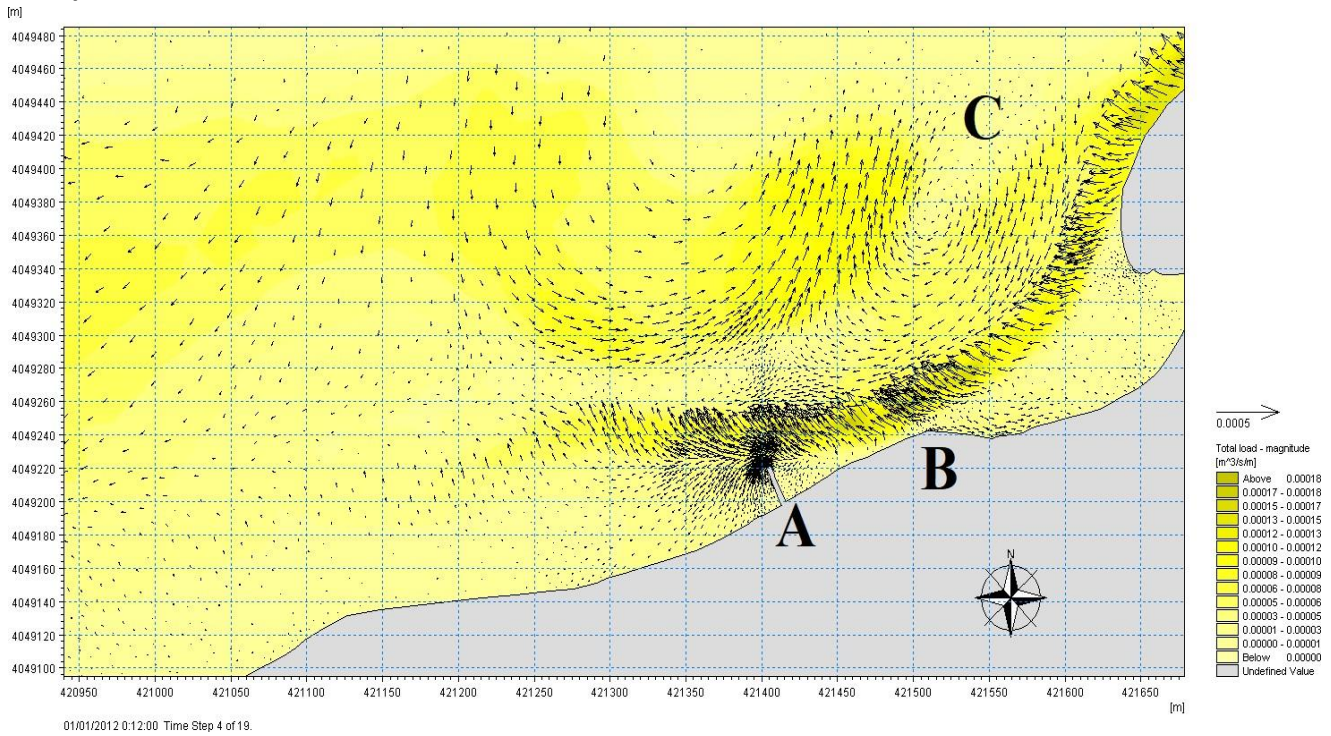
## V. Résultats des simulations ST et interprétation :

- **Houle de direction Nord Est (20°) :**

### Interprétation :

La figure (27) nous montre la carte obtenue de la simulation ST par le logiciel Mike 21, pour la direction Nord Est (20°) et une période de (8s).

Le taux de transport sédimentaire généré par la houle de direction Nord Est, est proportionnel avec la direction des courants, plus l'intensité du courant augmente, plus le taux de transport sédimentaire augmente, il atteint la valeur de  $0,00017\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$  dans la partie Sud et Est de la zone, on observe la présence de deux tourbillons, le tourbillon C due à l'effet du fond et A due à la diffraction avec l'épi, on distingue aussi la présence d'un transport vers le large de sédiment dans la partie B dans la zone.



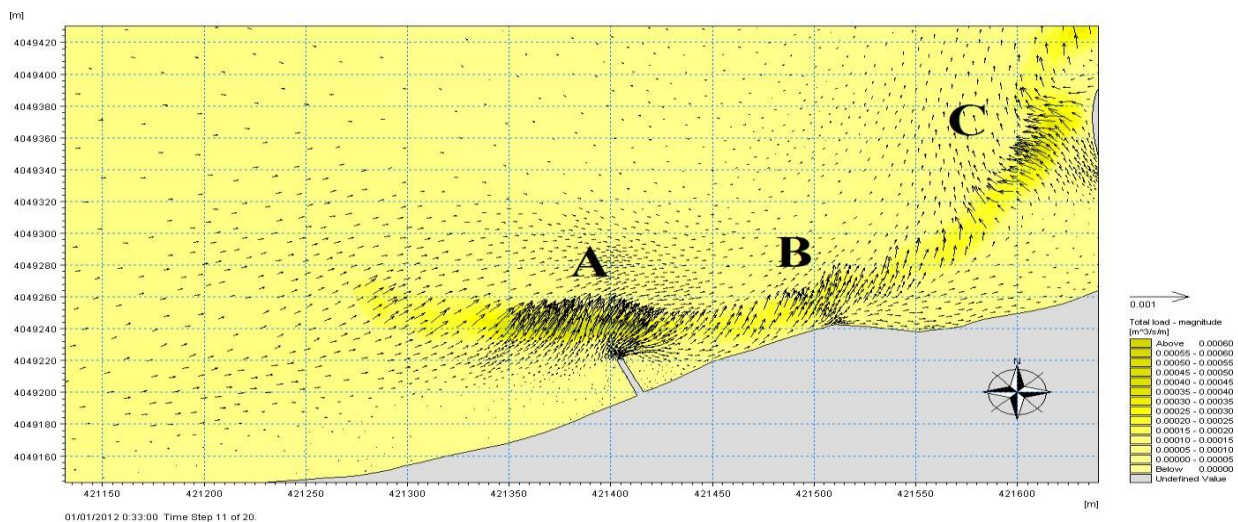
**Figure III.23 :** Résultats du transport sédimentaire pour la direction Nord Est (20°) (Boualem et Dilmi, 2021).

- **Houle de direction Nord-Ouest (300°)**

**:Interprétation :**

La figure (28) nous montre la carte obtenue de la simulation ST par le logiciel Mike 21, pour la direction Nord Est (20°) et une période de (8s).

Le taux de transports sédimentaire généré par la houle de direction Nord-Ouest (300°) varie entre  $0,00005\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$  et  $0,00045\text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$  dans la partie A et C de la zone, on observe un transport sédimentaire vers le large dans la partie A, B, et C.



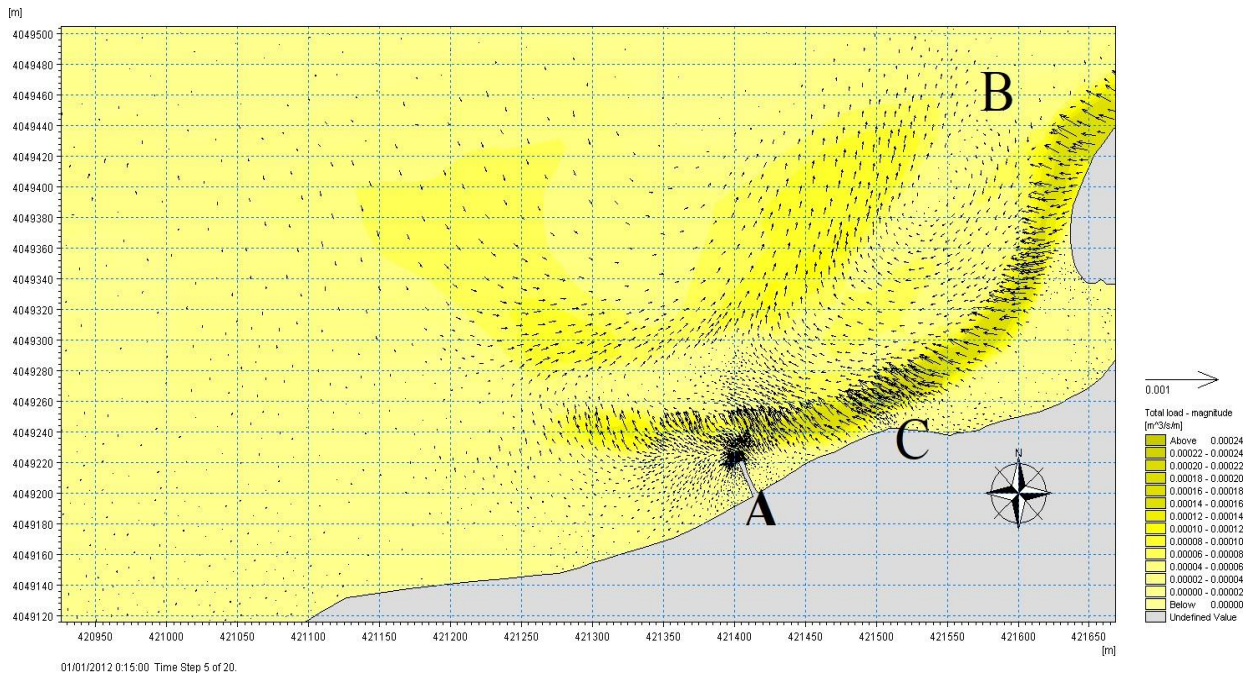
**Figure III.24 :** Résultats du transport sédimentaire pour la direction Nord-Ouest (300°) (Boualem et Dilmi, 2021).

### Houle de direction Nord-Nord Ouest (340°) :

#### Interprétation :

La figure (29) nous montre la carte obtenue de la simulation ST par le logiciel Mike 21, pour la direction Nord-Nord-Ouest (340°) et une période de (8s).

Nous avons un transport sédimentaire important de  $0,00024 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$  dans la partie Sud et Nord Est de la zone, on observe la présence de deux tourbillons le premier A due à la diffraction avec le petit épi, et le second B due à l'effet du fond, au niveau de la partie A et C on a un fort transport sédimentaire vers le large, le transport vers le large continue dans la partie Sud.



**Figure III.25:** Résultats du transport sédimentaire pour la direction Nord- Nord-Ouest (340°) ((Boualem et Dilmi, 2021).

L'étude du transport sédimentaire ST avec le logiciel Mike 21 a montré que le mouvement des sédiments suit le mouvement de courant de manière proportionnel.

On constate que l'apport sédimentaire générée par les houles est très faible dans les trois directions, avec un transit sédimentaire d'une valeur maximum de  $0,00005 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$  pour la direction Nord-Ouest 300N, et une forte perte de sédiment vers le large dans les trois directions.

## **Chapitre IV: Étude de protection.**

On se basant sur les résultats obtenus dans le chapitre précédent, plusieurs solutions de protection adaptées à la particularité du site sont définies dans ce chapitre, pour chaque variante les critères et paramètres d'implantation sont explicités.

## I. Les solutions de protection :

Les infrastructures de protection du littoral sont des structures parallèles ou perpendiculaires au rivage servant à prévenir le recul des côtes, la submersion des terres ainsi que la perte de terrain engendrée par l'action des vagues. (Kraus, Mc Dougal, 1996).

Suite aux différents résultats obtenus lors des études élaborées sur la zone d'étude, on a pu retenir les quatre variantes suivantes :

- Série de deux birse-lamess et un épi
- Série de deux birse-lamess
- Série de deux birse-lamess en géotextile.
- Série de trois épis.

### 1. Variante 01 : Série de deux birse-lamess et un épi :

Deux birse-lamess dont l'un rattaché à la cote par un épi.

#### 1.1. Les birse-lamess :

Les birse-lamess sont souvent émergents à la surface (au moins pendant la majeure partie du cycle de marée) et ils sont disposés approximativement parallèlement à la cote. Leur fonction est de réduire l'action de la houle et d'encourager la déposition de sédiments à l'arrière de l'ouvrage. (Dahmani, 2020),

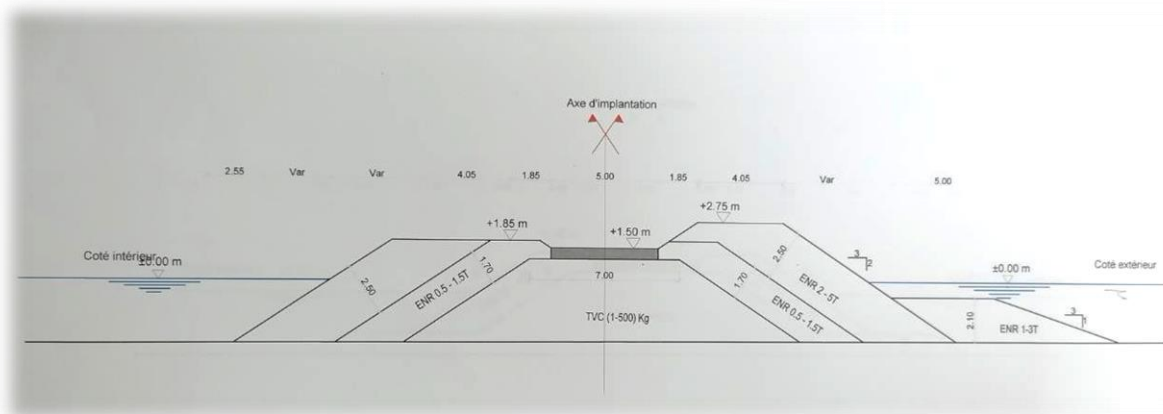


Figure IV.1 : Profil de la partie courante du birse-lames échelle 1/200 (LEM, 2020).

**a) Fonctionnement :**

Dans le cas d'un birse-lames, la différence de hauteurs de houle crée un courant à l'arrière de l'ouvrage, quelle que soit la direction de la houle incidente. Ce courant associé à des hauteurs de houle réduites, entraîne le dépôt de matériaux derrière le birse-lames.

En l'absence d'autres influences, les sédiments seront transportés à l'arrière de l'ouvrage et formeront un tombolo ou salient.

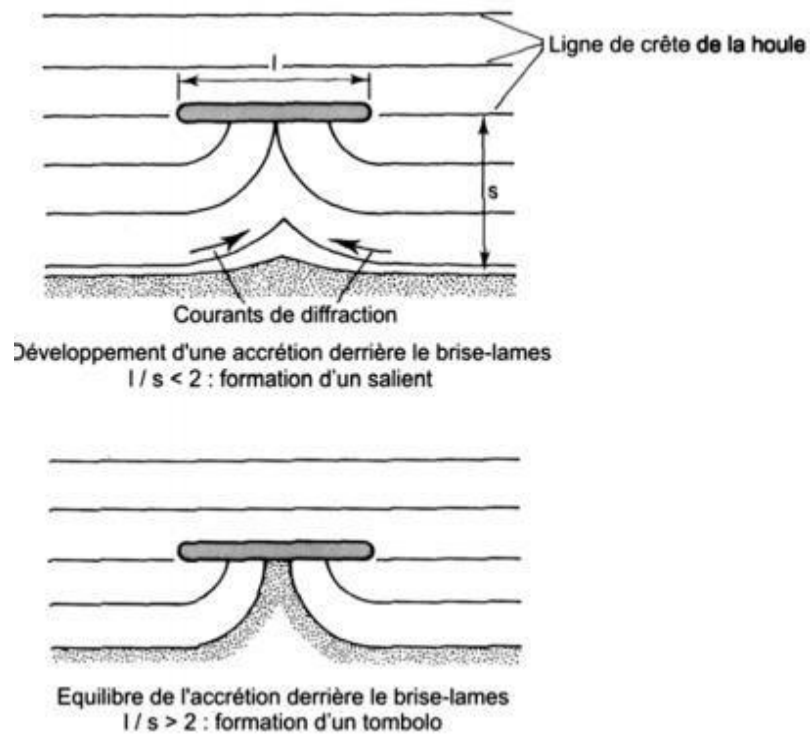


Figure IV.2 : Schématisation de la formation de tombolo et salient (Dahmani, 2020).

**b) Dimensionnement :**

**Paramètres d'implantation :**

- **Longueur des birse-lames :**

La longueur du birse-lames est le paramètre qui conditionne le plus directement la longueur de rivage protégée.

j. Charpentier (L.C.H.F.) propose la relation suivante :

$$L > 1.2 (D + 0.3\lambda) \quad (1)$$

Avec :

L= Longueur du birse-lames.

D= Distance du birse-lames à la côte.

$\lambda$  = Longueur d'onde de la houle au point considéré.

Dans notre zone d'étude la longueur des birse-lames est de L= 150m chacun.

- **Espacement entre les birse-lamess :**

En considèrent que la limite d'expansion de la houle se situe sur la ligne de rivage, Charpentier j., préconise la formule :

$$E < 0.83D + \frac{1}{2} \lambda \quad (2)$$

L'espacement entre les deux birse-lamess est de  $E = 80m$ .

- **Longueur relative des birse-lamess :**

Il n'y a formation d'un tombolo derrière un birse-lamess que si sa longueur relative par rapport à sa distance à la côte est suffisamment grande :

$$L/D \geq a \quad (3)$$

c) **Paramètres structuraux (stabilité de l'ouvrage) :**

- **Carapace :**

Hudson (1953,1959) a mis au point l'équation ci-contre :

$$m_{50} = \frac{HD^3 \times \rho_s}{k_D \times \left(\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1\right)^3 \times \cot \alpha \text{Tng}(\alpha)} \quad (4)$$

Avec :

$K_d$  = coefficient de stabilité.

$\rho_s$  = Masse volumique des matériaux en  $kg/m^3$ .

$\rho_w$  = Masse volumique de l'eau en  $kg/m^3$ .

- **Sous couche :**

$$\frac{m_{50}(\text{sous-couche})}{m_{50}(\text{carapace})} = \frac{1}{10} \text{ a } \frac{1}{15}$$

- **Epaisseur :** (5)

On utilise cette formule pour calculer l'épaisseur des couches et des sous-couches :

$$e = n \times c \times m_{50}^{1/3} \quad (6)$$

Avec :

$N$  = Nombre de rangées.

$C$  = Coefficient de couche dépendant de la forme des blocs 1.15 pour les enrochements.

$M_{50}$  = Volume des blocs en tonne.

• **Largeur de la berme :**

Briganti et al. (2004) ont calibré la relation élaborée par Angermond et al. (1997), il en résulte la formule pour les ouvrages larges :

$$C_t = -0,4 (R_c / H_s) + 0,64 (B / H_s)^{-0,31} (1 - \exp(-0,5 \zeta_p)) \quad (7)$$

Avec :

$C_t$  = Coefficient de transmission du birse-lames.

$B$  = Largeur du birse-lames.

$\zeta_p$  = Coefficient de Battjes.

$R_c$  = Hauteur de la surface d'eau libre du birse-lames.

$H_s$  = Amplitude au pied de l'ouvrage.

Le coefficient de Battjes peut se calculer à l'aide de la relation suivante :

$$\zeta_p = \tan \alpha / \sqrt{S_p} \quad (8)$$

Avec :

$\tan \alpha$  = Pente de l'ouvrage.

$S_p$  = Cambrure typique ( $S_p = H_s / L_p$ ).

• **Le musoir**

Le musoir est l'extrémité côté mer à tracé circulaire d'une digue à talus connectée à la côte ou les deux extrémités d'une digue foraine. Les musoirs sont fortement exposés aux tempêtes à cause, d'une part, des vagues diffractées et, d'autre part, des franchissements ; il faut donc y prêter une attention particulière lors du choix de la taille des blocs d'enrochement.

Il doit être plus résistant que la partie courante, puisqu'il est le plus exposé aux houles frontales, la stabilité du musoir peut être vérifiée par la formule d'Hudson, telle qu'elle est en changeant la valeur du coefficient de stabilité KD utilisée précédemment par celle de 2,5

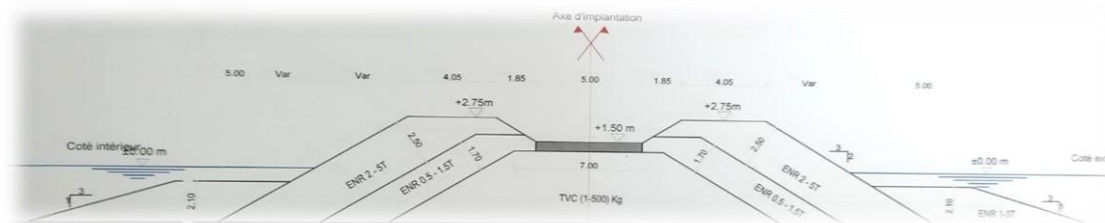


Figure IV.3 : Profil musoir du Birse-lames échelle 1/200 (LEM, 2020).

- La côte d'arase :

La hauteur d'ascensions (Z) donné par la formule suivante :

- Hauteur d'ascensions :

$$Z = 0.67.HD.Ir^{0.51}.\sqrt{\tan(\alpha)} / 2 \quad (9)$$

- Paramètre d'Iribarenne :

$$Ir = \tan(\alpha) / \sqrt{HD/L} \quad (10)$$

- Longueur d'onde de la houle au large :

$$L = gT^2 / 2\pi \quad (11)$$

## 1.2. Epi :

Un épi est un ouvrage en enrochement relativement court qui avance dans la mer depuis la plage et dont la fonction principale est d'interrompre le transit littoral de sédiments afin de constituer ou de retenir des plages à un niveau plus élevé (et souvent, par-là même, de protéger un ouvrage de défense contre la mer).

Les épis n'agissent que sur les déplacements fluides et solides longitudinaux par rapport au trait de côte. Ils ne sauraient donc s'opposer aux actions érosives des courants de retours ("undertow-currents") ou des courants sagittaux ("rip-currents") qui opèrent dans la section Pour stabiliser une portion de trait de côte,

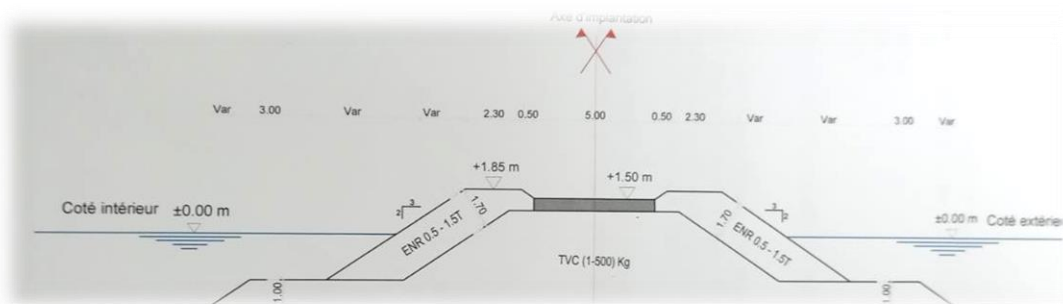


Figure IV.4 : Profil épi, échelle 1/200 (LEM, 2020).

### a) Dimensionnement :

- Longueur :

La longueur des épis est essentiellement déterminée par le degré d'interruption du transport littoral souhaité, par le type de profil de plage recherché et par la nouvelle ligne de rivage attendue.

D'après les travaux du CERC, une corrélation a été établie entre la profondeur d'eau au musoir de l'épi par rapport au niveau moyen des basses mers, et le pourcentage de sédiment stoppé.

Tableau IV.1 : Pourcentage de sédiment interrompu en fonction de la profondeur et de la longueur de l'épi (Dahmani, 2020).

Profondeur au musoir	0 m à 1.2 m	1.2 m à 3.0 m	> 3.0 m
Epis hauts	50 %	75 %	100 %
Epis bas		50 %	75 %

b) Description de la variante 01 :

❖ PARAMETRE D'IMPLANTATION :

Sur une zone de 400m de linéaire, deux brise-lames de 150 m chacun espacés de 80m et implanté à -3m de profondeur sont proposés, leur orientation est vers le Nord-Ouest, leur distance d'implantation varie le premier à 110m du trait de côte, le second quant à lui est à 120m du trait de côte. Ce dernier est rattaché à un épi de 120m implanté entre 0 et -3m de profondeur avec une position perpendiculaire au trait de côte.

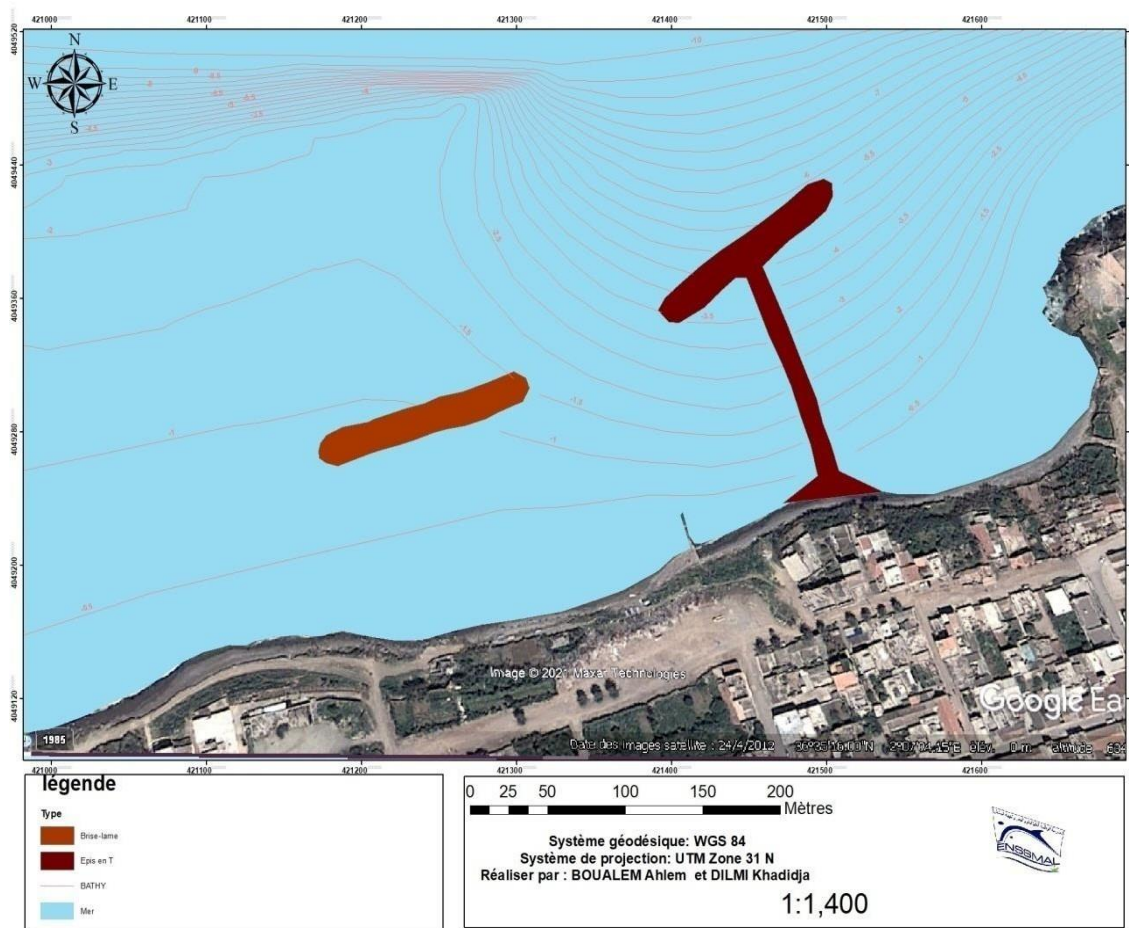


Figure IV.5 : Carte représentative de la variante 01 (brise-lames et épi) dans la zone de Sidi Ghiles.

❖ PARAMETRE STRUCTURAUX :

Tableau IV.2 : caractéristiques structureaux des deux birse-lamess et de l'épi.

Brise-lames	Epi
-Une côte d'arase de +1,50m. -Une carapace en enrochement (2-5t) disposé en deux couches selon une pente de 3/2. -Une sous couche en enrochements (0,5-1,5t) disposé en deux couches selon une pente 3/2. -Un noyau en TVC (1-500kg) disposé selon une pente de 3/2. -Une dalle de roulement en béton armé de 5m de largeur.	-Une côte d'arase de +1,50m. -Une carapace en enrochement (0,5-1,5t) disposé en deux couches selon une pente de 3/2. -Un noyau en TVC (1-500kg) disposé selon une pente de 3/2. -Une dalle de roulement en béton armé de 5m de largeur.

1.3. Simulation de la variante sur Mike 21 :

- Réfraction de la houle SW annuelle :

- Houle de direction Nord Est (20°) :

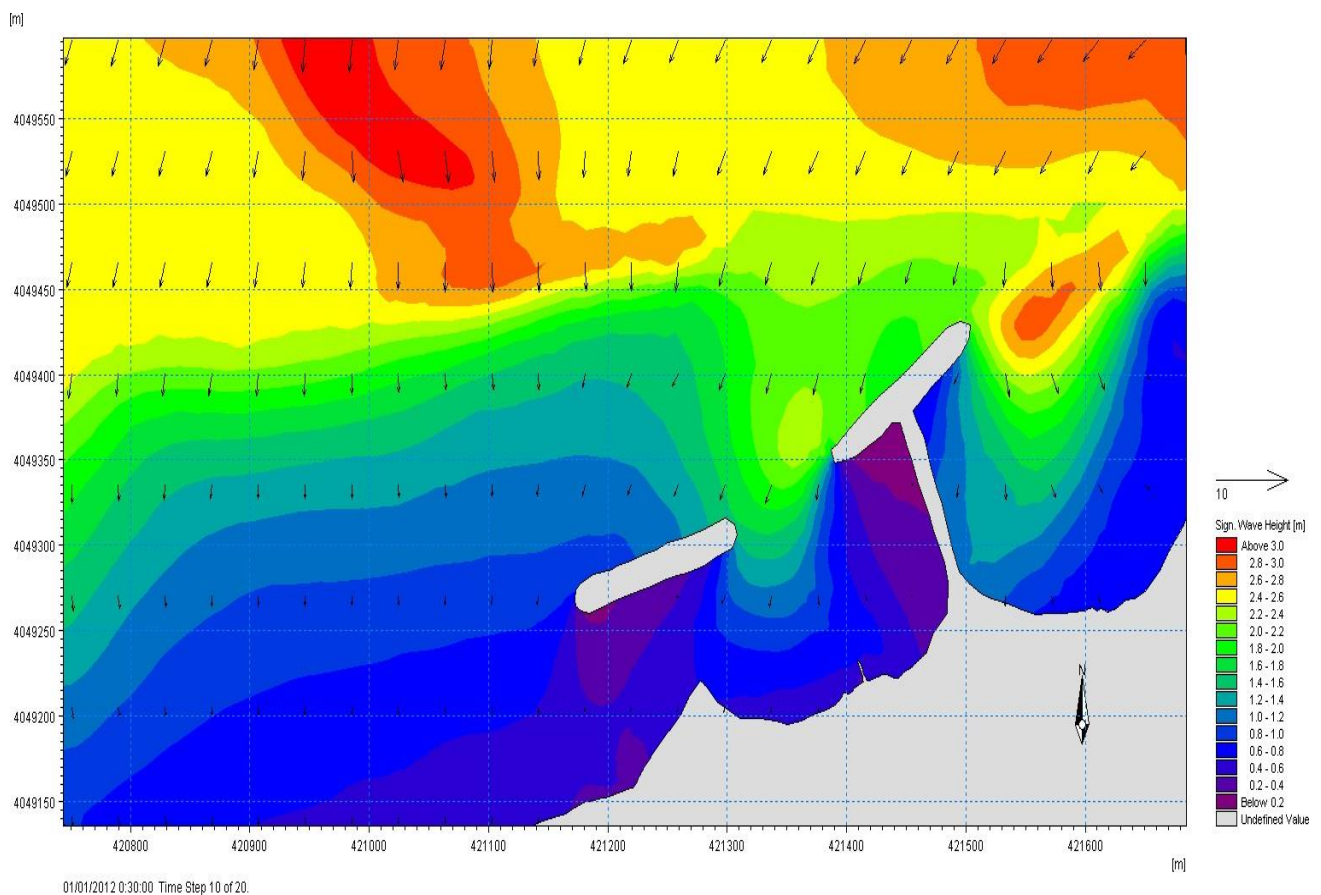


Figure IV.6 : Résultat de la réfraction annuelle de la houle Nord Est 20° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de deux brise-lames et un épi ((Boualem et Dilmi, 2021).

• Houle de direction Nord-Ouest (300°) :

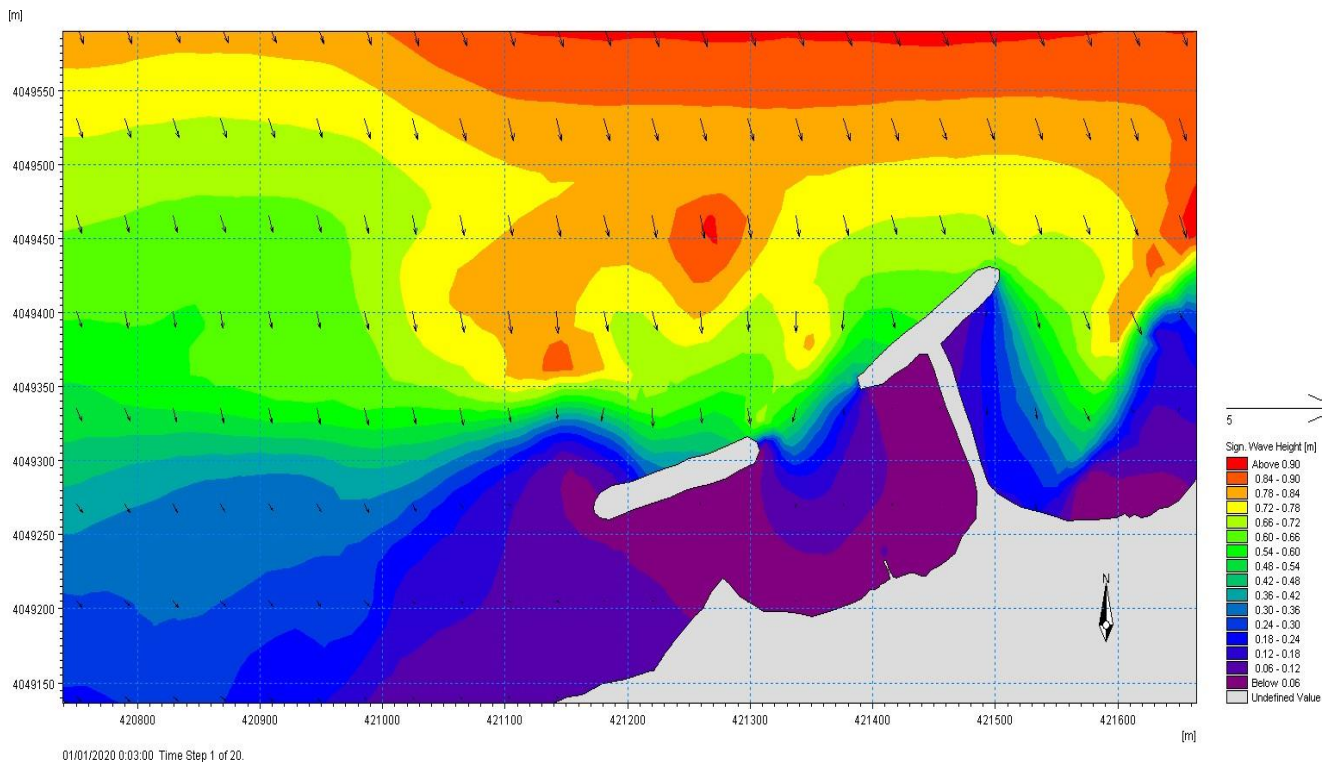


Figure IV.7 : Résultat de la réfraction annuelle de la houle Nord-Ouest 300° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de deux brise-lames et un épi ((Boualem et Dilmi, 2021).

• Houle de direction Nord-Nord-Ouest (340°) :

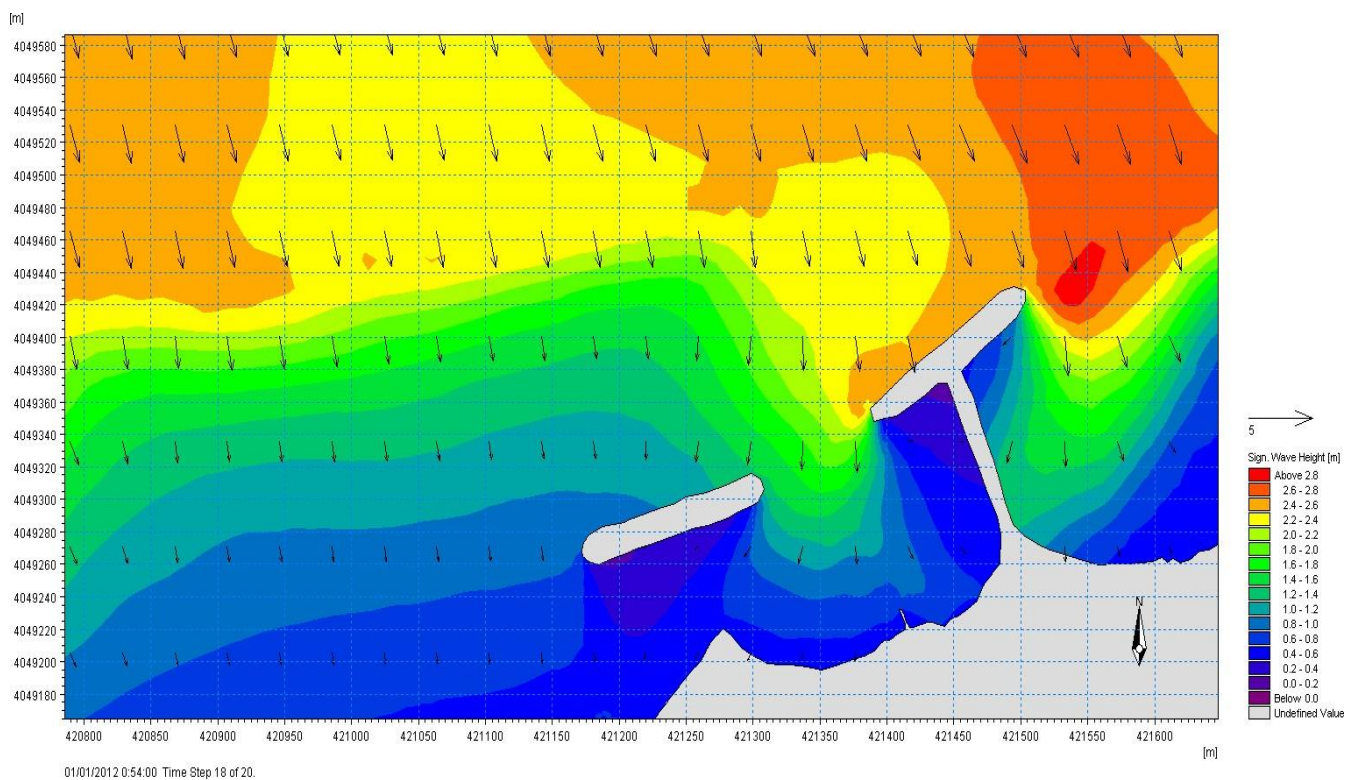


Figure IV.8 : Résultat de la réfraction annuelle de la houle Nord- Nord-Ouest 340° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de deux brise-lames et un épi (Boualem et Dilmi, 2020).

- Courantologie annuelle :

• Houle de direction Nord Est (20°) :

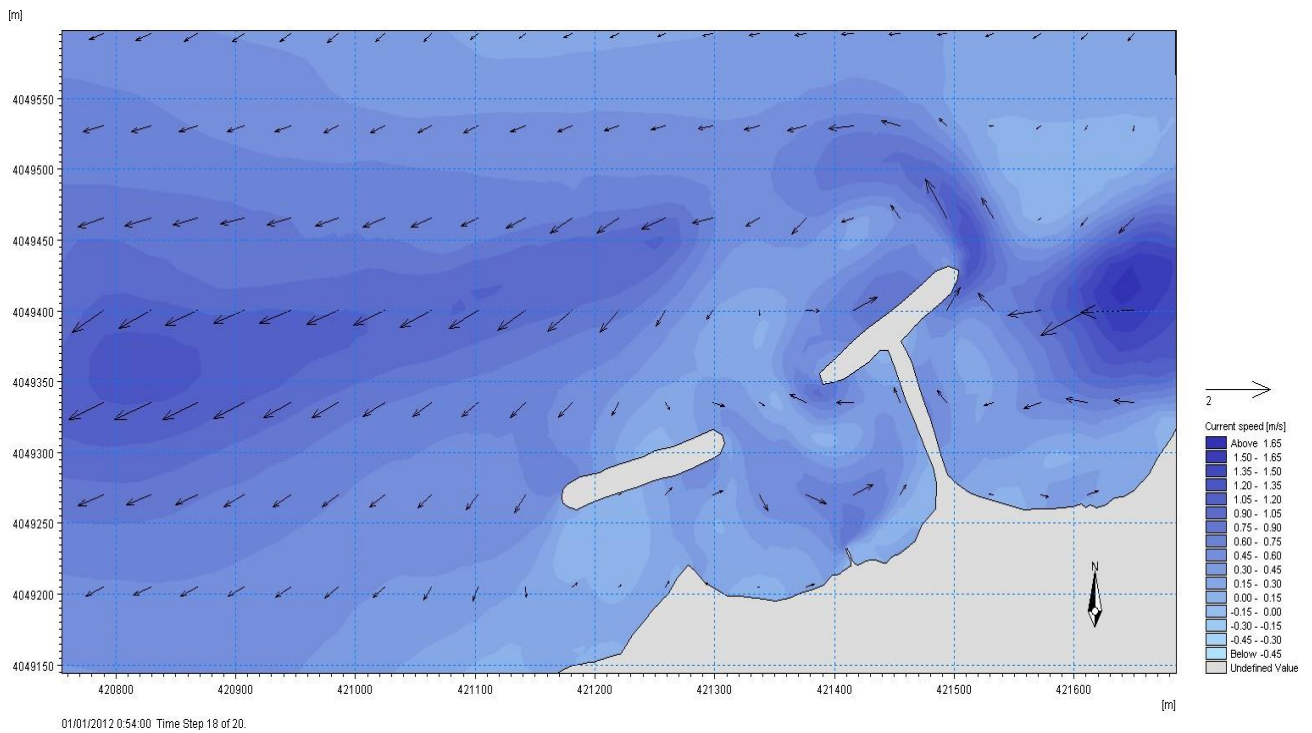


Figure IV.9 : Résultat de la simulation HD annuelle de la houle Nord Est 20° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de deux brise-lames et un épi (Boualem et Dilmi, 2021).

• Houle de direction Nord-Ouest (300°) :

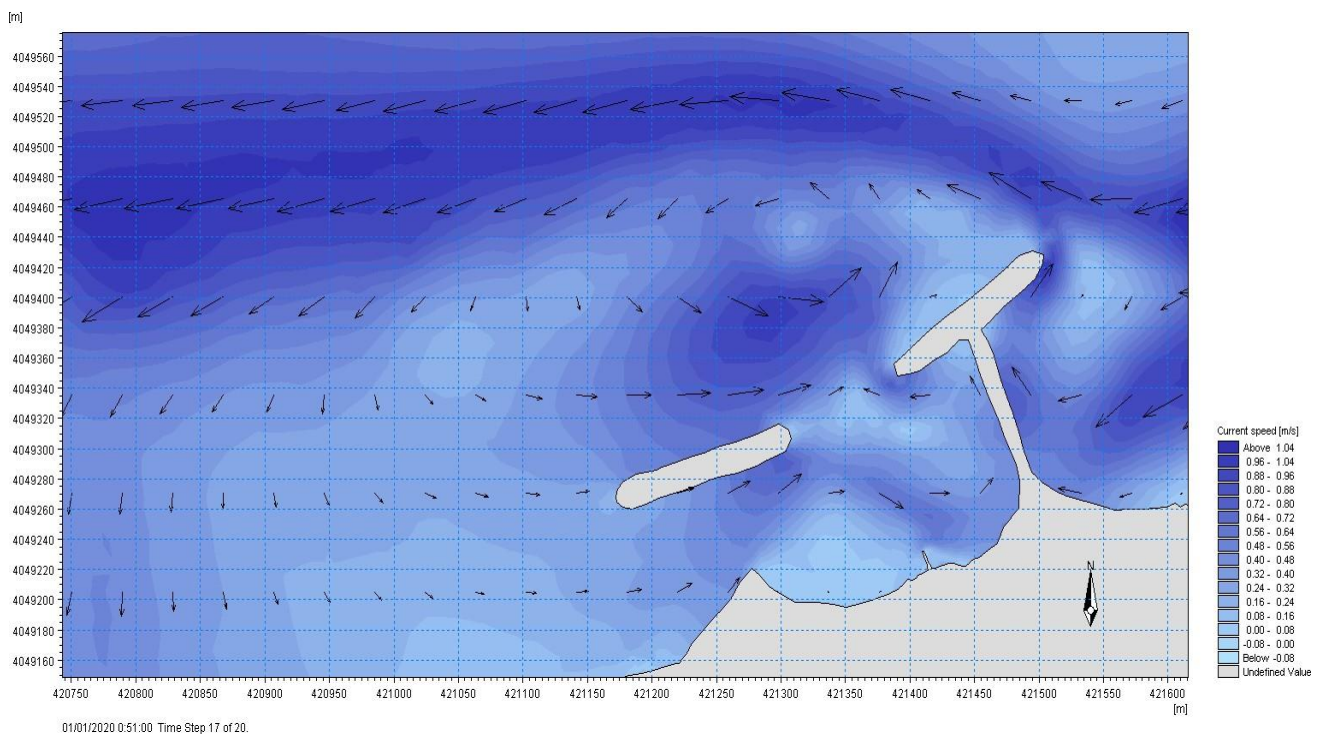


Figure IV.10 : Résultat de la simulation HD annuelle de la houle Nord-Ouest 300° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de deux brise-lames et un épi (Boualem et Dilmi, 2021).

- Houle de direction Nord-Nord-Ouest (340°) :

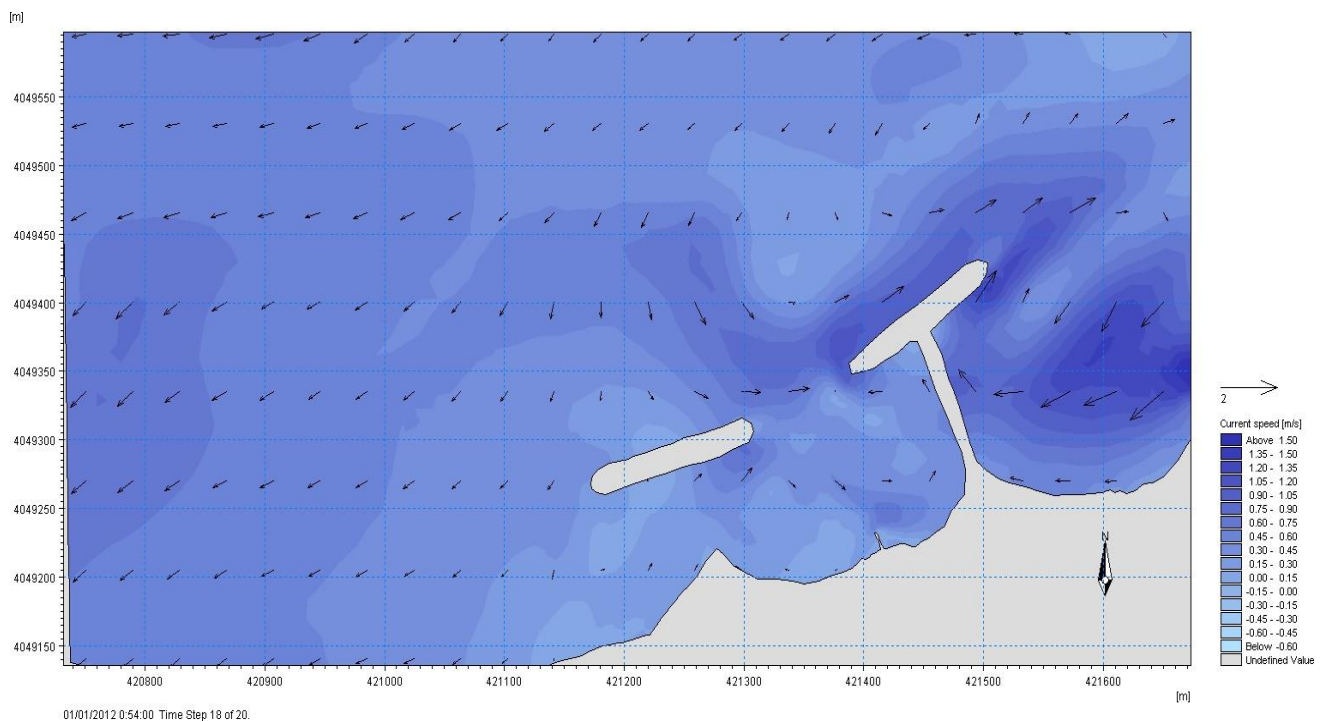


Figure IV.11 : Résultat de la simulation HD annuelle de la houle Nord-Nord Ouest 340° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de deux birse-lamess et un épi (Boualem et Dilmi, 2021).

- Sédimentologie annuelle :

- Houle de direction Nord Est (20°) :

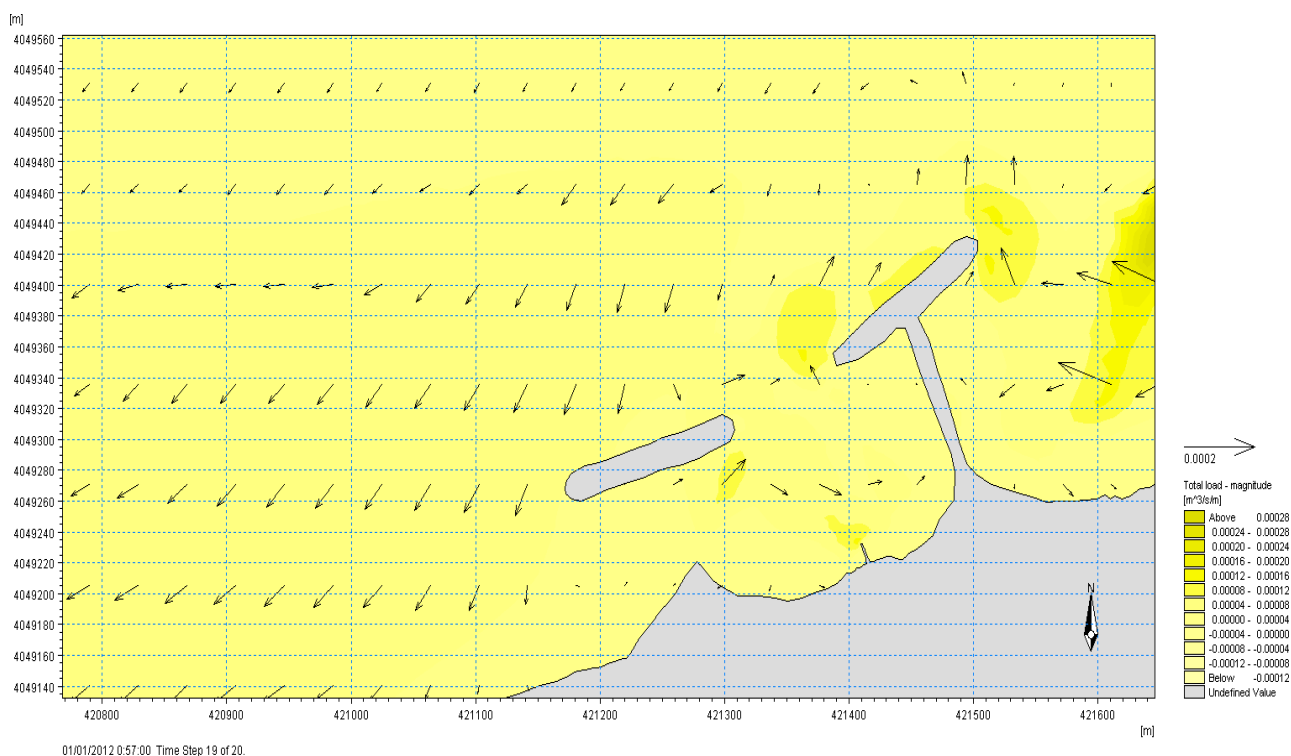
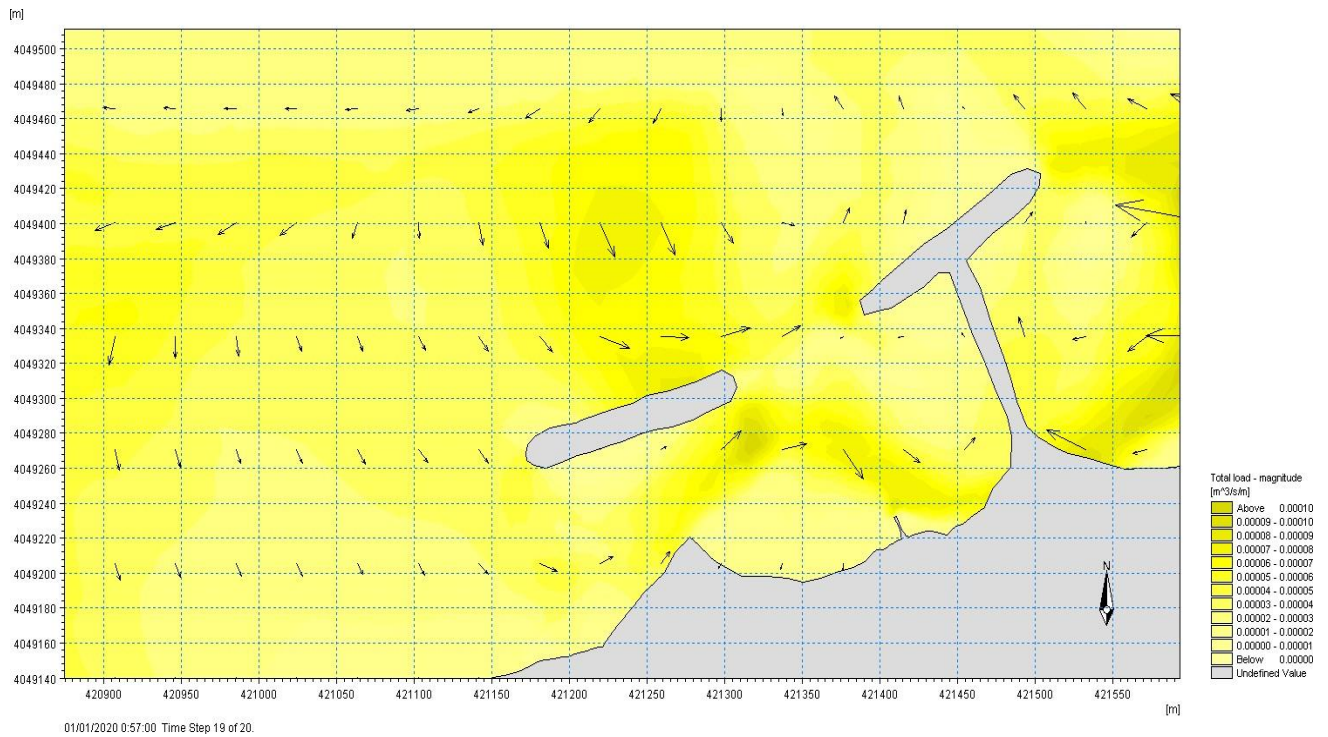


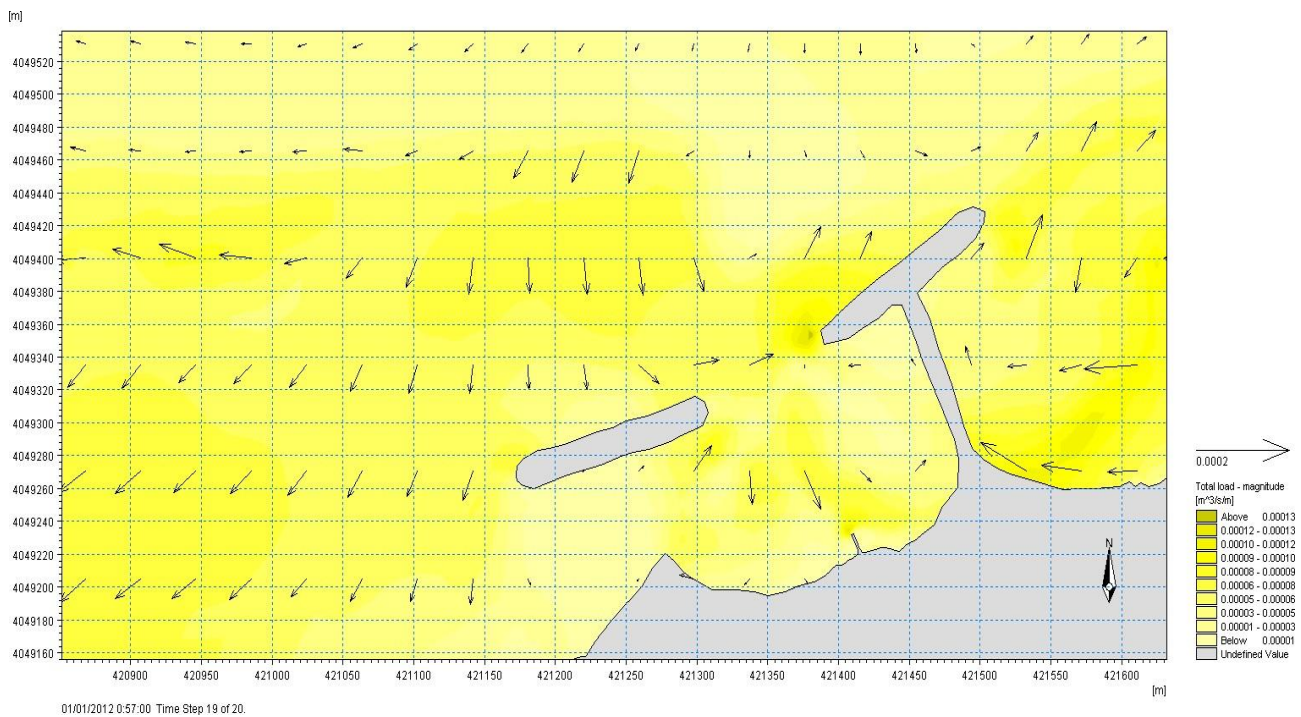
Figure IV.12 : Résultat de la simulation ST annuelle de la houle Nord Est 20° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de deux birse-lamess et un épi (Boualem et Dilmi, 2021).

- Houle de direction Nord Ouest 300° :



**Figure IV.13 :** Résultat de la simulation ST annuelle de la houle Nord-Ouest 300° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de deux birse-lamess et un épi (Boualem et Dilmi, 2021).

- Houle de direction Nord-Nord-Ouest (340°) :



**Figure IV.14 :** Résultat de la simulation ST annuelle de la houle Nord-Nord-Ouest 340° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de deux birse-lamess et un épi (Boualem et Dilmi, 2021).

2. Variante N°02 : Série de deux birse-lamess :

a) Description de la variante 02 :

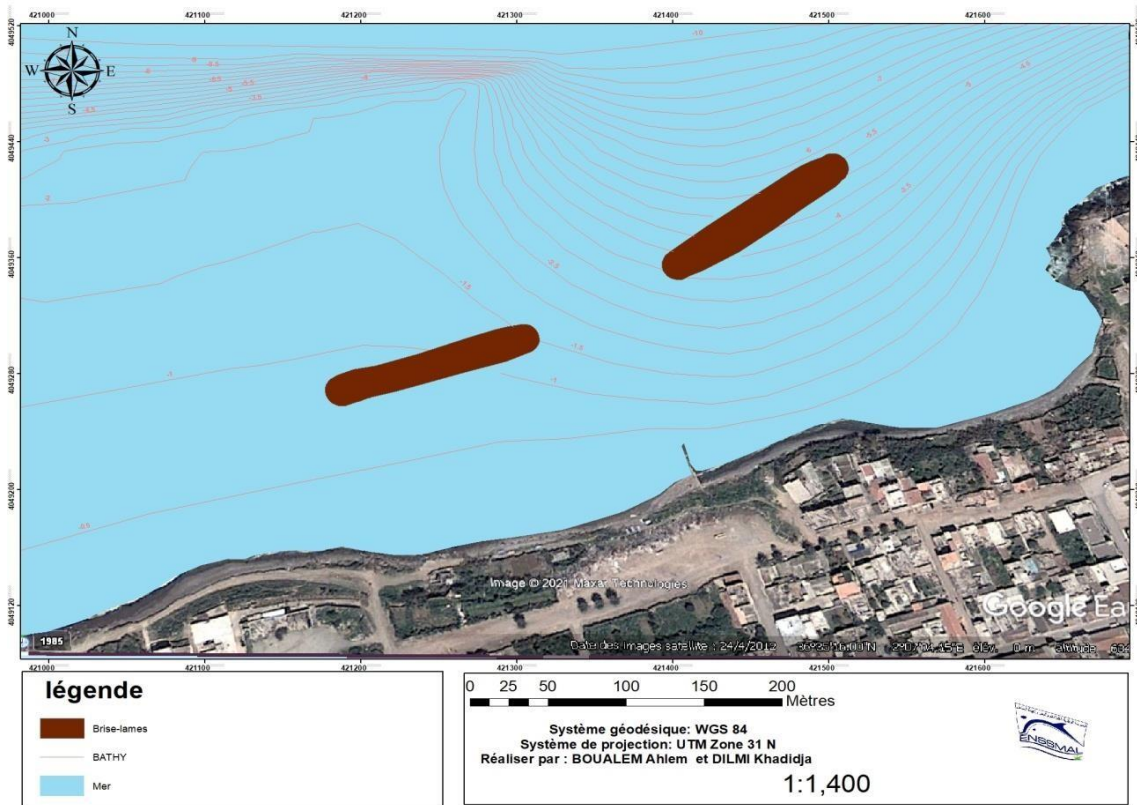


Figure IV.15 : Carte représentative de la variante 02 (birse-lamess) dans la zone de Sidi Ghiles.

Tableau IV.3 : Caractéristiques dimensionnelles des birse-lamess.

Paramètres structuraux	Paramètres d'implantation
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Une côte d'arase de 1,50m de profondeur.</li> <li>- Une carapace en enrochement (2-5t) disposés en deux couches selon une pente de 3/2.</li> <li>- Une sous couche en enrochement (0,5-5t) disposés en deux couches selon une pente de 3/2.</li> <li>- Un noyau en TVC (1-500kg).</li> <li>- Une dalle de roulement en béton armé de 5m de largeur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Une longueur totale de 300m de deux birse-lamess : Birse-lames 1=140m, Birse-lames 2= 160m.</li> <li>- Un escarpement de 65m entre les deux birse-lamess.</li> <li>- Une profondeur moyenne d'implantation de -3m de profondeur.</li> <li>- Une distance moyenne d'implantation de 110 à 120 m par rapport au trait de côte.</li> <li>- Une zone couverte de 400m environ.</li> </ul>

b) Simulation de la variante sur Mike 21 :

- Réfraction de la houle SW annuelle :
- Houle de direction Nord Est (20°) :

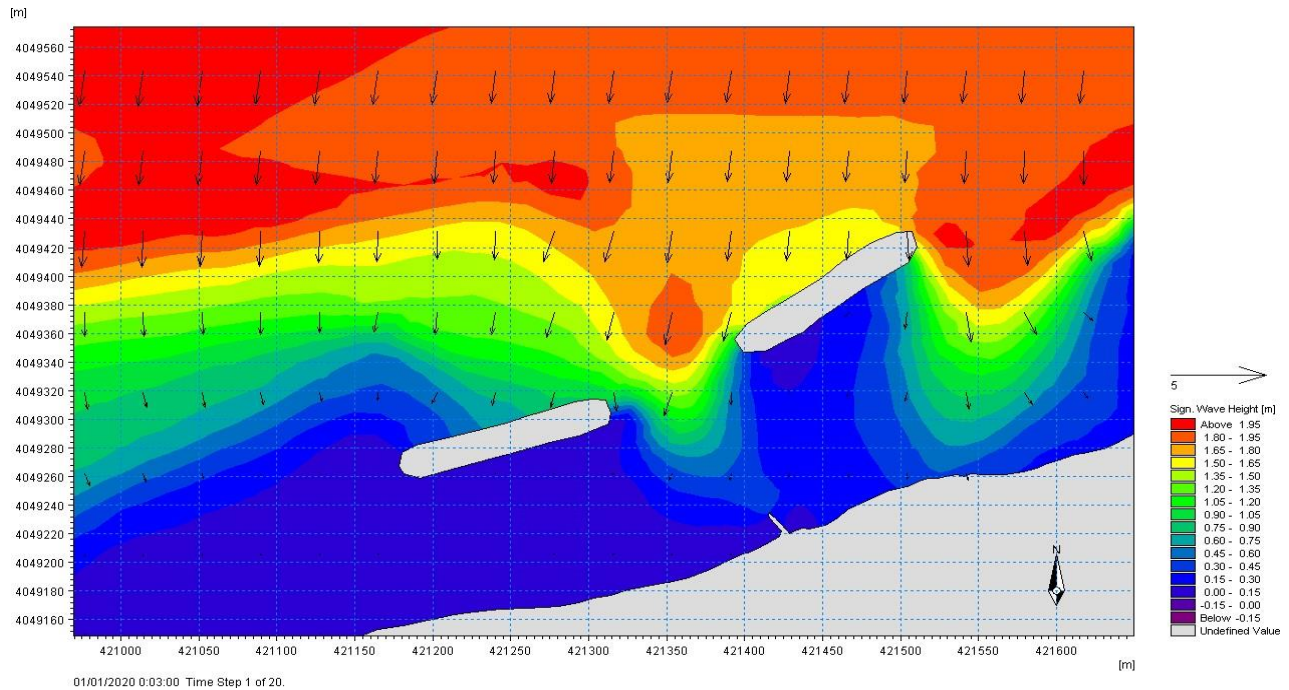


Figure IV.16 : Résultat de réfraction SW annuelle de la houle Nord Est 20° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de deux birse-lamess (Boualem et Dilmi, 2021).

- Houle de direction Nord-Ouest 300° :

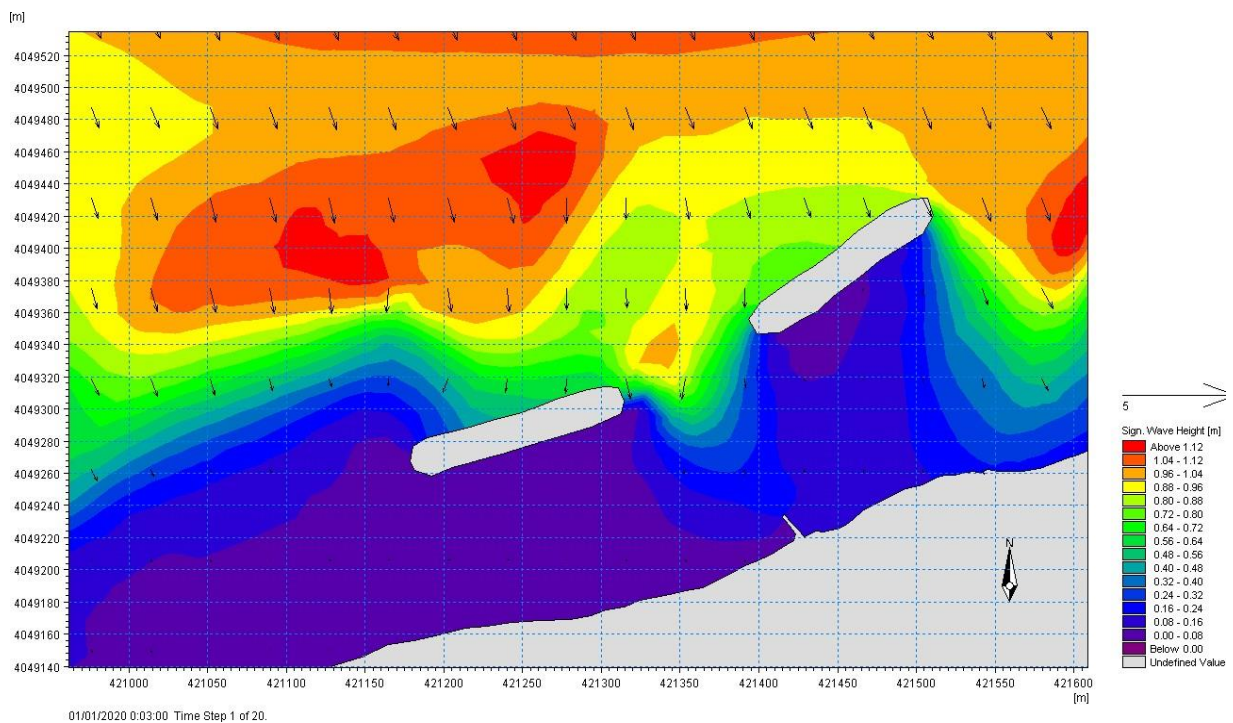


Figure IV.17 : Résultat de réfraction SW annuelle de la houle Nord-Ouest 300° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de deux birse-lamess (Boualem et Dilmi, 2021).

- Houle de direction Nord-Nord-Ouest 340° :

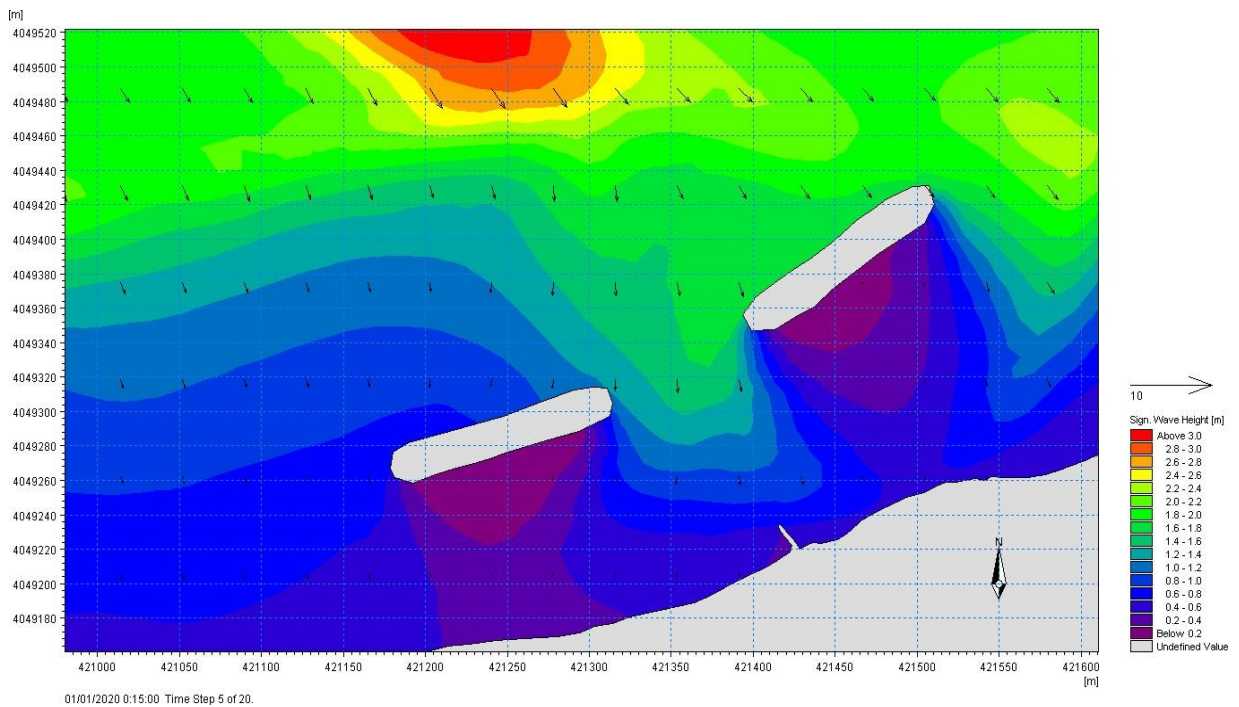


Figure IV.18: Résultat de réfraction SW annuelle de la houle Nord-Nord-Ouest 340° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de deux brise-lames (Boualem et Dilmi, 2021).

- Courantologie annuelle :
- Houle de direction Nord Est 20° :

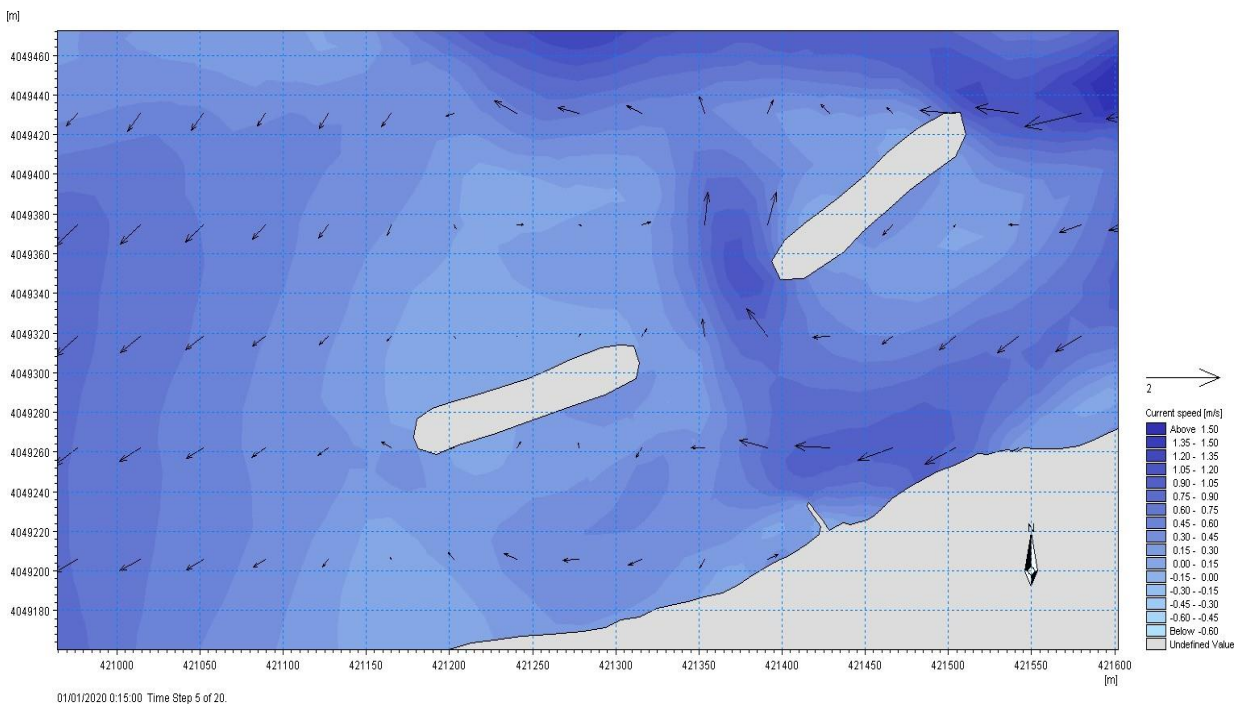


Figure IV.19 : Résultat de la simulation HD annuelle de la houle Nord Est 20° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de deux brise-lames (Boualem et Dilmi, 2021).

• Houle de direction Nord-Ouest 300° :

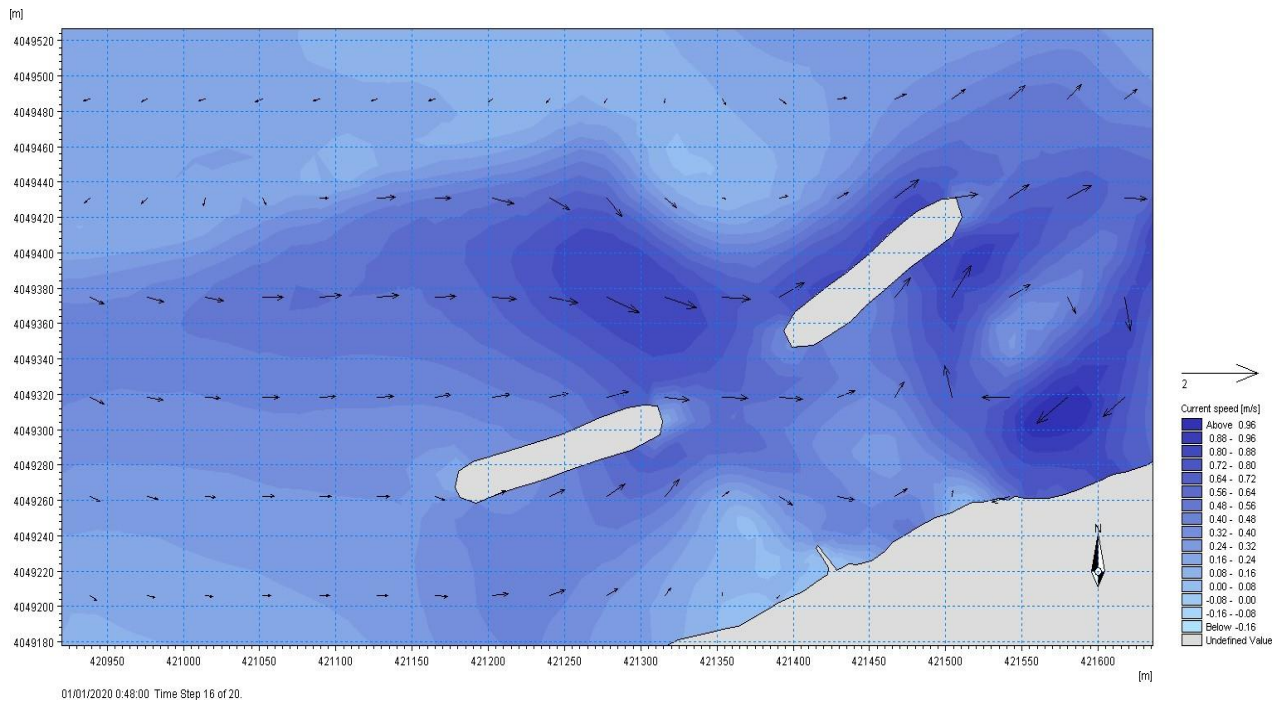


Figure IV.20 : Résultat de la simulation HD annuelle de la houle Nord-Ouest 300° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de deux birse-lamess (Boualem et Dilmi, 2021).

• Houle de direction Nord-Nord-Ouest 340° :

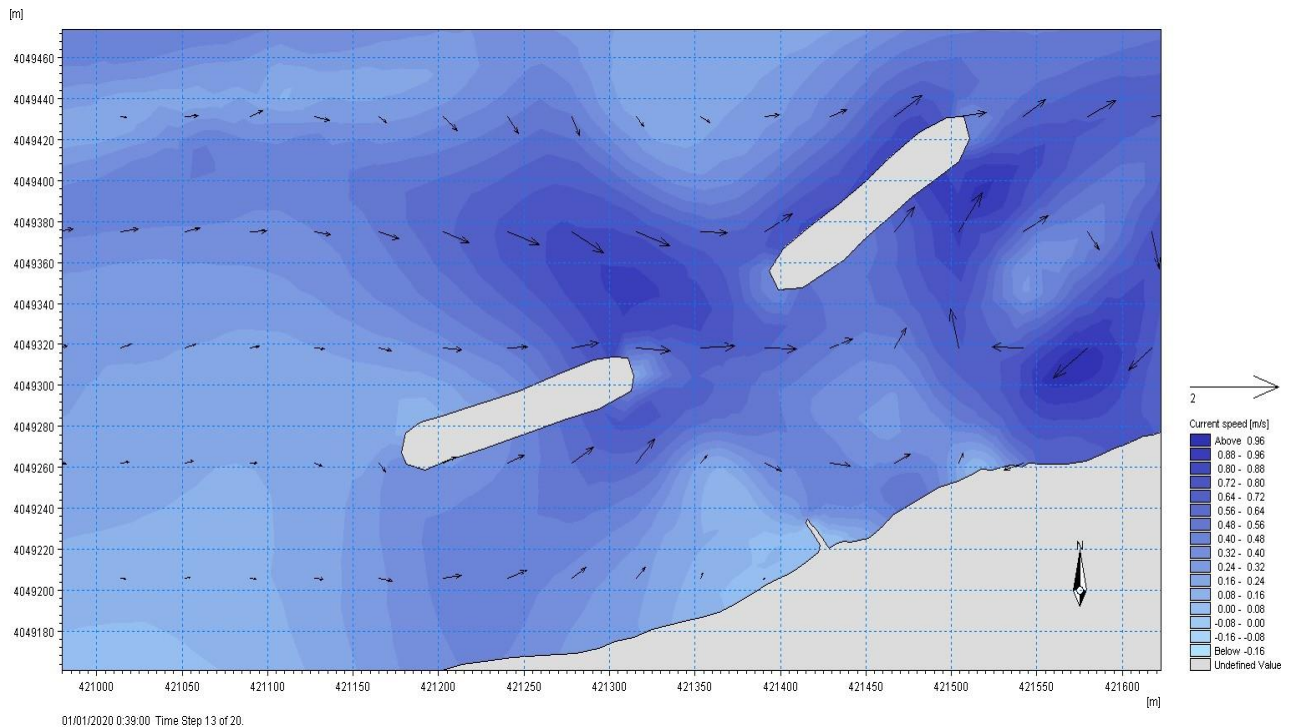


Figure IV.21 : Résultat de la simulation HD annuelle de la houle Nord-Nord-Ouest 340° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de deux birse-lamess (Boualem et Dilmi, 2021).

- Sédimentologie annuelle :
- Houle de direction Nord Est 20° :

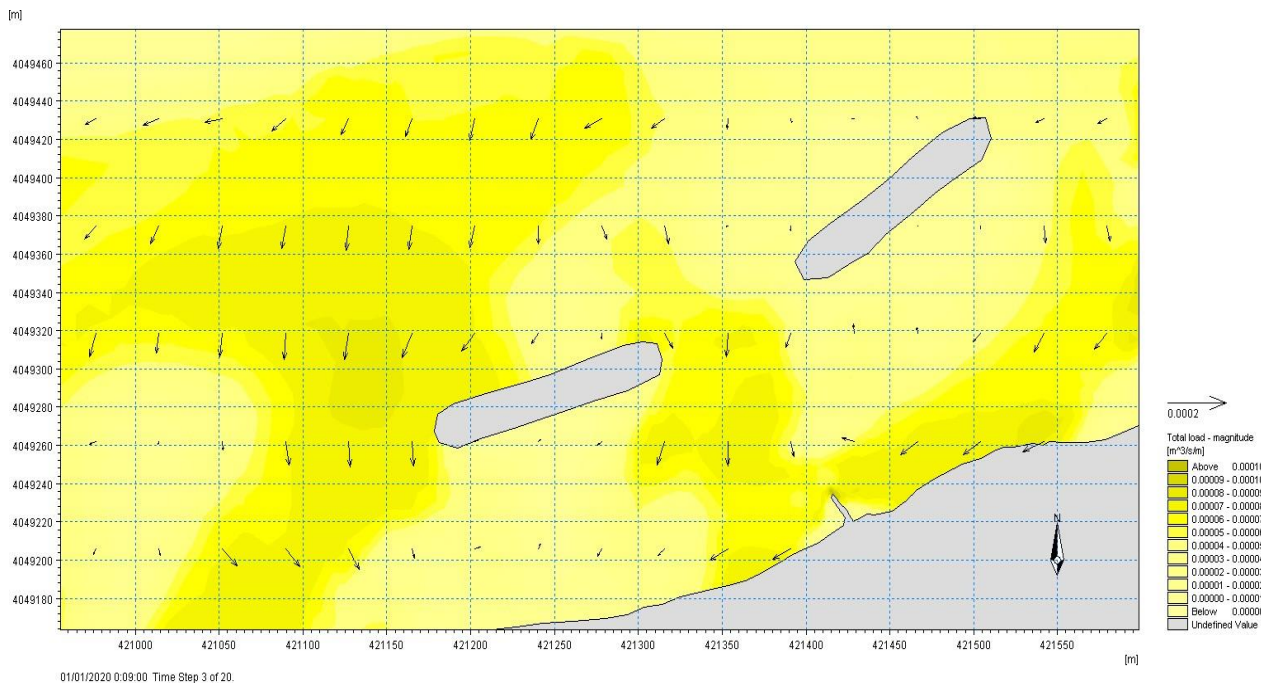


Figure IV. 22 : Résultat de la simulation ST annuelle de la houle Nord Est 20° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de deux birse-lamess (Boualem et Dilmi, 2021).

- Houle de direction Nord-Ouest 300° :

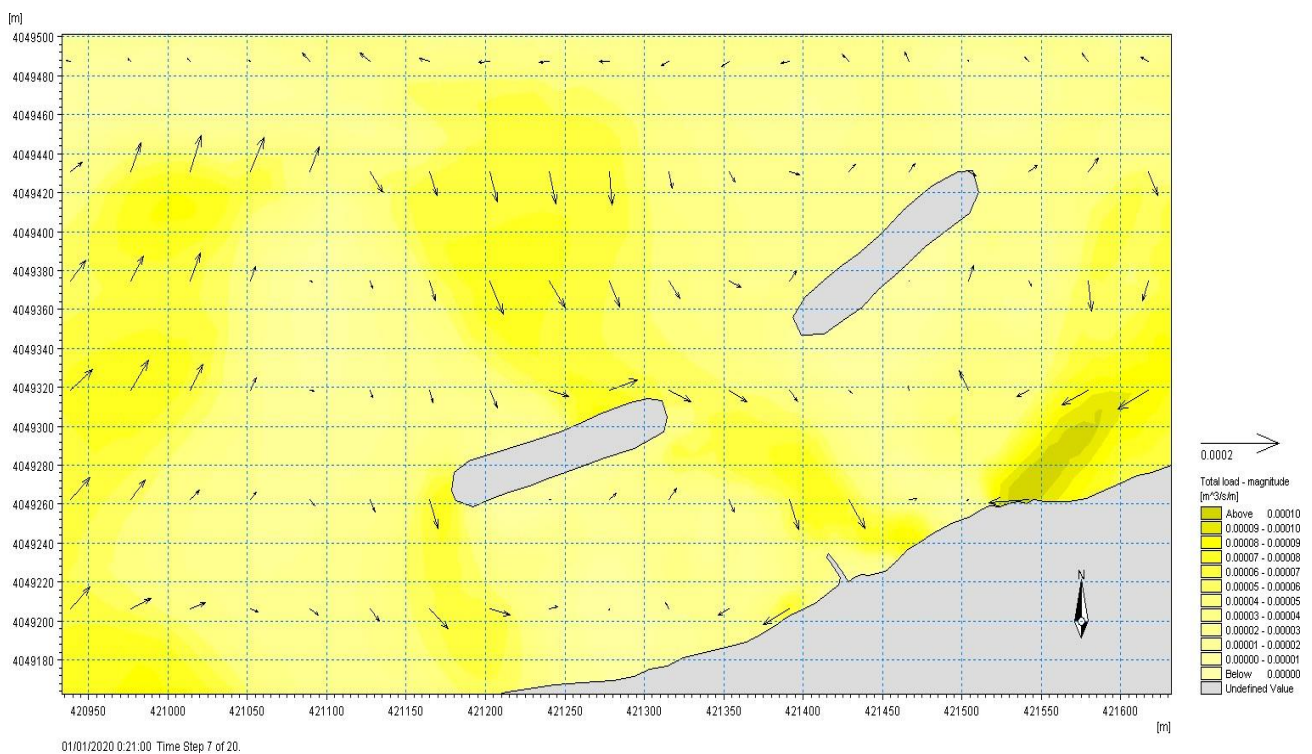
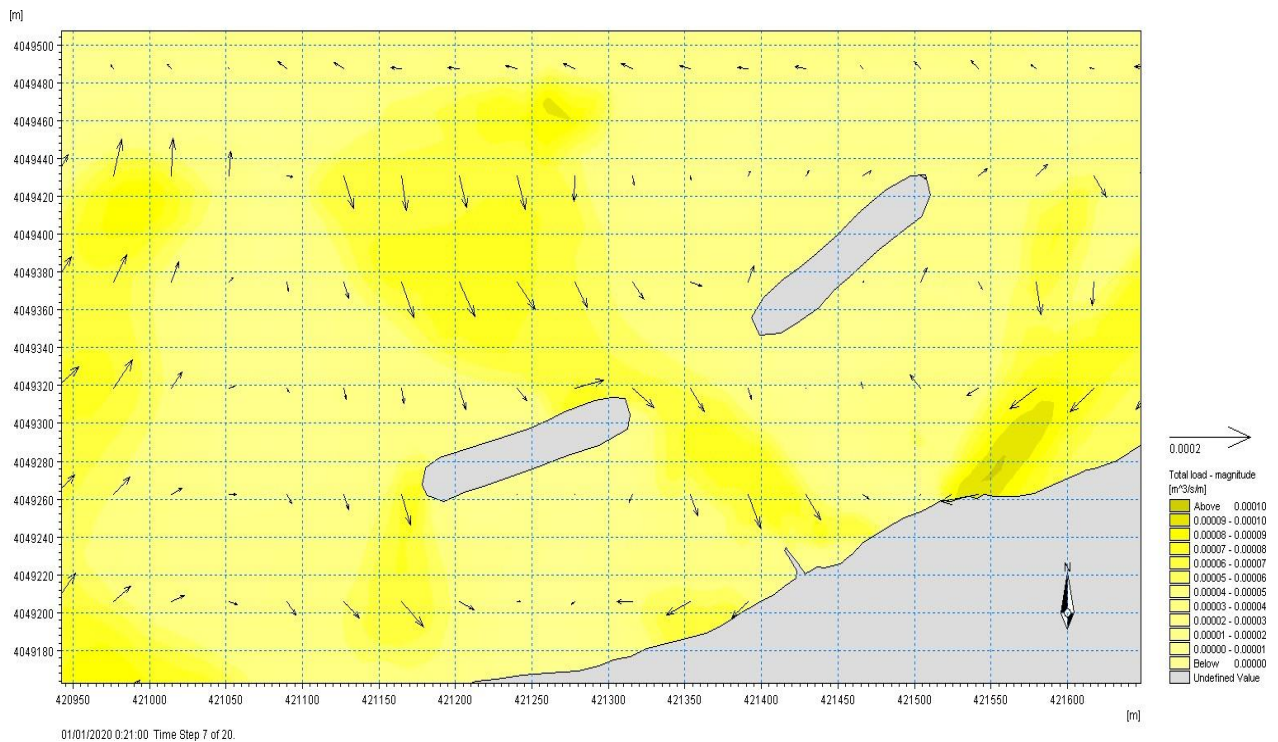


Figure IV.23 : Résultat de la simulation ST annuelle de la houle Nord-Ouest 300° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de deux birse-lamess (Boualem et Dilmi, 2021).

• Houle de direction Nord-Nord Ouest 340° :



**Figure IV. 24 :** Résultat de la simulation ST annuelle de la houle Nord-Nord-Ouest 340° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de deux birse-lames (Boualem et Dilmi, 2021).

**3. Variante 03 : Brise-lames en géotextile (Géo-tubes) :**

Géo-tubes : Les géo-tubes sont des structures tubulaires fabriquées de géotextile, ce sont des mis au point spécialement pour l'érosion. La mise en place du géo-tube est réalisée par pompage hydraulique avec matériau sableux.

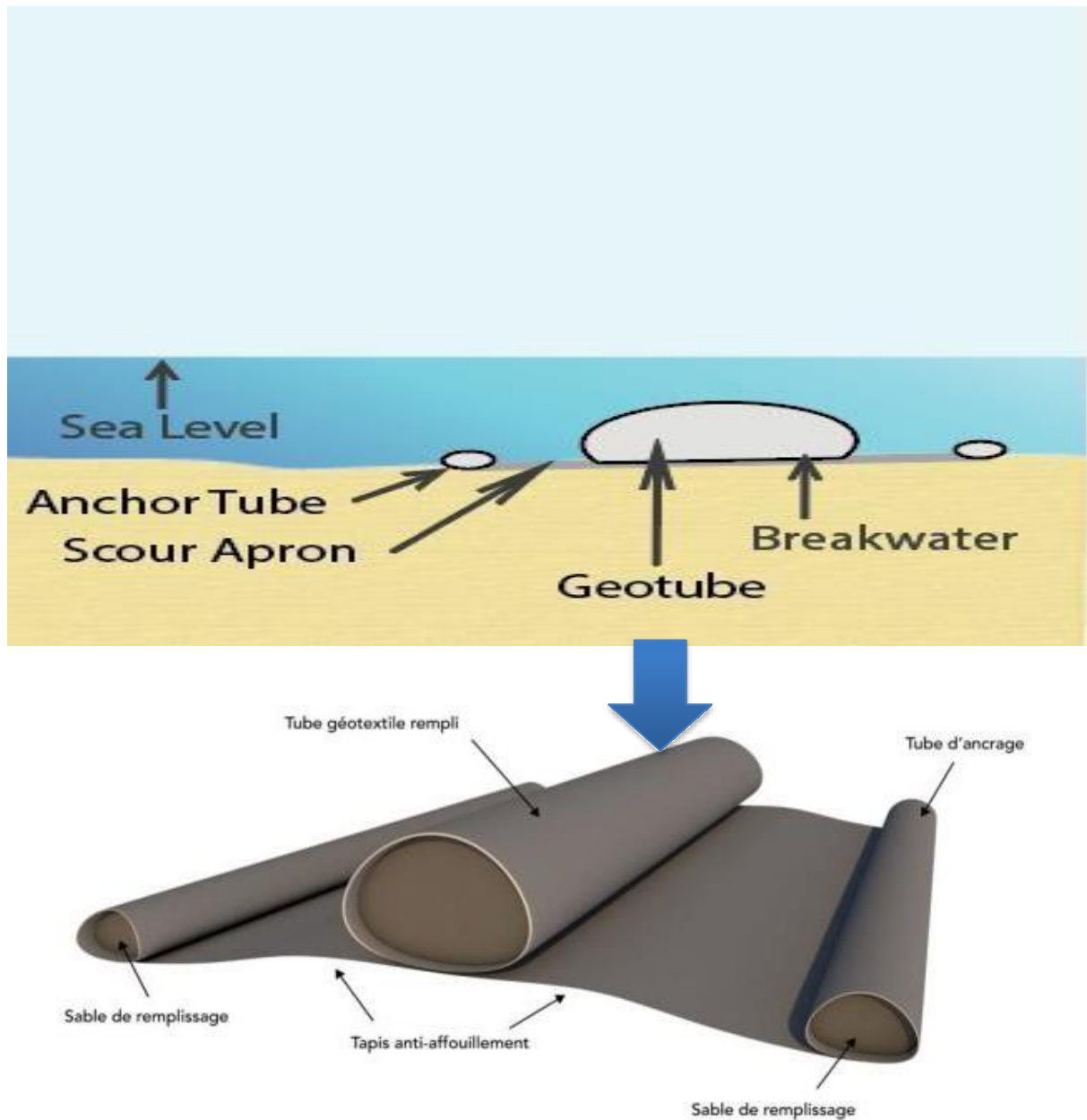


Figure IV.25 : Profil des composants d'un géo-tube.

**a) Fonctionnement :**

Lorsqu'on place des géo-tubes sous forme de birse-lames, on s'attend au même principe de fonctionnement, celui d'atténuer la houle, donc les géo-tubes font le travail d'un birse-lames avec une matière première différente.

**b) Dimensionnement :**

Tableau IV. 04 : Détermination des caractéristiques des géo-tubes implantés (LEM, 2012).

Diamètre	Circonférence	Hauteur	Volume	Largeur max	Largeur base	Géosynthétique recommandé
D	C	H	F	W	W <sub>b</sub>	
m	m	M	m <sup>3</sup> /ml	M	m	
1,60	5,0	1,0	1,7	2,0	1,7	PP 120 S
2,50	7,9	1,1	4,1	3,2	2,7	PP 120 S
3,25	10,2	2,0	6,9	4,2	3,5	PP 200 S
4,00	12,6	2,4	10,4	5,1	4,3	PP 200 S
5,00	15,7	3,0	16,3	6,4	5,4	PP 200 S

c) Description de la variante 03 :

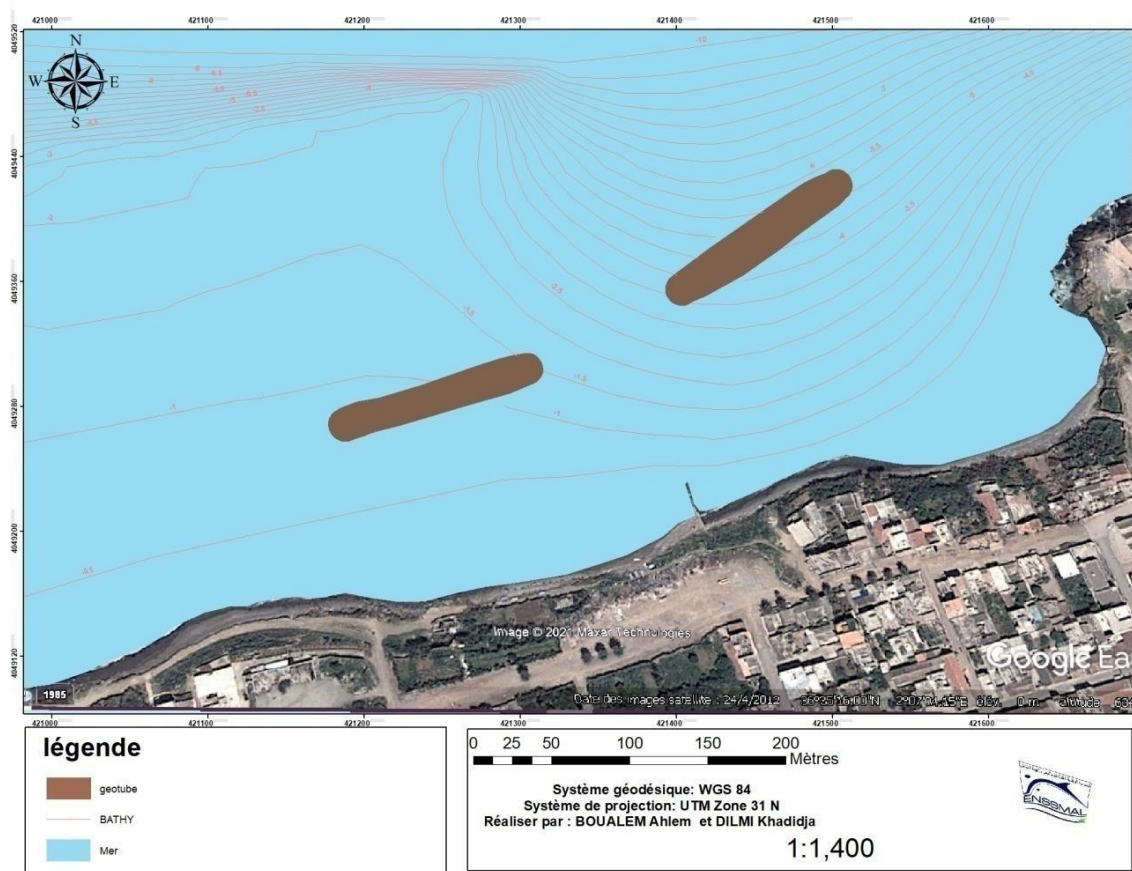


Figure IV.26 : Carte représentative de la variante 03 (birse-lamess en géotextiles) dans la zone de SidiGhiles.

Tableau IV. 05 : Caractéristiques dimensionnels des géo-tubes.

Paramètres structuraux :	Paramètres d'implantation
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Une cote d'arase de -1m de profondeur.</li> <li>- Une berme de largeur de 4,2m.</li> <li>- Une capacité de 6,9m<sup>3</sup>/m à injecter dans les tubes.</li> <li>- Un tapis anti-affouillement lesté de largeur de 28,8m.</li> <li>- Une couche de réglage du fond en TVC (0-200kg).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Une longueur totale de 300m de deux brise-lames : Birse-lames 1= 140m, Birse-lames 2=160m.</li> <li>- Un espacement de 65m entre les deux brise-lames.</li> <li>- Une profondeur D'implantation de -3m.</li> <li>- Une distance moyenne D'implantation de 110 à 120m par rapport au trait de côte.</li> <li>- Une zone couverte de 400m de côte environ.</li> </ul>

d) Simulation de la variante sur Mike 21 :

- Réfraction de la houle SW annuelle :
- Houle de direction Nord Est 20° :

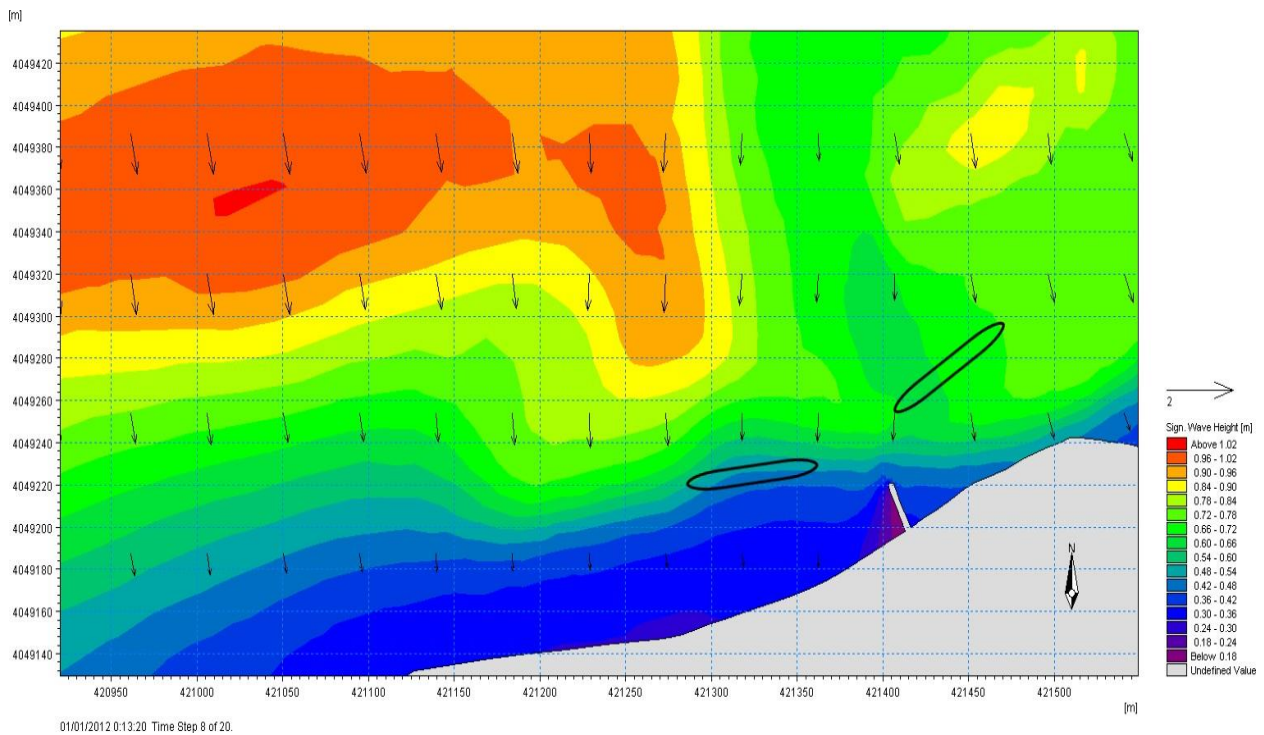


Figure IV 27 : Résultat de réfraction SW annuelle de la houle Nord Est 20° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de deux géo-tubes (Boualem et Dilmi, 2021).

• Houle de direction Nord-Ouest 300° :

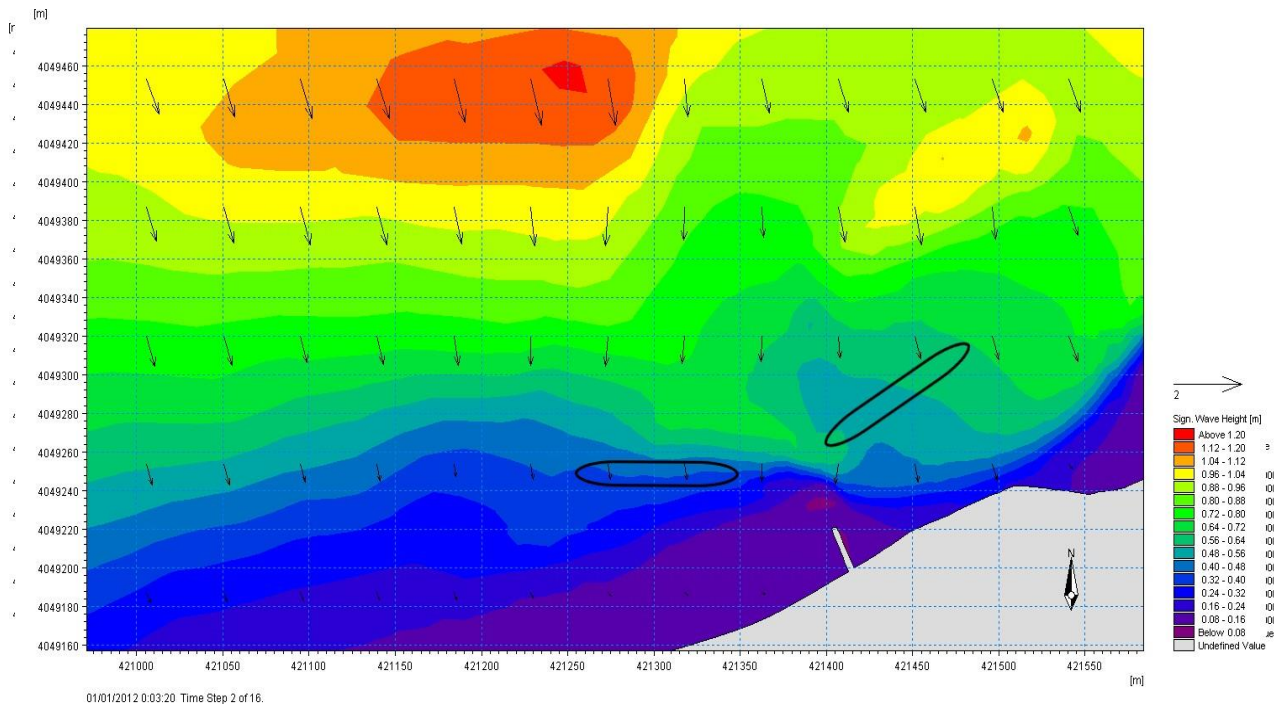


Figure IV. 28 : Résultat de réfraction SW annuelle de la houle Nord-Ouest 300° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de deux géo-tubes (Boualem et Dilmi, 2021).

• Houle de direction Nord-Nord-Ouest 340° :

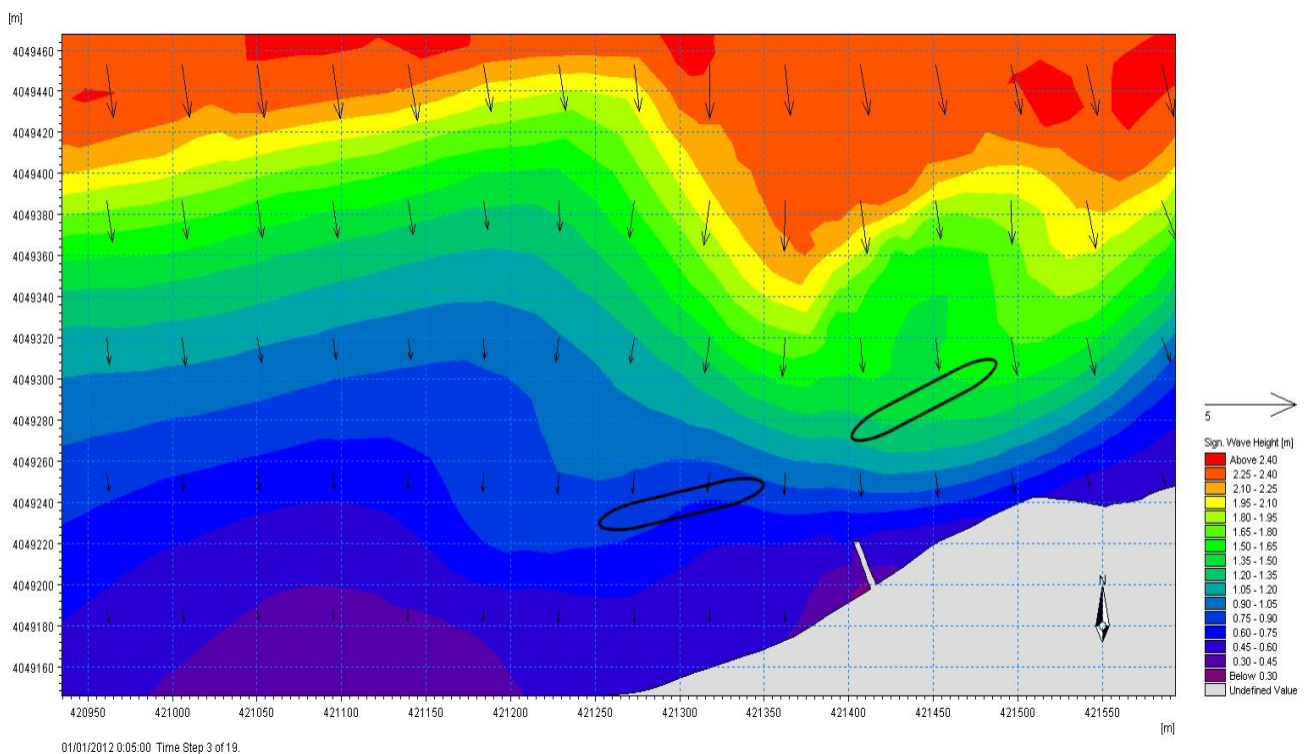


Figure IV. 29 : Résultat de réfraction SW annuelle de la houle Nord-Nord-Ouest 340° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de deux géo-tubes (Boualem et Dilmi, 2021).

- Courantologie annuelle :

➤ Houle de direction Nord Est 20° :

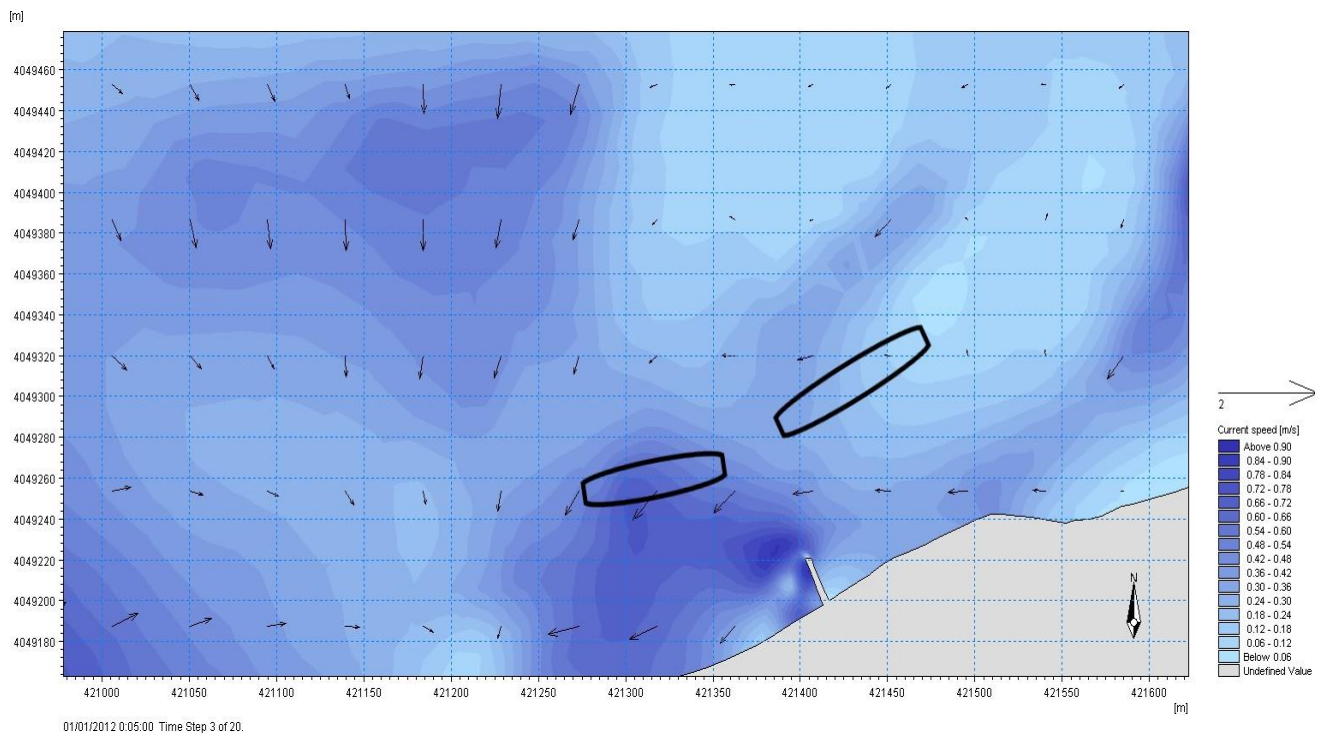


Figure IV.30 : Résultat de la simulation HD annuelle de la houle Nord Est 20° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de deux géo-tubes (Boualem et Dilmi, 2021).

➤ Houle de direction Nord-Ouest 300° :

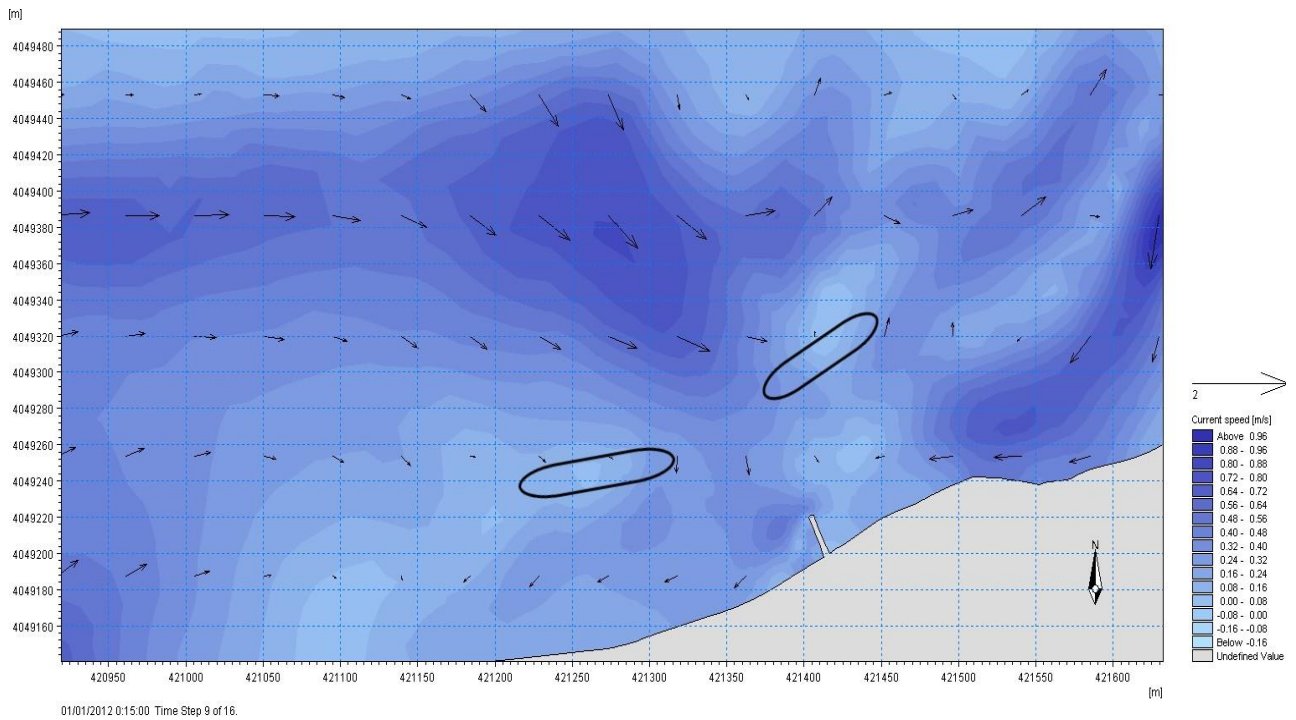


Figure IV.31: Résultat de la simulation HD annuelle de la houle Nord-Ouest 300° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de deux géo-tubes (Boualem et Dilmi, 2021).

➤ Houle de direction Nord-Nord-Ouest 340° :

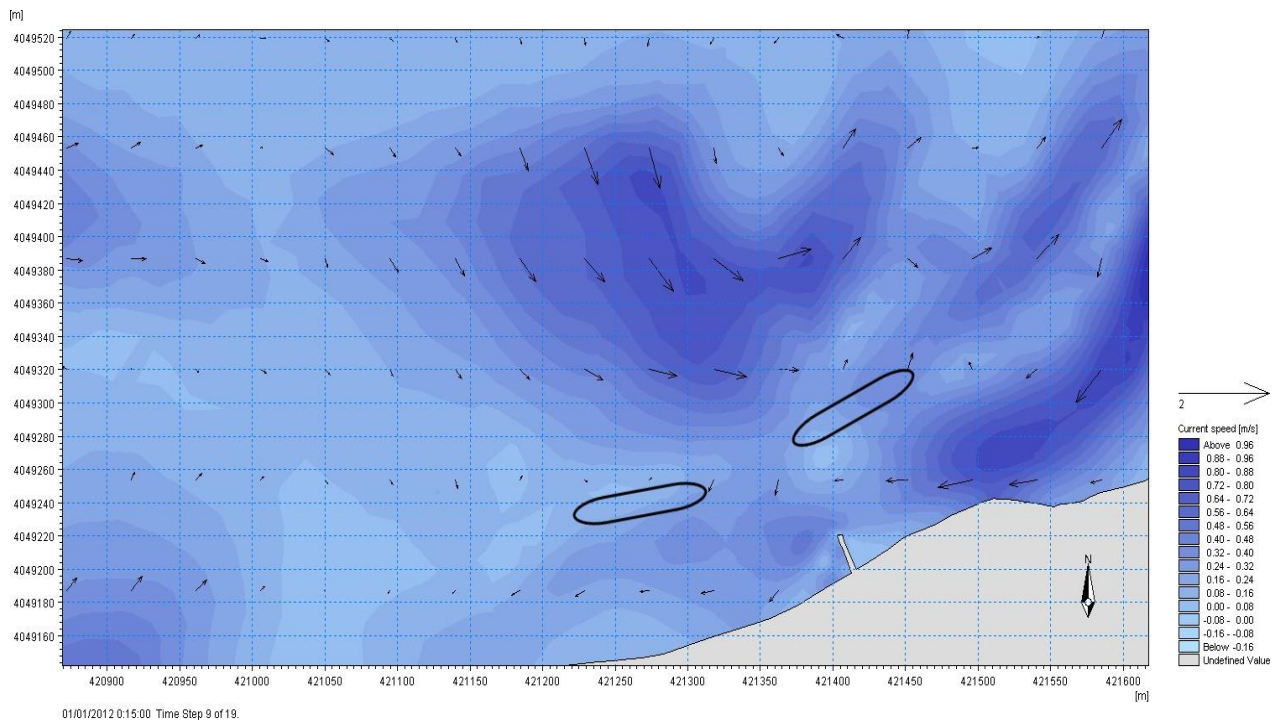


Figure IV. 32 Résultat de la simulation HD annuelle de la houle Nord-Nord-Ouest 340° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de deux géo-tubes (Boualem et Dilmi, 2021).

- Sédimentologie annuelle :

➤ Houle de direction Nord Est 20° :

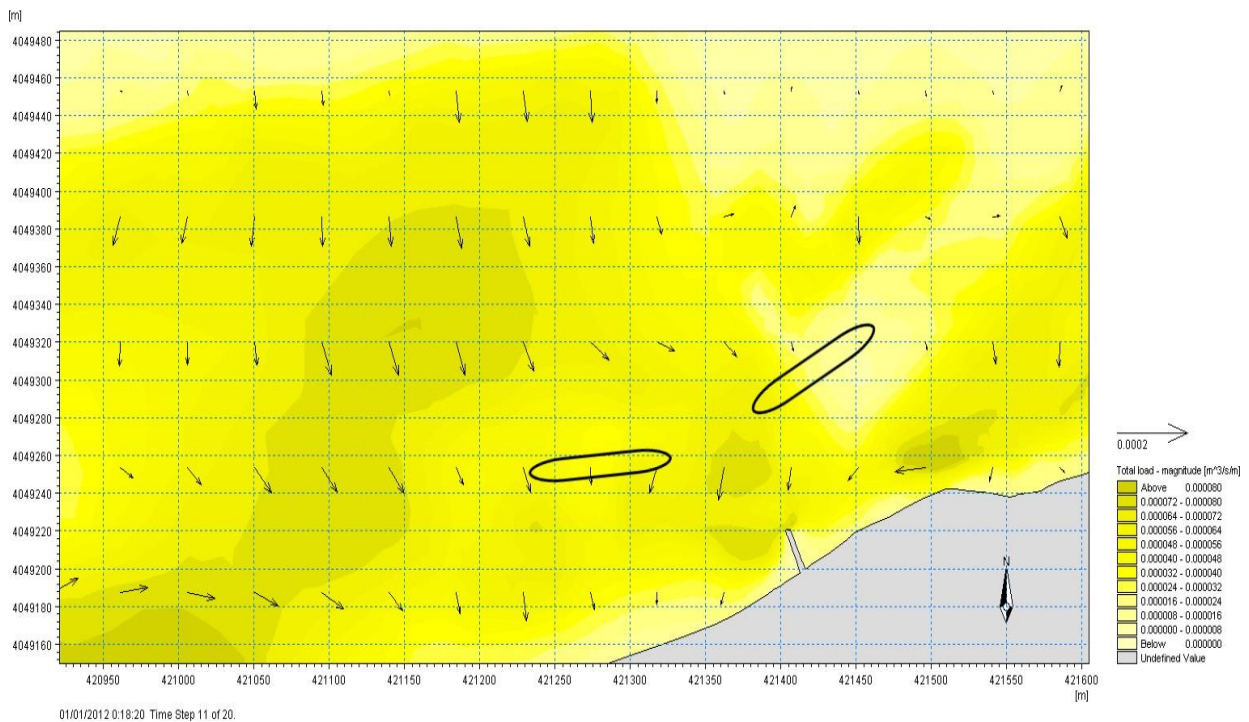


Figure IV. 33: Résultat de la simulation ST annuelle de la houle Nord Est 20° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de deux géo-tubes (Boualem et Dilmi, 2021).

➤ Houle de direction Nord Ouest 300° :

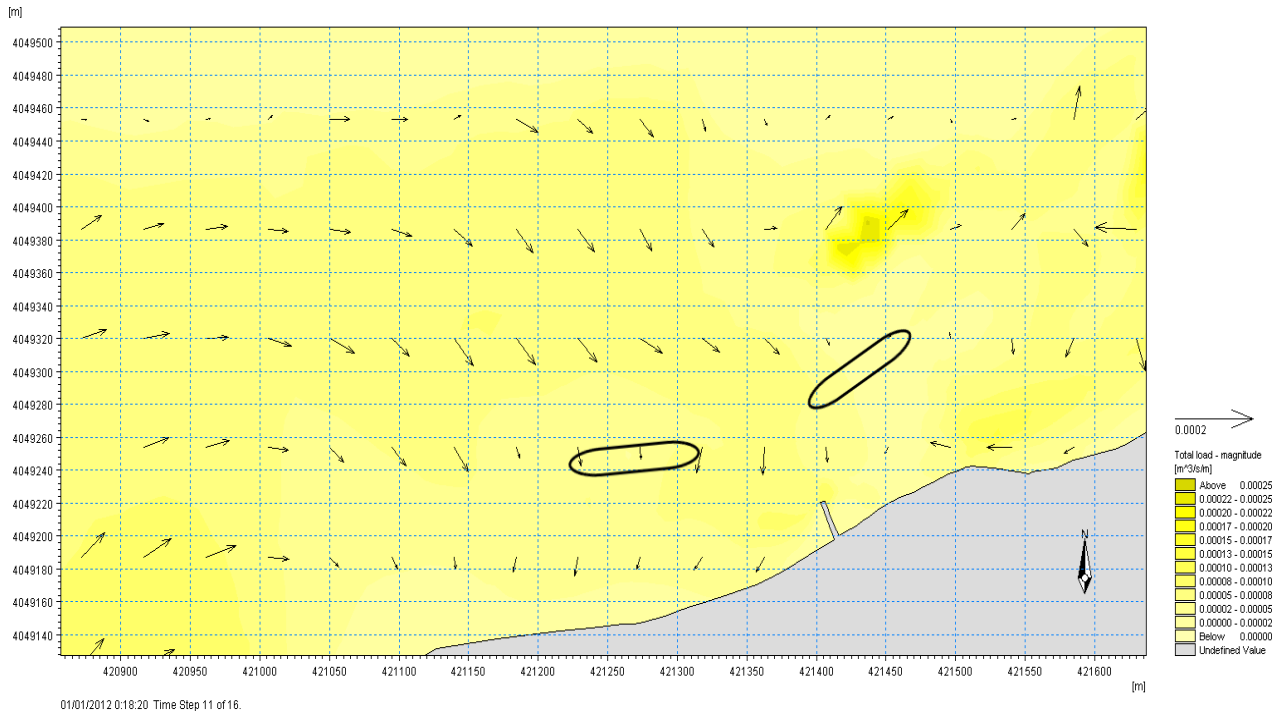


Figure IV.34 : Résultat de la simulation ST annuelle de la houle Nord-Ouest 300° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de deux géo-tubes (Boualem et Dilmi, 2021).

➤ Houle de direction Nord-Nord-Ouest 340° :

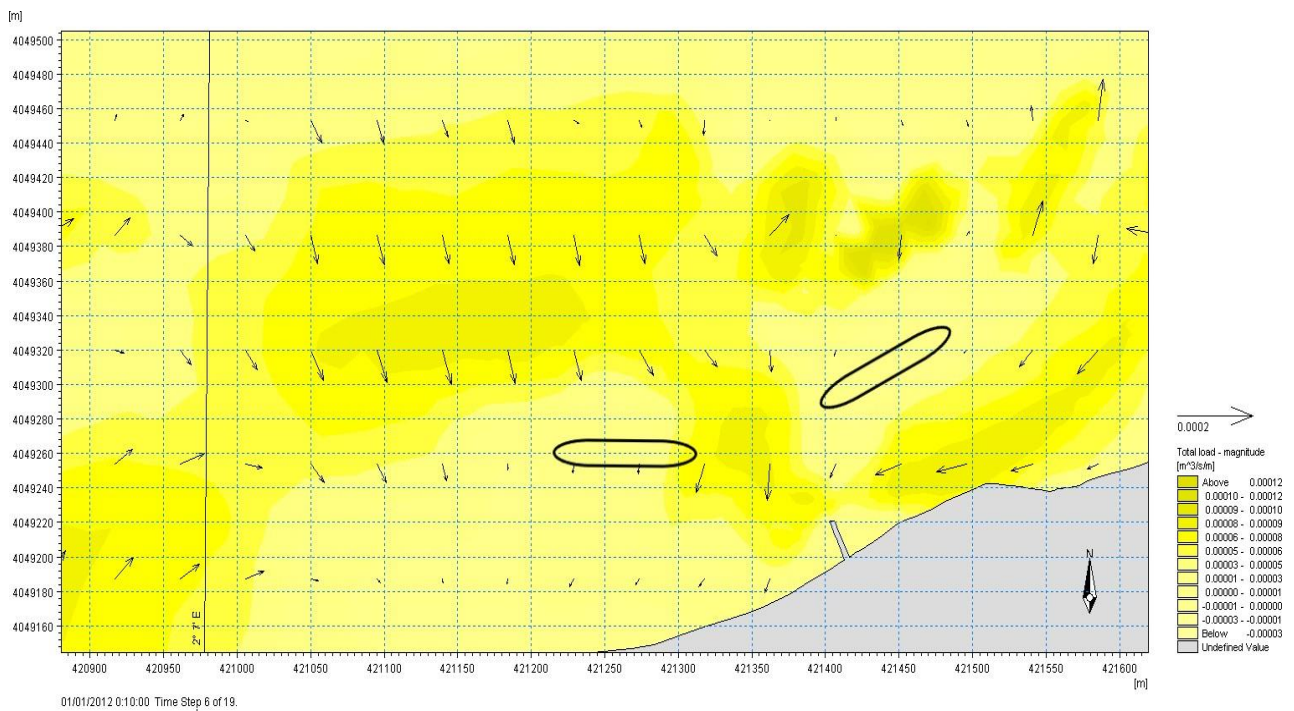


Figure IV.35 : Résultat de la simulation ST annuelle de la houle Nord-Nord-Ouest 340° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de deux géo-tubes (Boualem et Dilmi, 2021).

## 4. Variante 04 : série de trois épis :

## a) Description de la variante 04 :

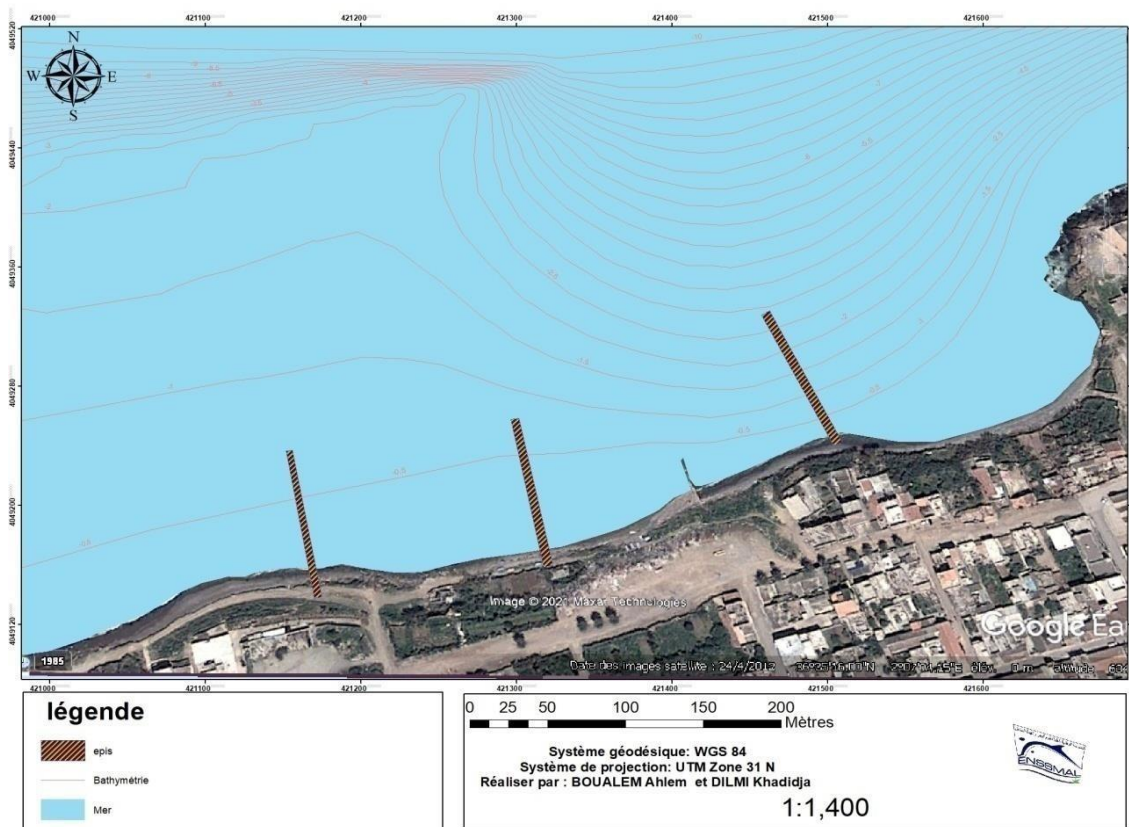


Figure IV.36 : Carte représentative de la variante 04 (épis) dans la zone de Sidi Ghiles.

## b) Paramètres d'implantation :

Des épis de 100m de longueur espacé de 100m, a -3 m de profondeur, et perpendiculaire à la côte.

## c) Paramètres structuraux :

Pour les paramètres structuraux on utilise les mêmes paramètres que celle de l'épi de la variante 01.

## d) Simulation de la variante sur Mike 21 :

- Réfraction de la houle SW annuelle
- Houle de direction Nord Est 20° :

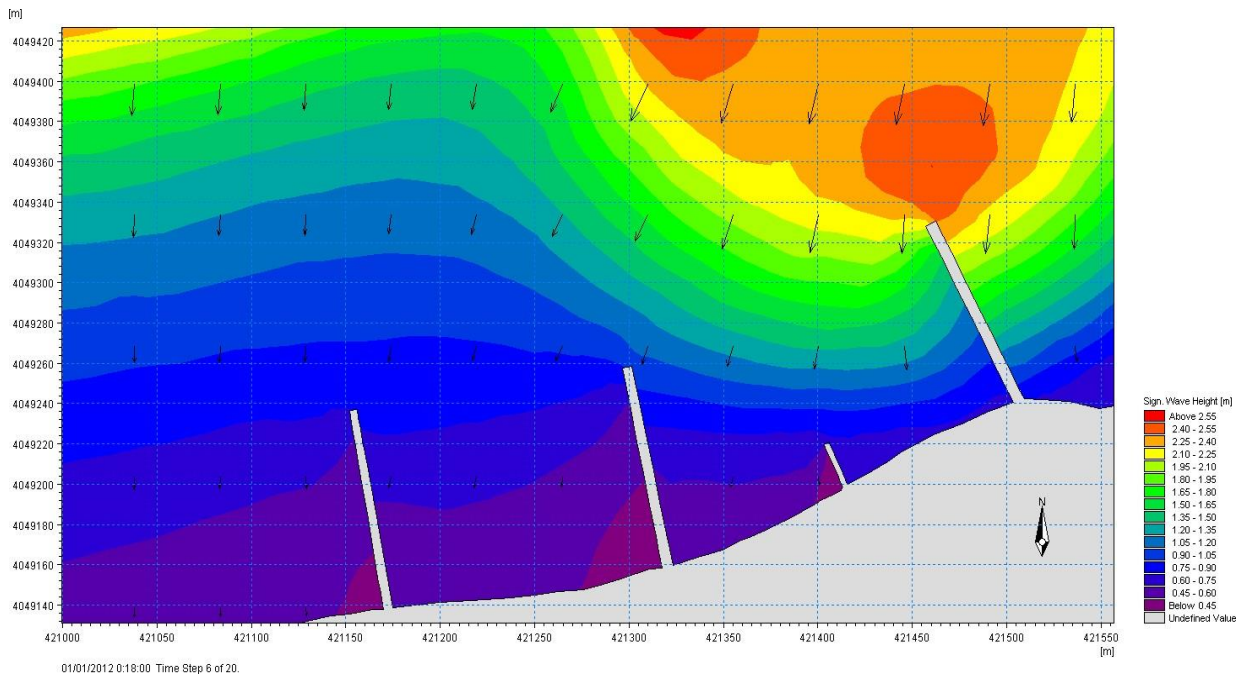


Figure IV.37 : Résultat de réfraction SW annuelle de la houle Nord Est 20° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de trois épis (Boualem et Dilmi, 2021).

- Houle de direction Nord-Ouest 300° :

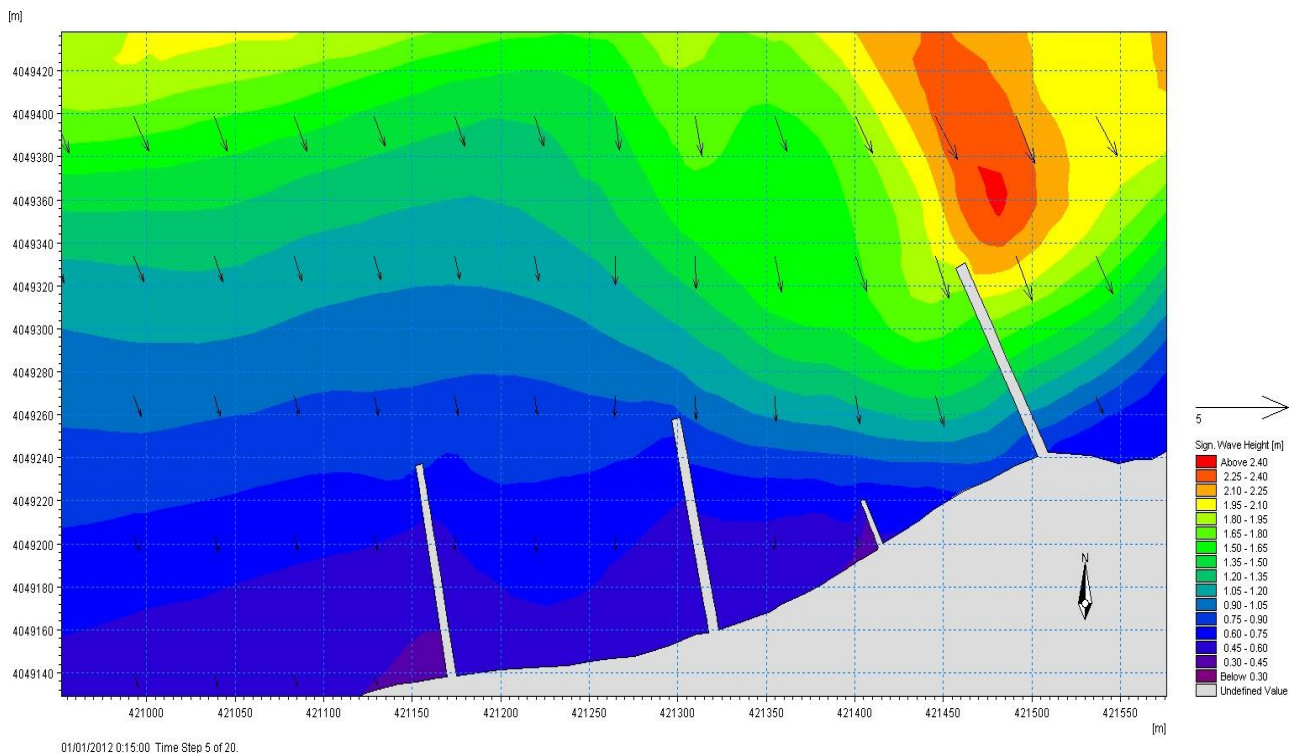


Figure IV.38 : Résultat de réfraction SW annuelle de la houle Nord-Ouest 300° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de trois épis (Boualem et Dilmi, 2021).

- Houle de direction Nord-Nord-Ouest :

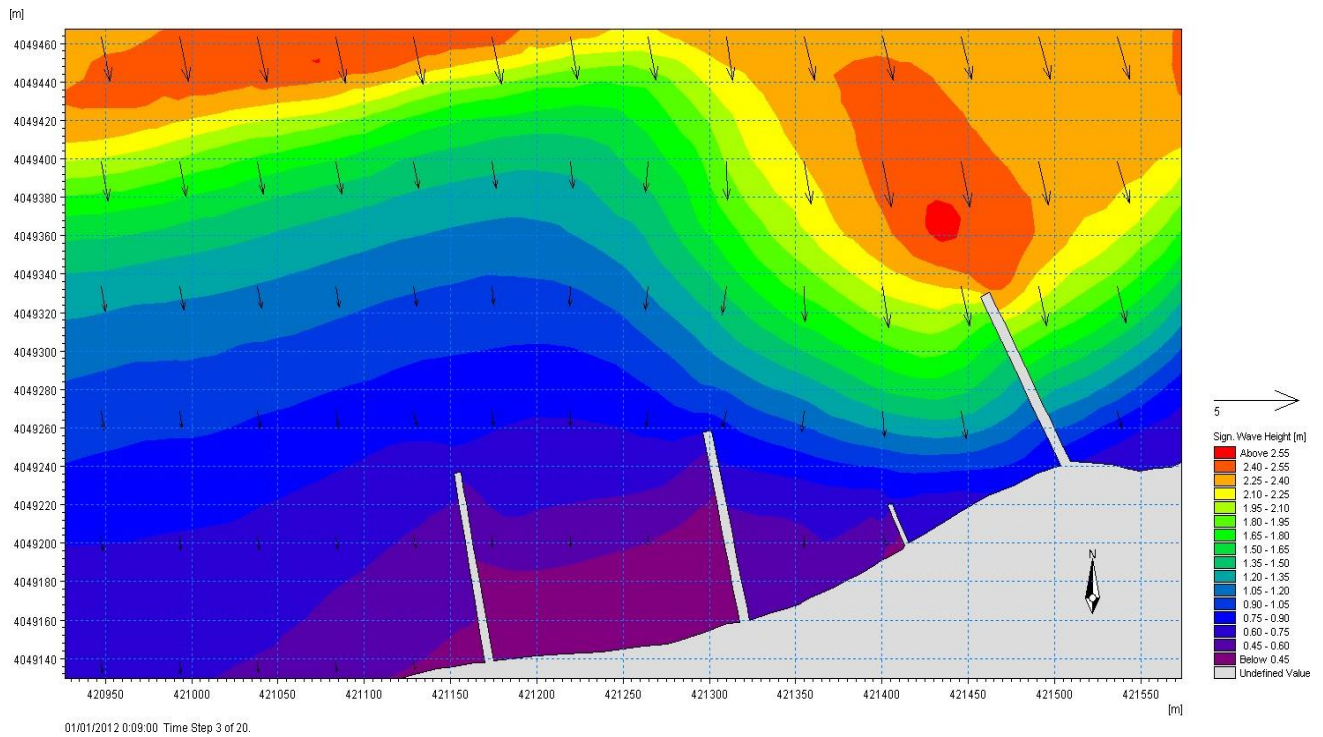


Figure IV. 39: Résultat de réfraction SW annuelle de la houle Nord-Nord-Ouest 340° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de trois épis (Boualem et Dilmi, 2021).

- Courantologie annuelle :

- Houle de direction Nord Est 20° :

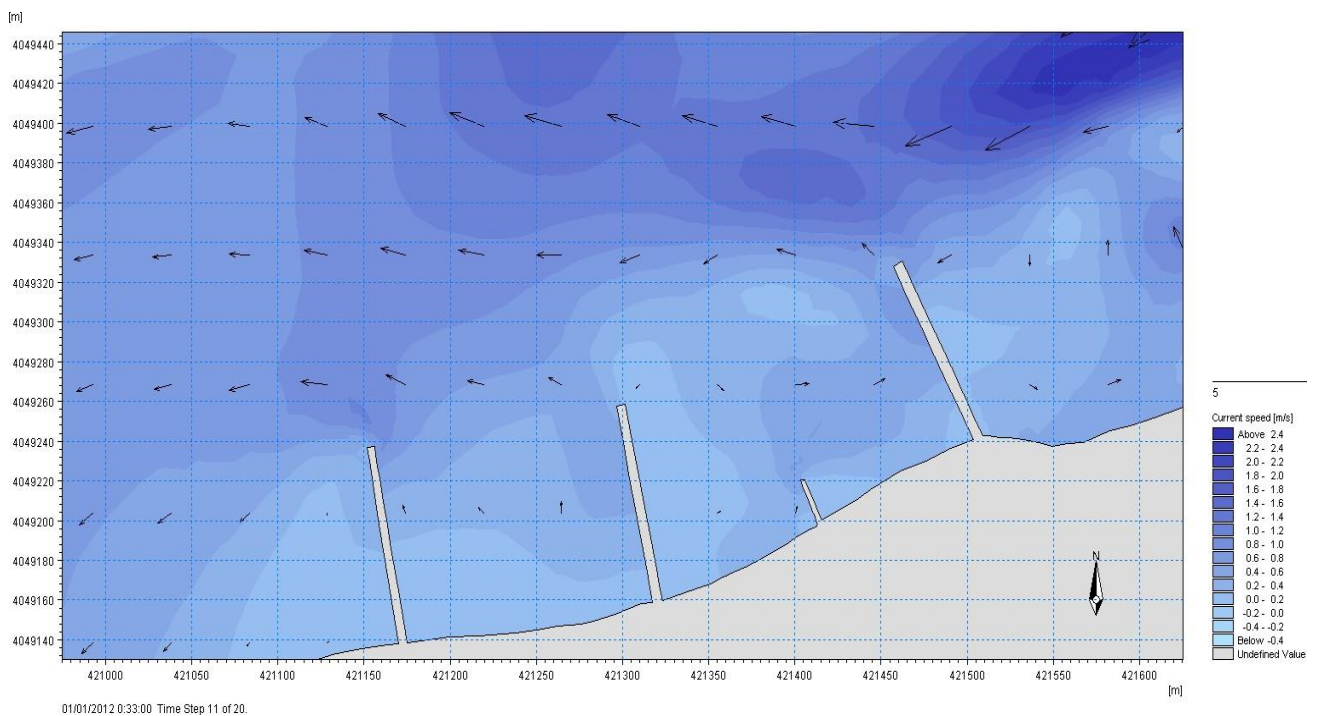


Figure IV.40 : Résultat de simulation HD annuelle de la houle Nord Est 20° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de trois épis (Boualem et Dilmi, 2021).

• Houle de direction Nord-Ouest 300° :

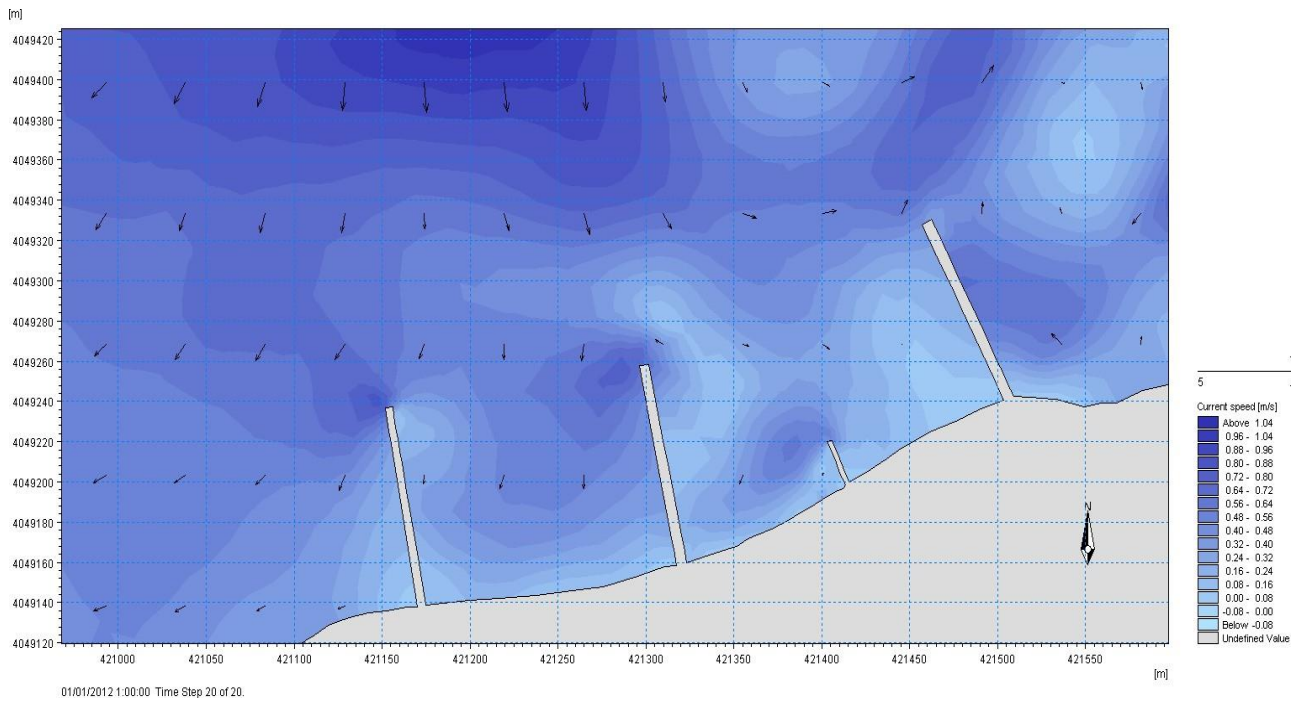


Figure IV.41: Résultat de simulation HD annuelle de la houle Nord-Ouest 300° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de trois épis (Boualem et Dilmi, 2021).

• Houle de direction Nord-Nord Ouest 340° :

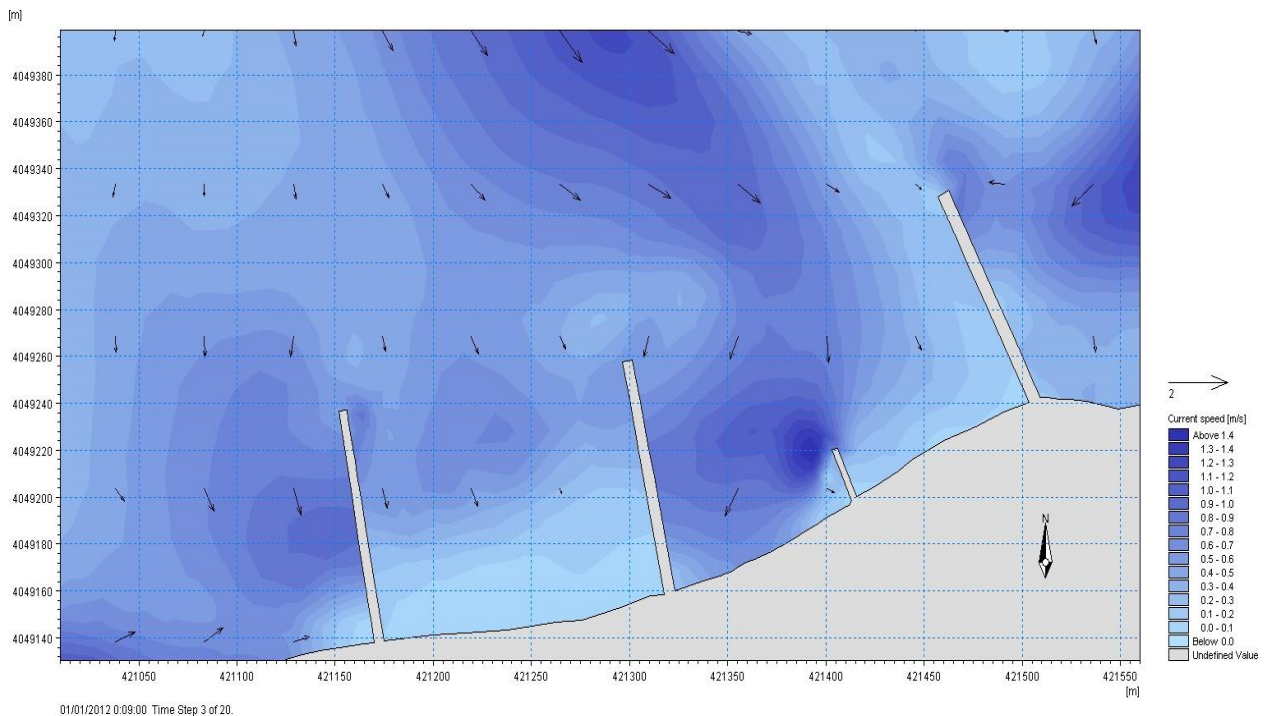


Figure IV.42 : Résultat de simulation HD annuelle de la houle Nord-Nord-Ouest 340° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de trois épis (Boualem et Dilmi, 2021).

- Sédimentologie annuelle :
- Houle de direction Nord Est 20° :

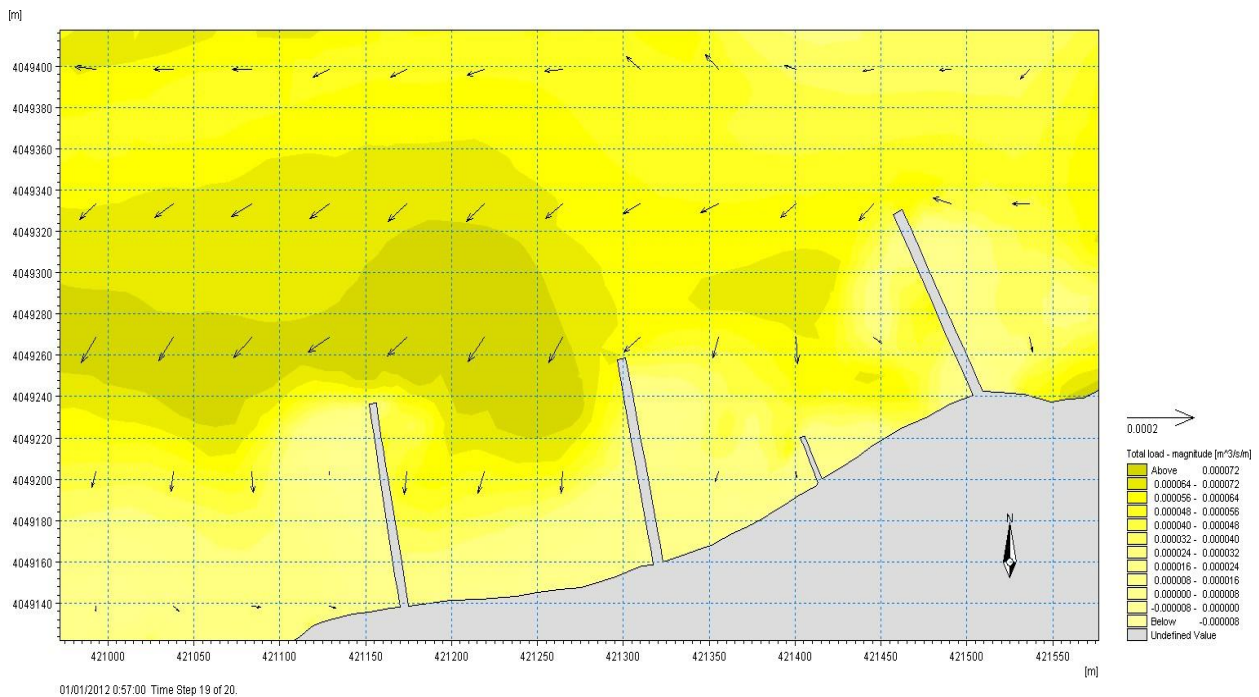


Figure IV.43 : Résultat de la simulation ST annuelle de la houle Nord Est 20° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de trois épis (Boualem et Dilmi, 2021).

- Houle de direction Nord-Ouest 300° :

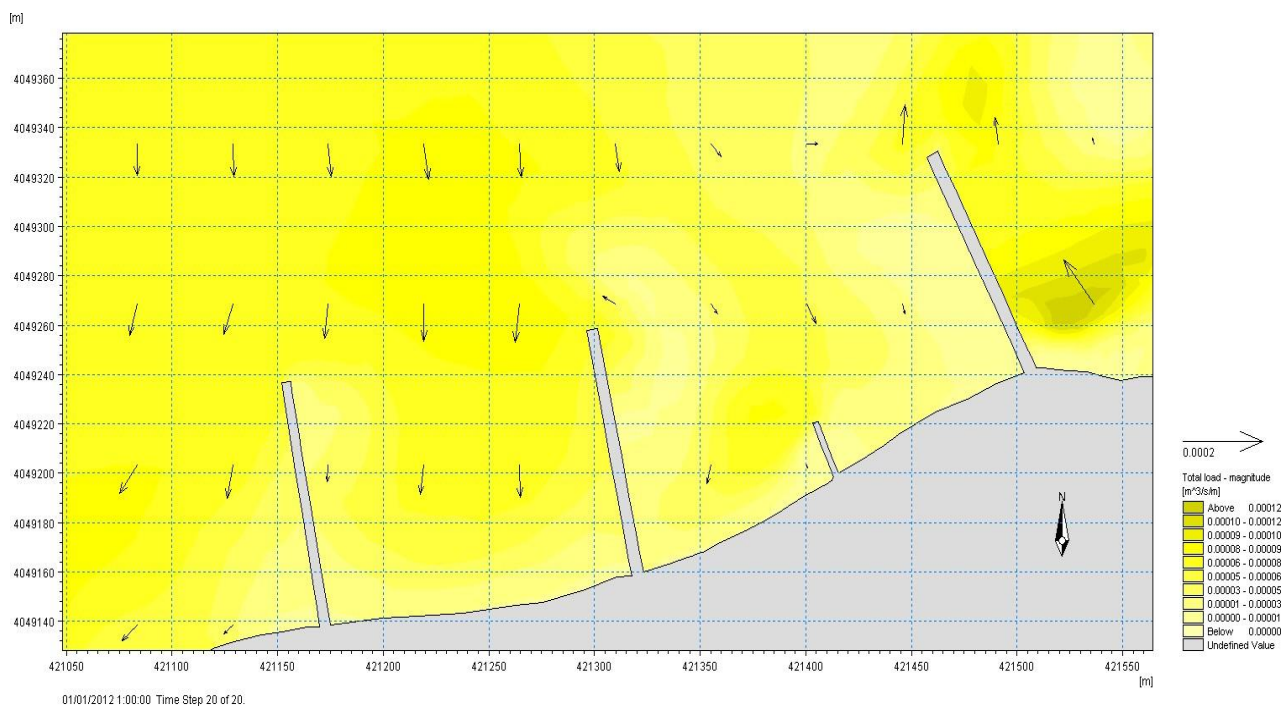


Figure IV.44 : Résultat de la simulation ST annuelle de la houle Nord-Ouest 300° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de trois épis (Boualem et Dilmi, 2021).

• Houle de direction Nord-Nord-Ouest :

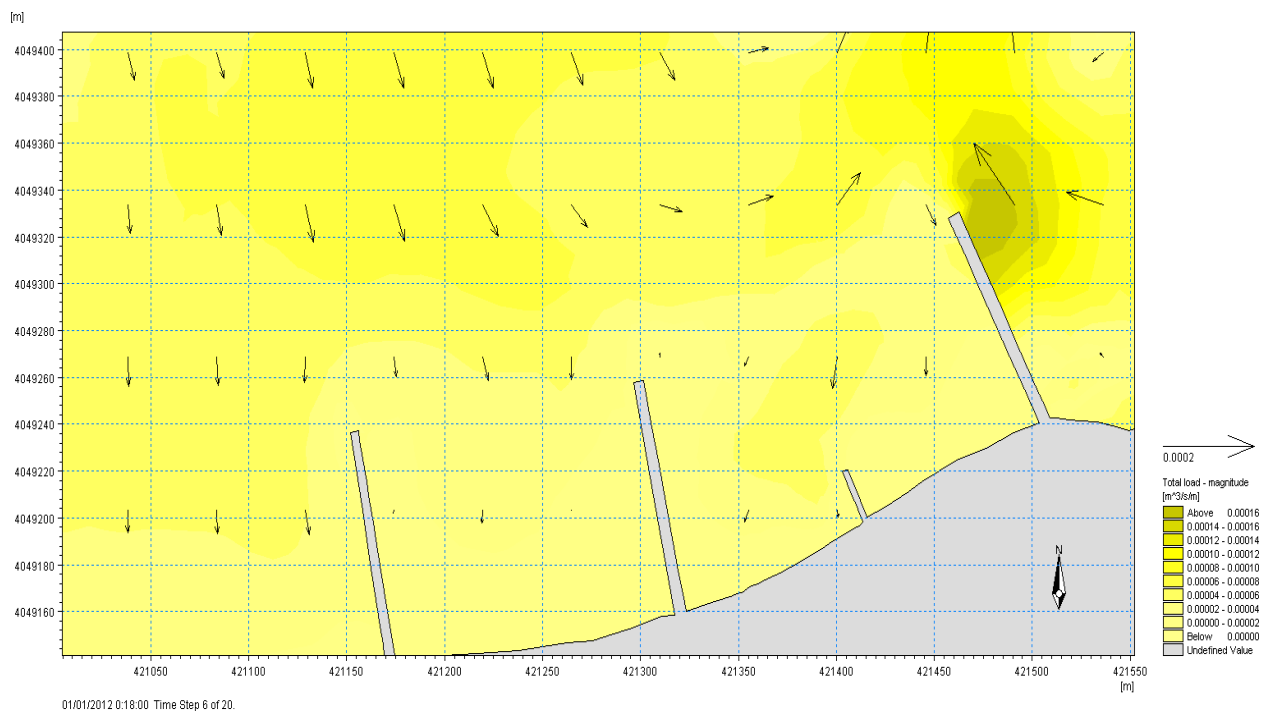


Figure IV.45: Résultat de la simulation ST annuelle de la houle Nord-Nord Ouest 340° sur la plage de Sidi Ghiles avec implantation de trois épis (Boualem et Dilmi, 2021).

4. Discussion des résultats :

La discussion des résultats des simulations des quatre variantes sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau IV.06 : Discussion des résultats des trois simulations (SW, HD, ST) pour les quatre variantes proposé dans la zone de Sidi Ghiles.

Simulation/ variantes	Variante 01	Variante 02	Variante 03	Variante 04
Simulation SW	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hauteur max des vagues : 0,4m.</li> <li>- Présence de tourbillons à l’amant de l’épi et entre les deux ouvrages.</li> <li>- Même direction de la houle pour le secteur 300°et340°.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hauteur max des vagues : 0,6m.</li> <li>- Diffraction de la houle au niveau des deux brise-lames.</li> <li>- Même direction de la houle pour le secteur 300°et340°.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hauteur max des vagues : 1,35m</li> <li>- Diffraction de la houle entre les deux géo-tubes.</li> <li>- Même direction de la houle dans les trois secteurs.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hauteur max des vagues : 0,75m.</li> <li>- Diffraction de la houle entre les épis dans tous les secteurs.</li> <li>- Même direction de la houle pour le secteur 300°et340°.</li> <li>-</li> </ul>
Simulation HD	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vitesse de courant max : 0,4m/s.</li> <li>- Présence de tourbillons dans les trois secteurs à l’amant de l’épi en T et entre les deux ouvrages.</li> <li>- Même direction des courants dans les trois secteurs.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vitesse de courant max : 0,64m/s.</li> <li>- Formation de tourbillons derrière les birse-lamess.</li> <li>- Même direction des courants pour le secteur 300°et340°.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vitesse de courant max : 0,48m/s.</li> <li>- Diffraction de la houle dans les trois secteurs au niveau des ouvrages.</li> <li>- Même direction des courants dans les trois secteurs.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vitesse de courant max : 1m/s.</li> <li>- Diffraction de la houle dans les trois secteursentre les épis.</li> <li>- Même direction des courants pour le secteur 300°et340°.</li> </ul>
Simulation ST	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dépôt de sédiment max : 0,00009m<sup>3</sup> /s/m (surtout entre les deux ouvrages).</li> <li>- Tourbillons au niveau des ouvrages de protections.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dépôt de sédiment max : 0,00008m<sup>3</sup>/s/m derrière les ouvrages, pour le secteur 20°(pas de dépôt pour les autres secteurs) .</li> <li>- Tourbillons derrière les ouvrages.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dépôt de sédiment max : 0,000072m<sup>3</sup> /s/m derrière les ouvrages pour le secteur 20°et 340°.</li> <li>- Tourbillons derrière les ouvrages.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dépôt de sédiment max : 0,00006m<sup>3</sup>/s/me entre les épis</li> <li>- Tourbillons entre les épis.</li> </ul>

## **II. Choix de variante retenue :**

En plus des résultats de la simulation numérique, on doit faire une étude de comparaison des variantes.

### **1. Comparaison Multicritères des variantes et recommandation**

La comparaison des quatre variantes a été faite uniquement entre les ouvrages proposés pour la protection maritime. Les critères suivants ont été retenus pour le besoin de comparaison :

- Aspects paysagers et environnementaux ;
- Aspect économique (coût de réalisation) ;
- l'impact ;
- les avantages et les inconvénients ;

Tableau IV.07: tableau représentatifs des différents aspects de chaque variante proposé.

Variantes	Type	Coût		Durée	Aspect visuelle	Aspect environnementale	Impact	Avantages	Inconvénients
		(Million DA)	Classement						
Variante 01	Enrochements	162.897M	D	01 siècle	Changement de l'aspect visuel de la zone d'étude	-Formation des nouveaux écosystèmes peuplés (faune, flore)	- provoque une dissipation de l'énergie de la houle avant son déferlement sur la plage - joue un rôle d'obstacle pour le transport sédimentaire longitudinal. - réside dans la diminution de l'énergie des lames et dans l'étalement de l'énergie de la houle derrière eux dû aux phénomènes de diffraction autour de leurs extrémités et de réfraction sur les fonds qu'ils modifient.	-Création d'un gradient longitudinal des hauteurs des houles du côté de la plage. -Favorisation de l'engraissement du trait de côte.	-Impacts environnementaux négatifs par l'augmentation de la turbidité. -L'agitation est réduite du côté de la plage ce qui défavorise le renouvellement des eaux
Variante 02	Enrochements	136.876M	C	01 siècle	Changement de l'aspect visuel de la zone d'étude	- Formation des nouveaux écosystèmes peuplés (faune, flore).	- Joue un rôle d'un mur de protection contre les vagues - Il réfléchit l'énergie des vagues vers le large emportant une quantité des sédiments	-Limiter la dissipation transversale des matériaux, lorsque des transports importants de sédiments s'effectuent dans le profil. -Diminuer l'énergie de la houle permettant aux sédiments en transit de s'accumuler à leur abri	-Artificialisation du littoral  -Pas toujours efficace  -Limiter les activités nautiques

Variante 03	Tissu géo-synthétique	27.375 M	A	01 siècle	Ne change pas l'aspect visuel	-Possibilité de formation et l'adaptation des écosystèmes peuplés sur l'ouvrage.	Le même cas que la 2ème variante sauf qu'elle est immergée. Elle impose une courte durée d'implantation pour éviter la dissipation des matériaux de l'ouvrage	-Réduction importante des coûts de construction -Moyens matériels beaucoup moins importants pour la mise en œuvre ; -Diminution ou suppression des incidences de transport terrestre ; -Solutions facilement réversibles à moindre coût, par rapport aux solutions traditionnelles	-peut être endommagé volontairement par des objets tranchants ou même accidentellement par les bateaux
Variante 04	Enrochements	34.768 M	B	01 siècle	Changement de l'aspect visuel de la zone d'étude	-Formation des nouveaux écosystèmes peuplés (faune, flore).	-Affouillement peut progressivement menacer la stabilité de la structure	-Bloque le transit sédimentaire -engraisse la plage et met ainsi le trait de côte en arrière qui est ainsi plus souvent éloigné du déferlement des vagues	-Bloque les sables à l'amont de l'ouvrage et provoque inévitablement une érosion à l'aval -provoque une diffraction de la houle et aggrave alors l'impact des vagues en arrière

A partir de tableau précédant et les critères notées et l'efficacité, en attribuant les notations (A) favorable, (B) peu favorable et (C) défavorable, on aboutit au tableau ci-après.

Tableau IV.6 Comparaison des variantes :

Désignation	Efficacité	Aspects paysagers et environnementaux		Aspect Economique	L'impact	les avantages et les inconvénients		Total note
		Qualité paysagère	Valorisation du site			avantage	inconvénient	
Variante 01	A	B	A	C	A	A	B	A+B+A+C+A+A+B4
Variante 02	B	B	C	B	A	B	B	B+B+C+B+A+B+B1
Variante 03	B	A	A	A	C	B	B	B+A+A+A+C+B+B3
Variante 04	C	B	C	A	B	C	C	C+B+C+A+B+C+C1

### Commentaire

- L'efficacité :

La variante 01 (Brise lames épis en T) répond mieux à l'objectif de l'étude. Elle est plus efficace vis-à-vis de la protection et atténuation de l'énergie de la houle

- Aspects paysagers et environnementaux :

La variante 03 (Brise lames en géo-synthétique) répond mieux à la qualité paysagère, du fait que les ouvrages ne sont pas apparents.

Par contre pour le critère valorisation du site, la variante 01 semble la plus avantageuse. En effet la mise en place d'un épi en T à l'Est permettra de créer une esplanade côtière qui se prolonge sur la mer et qui va jouer un rôle important dans la fréquentation du milieu.

- Aspect économique :

La variante 03 est moins chère, le cout d'un brise lame en géo-synthétique est 1/5 le cout d'un brise lame en enrochement

- L'impact

La variante 01 et 02 ont plus d'impact car des ouvrages en enrochements est beaucoup plus facile que les ouvrages en géo-synthétique. Ces derniers demandent des moyens de réalisation spécifiques et un savoir-faire de l'entreprise (expérience)

- les avantages et les inconvénients

Les variantes 01 et 03 ont plus des avantages que des inconvénients, mais par rapport à ces deux variantes la variante 01 à plus d'avantage.

### Conclusion

Sur la base des éléments de comparaison rapportés ci-dessus, et au vue de l'appréciation attribuée, on recommande la variante 01 qui se distingue favorablement.

## **Conclusion :**

Ce mémoire avait pour ambition d'évaluer l'érosion dans la plage de Sidi Ghiles, et de trouver la solution de protection d'aménagement adéquat.

A la fin de ce travail on peut dire que notre zone qui subit une érosion due au trois houles dominante, Nord Est, Nord-Ouest et Nord-Nord-Ouest ceci est expliqué par la configuration de son trait de côte qui est parallèle au Nord et qui reçoit l'énergie des houles de ces trois secteurs.

L'étude de l'évolution du trait de côte indique une forte érosion surtout du côté Est avec une valeur maximale de -18, 87m surtout durant la période 1972-2003.

L'étude de la carte bathymétrique La carte bathymétrique montre des isobathes régulières espacées, et présente des fonds assez réguliers avec une pente moyenne de l'ordre de 2.5%.

L'étude de la réfraction de la houle avec le logiciel Mike 21, montre que la zone est sujette à un courant très fort qui engendre une forte perte de sédiment vers le large.

L'étude de la réfraction de la houle avec le logiciel Mike 21 a montré que le site d'étude est exposé aux houles du secteur, Nord-est, Nord-Ouest et Nord-Nord-Ouest ceci est expliqué par la configuration de son trait de côte qui est parallèle au Nord et qui reçoit l'énergie des houles de ces trois secteurs. En plus, le coefficient de réfraction  $K_r$  de ces trois directions, à 5 m de profondeur varie entre 0.86 et 0.74 ; ce qui montre que les houles du secteur, Nord Est, Nord- Ouest et Nord-Nord-Ouest agissent de la même manière sur la zone d'étude et peuvent générer des courants littoraux entraînant l'érosion de la plage.

L'étude du transport sédimentaire ST avec le logiciel Mike 21 a montré que le mouvement des sédiments suit le mouvement de courant de manière proportionnel.

La simulation HD, indique une circulation tourbillonnaire dans les trois secteurs causé par la réfraction au contact des fonds et de la diffraction au niveau du petit épi, on observe aussi une vitesse de courant plutôt importante surtout au niveau de la direction 300N.

On constate que l'apport sédimentaire générée par les houles est très faible dans les trois directions, avec un transit sédimentaire d'une valeur maximum de  $0,00005 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$  pour la direction Nord-Ouest 300N, et une forte perte de sédiment vers le large dans les trois directions.

L'analyse de tous ces résultats et Sur la base des éléments de comparaison (l'efficacité le cout, l'aspect environnemental et visuelle et l'impact de l'ouvrage sur la zone d'étude) et au vu de l'appréciation attribuée, on recommande l'ouvrage épi en T et un brise-lames qui se distingue favorablement, et qui reprend le plus aux critères de la plage.

## Références bibliographiques :

- **Belkessa.R, (2021),** Réchauffement climatique. *Cour de changement climatique 5eme année gestion et protection de littoral, ENSSMAL, p, p1-3.*
- **Belli.F.Z, (2020),** Réutilisation des eaux usées épurées à des fins agricoles dans le périmètre Nador (Wilaya de Tipaza). *Mémoire de Master 2, département des sciences biologiques, KHEMIS MILIANA, université Djilali bounaama faculté des sciences de la nature et de la vie et de la terre, p, p32-33.*
- **Benderadji.A, Ferhat.A, (2011),** Erosion du littoral de CHERCHELL : causes et conséquences et solutions d'aménagement. *Mémoire d'ingénieur, spécialité aménagement de littoral, DELLY BRAHIM, ENSSMAL, p,p08-17.*
- **Benmeddah. K, (2018),** Etablissement de carte de ressource en eaux souterraines de la wilaya de Tipaza. *Mémoire de Master 2 département de science de la terre, KHEMIS MILIANA, université Djilali bounaama de faculté des sciences de la nature et de la vie et de la terre p, p8-22.*
- **Berger. A, Lacroix. P, Lavenu. G, Lesellier. S, Reynaud. I, Tournardre. G, Gonzalez. O, (2005),** Arc View9 NIVEAU I. *Support de cours avec exercices pratiques et données. FRANCE.*
- **Boussaidi.M.A, Mehareb.A, (2020),** Etude de protection du rivage de SIDIGHILES. *Mémoire d'ingénieur, spécialité aménagement de littoral, DELLY BRAHIM ENSSMAL, p, p4-35.*
- **Dahmani. A, (2019),** Quelques notes essentielles du cours de la modélisation numérique, Généralités et application sur Mike. *Cour de modélisation numérique 4eme année gestion et protection du littoral, ENSSMAL, p,p 21-15.*
- **Dahmani.A, (2019),** Notes de cours de Génie Côtier. *Cour de génie côtier 4eme année Gestion et Protection de littoral, ENSSMAL.*
- **Daniel. F, Hubaud .M.O, (1996),** Erosion côtière des systèmes littoraux sableux, *ODEM,p21.*
- **Delfi.B, Zaidi.K, (2016),** Etude du transfert à partir du barrage KEF Eddir (TIPASA, CHELEF, AINDEFLEA). *Mémoire de Master 2, Département D'Hydraulique, OUM EL BOUAGHI, université Larbi Ben M'hidi Facultés des Sciences et Sciences Appliquées p4.*
- **Faye, S, (2012).** Probation, Intermediate Sanctions, and Community-Based Corrections.
- **Grimes.S, (2004),** Biodiversité marine et littoral algérienne. Djazair, p16.
- **Hattabi.M.el.A, Kaddouri.H, (2018),** Impact de l'élévation du niveau de la mer et des tempêtes sur l'évolution morpho dynamique de la région Est de la baie d'Alger : simulation numérique des processus hydro-sédimentaires. *Mémoire d'ingénieur, spécialité aménagement de littoral, DELLY BRAHIM, ENSSMAL, p30*

- **Keraghel.M, (2021).**, Application sur l'étude de l'évolution du trait de côte (extension DSASsur Arc Gis). *Cour de cartographie, ENSSMAL*, p04.
- **Kraus, McDougal, Nicholas .C, (1996).**, Les effets des digues sur la plage : partie I une revue de la littérature mise à jour *journal de recherche cotiere vol.12 n°3(été1996)* pp.691-701 publié par : *Coastal Education and Research Fondation, Inc.*
- **LEM, (2012).**, Etude de protection du rivage (document non publie) : LEM
- **LEM, (2012).**, Etude de protection du rivage (document non publie ) :LEM
- **Mezouar.K, (2019).**, l'évolution de la houle, *Cour de hydrodynamique de 4eme annéegestion et protection du littoral, ENSSMAL*, p3
- **Mouhoubi.N.I, (2021).**, Modélisation du transit sédimentaire sur la plage de SIDIGHiles parla méthode de L.C.H.F. *Mémoire de master, spécialité aménagement de littoral, DELLY BRAHIM, ENSSMAL*, p, p 07-27
- **Mouhoubi.N.I, Ouabel.K, (2012).**, Etude d'une solution de protection pour la plage centrede Sidi Ghiles (Cherchell). *Mémoire d'ingénieur, spécialité aménagement de littoral, DELLY BRAHIM, ENSSMAL*, p, p 02-16.
- **Nouri.M, Ozer.A, (2014).** Le tissu urbain face aux risques naturelsCas de la baie de Tipaza-Algérie, *Géo-Eco-Trop.*, 2014, 38, 1, n.s. 103-110, Université de Liège, p104.
- **Ronan Jego, (2003).**, **La** surveillance du littoral : Evolution du trait de côte: du suivi desérosions côtières à la gestion intégrée des zones côtières, *ODEM*, p10, 11.
- **Sefah.D, Talaa.A, (2017).**, **Effet** de l'urbanisation sur l'évolution des cotes – cas de la baiede Chenoua. *Mémoire d'ingénieur. spécialité aménagement de littoral, DELLY BRAHIM, ENSSMAL*, p6
- **Thomalla F., Vincent C.E, (2001).**, Beach reponse to shore-parallel break waters at SeaPalling, Norfolk, UK, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 56, pp. 203-212.
- **Williams, S, (1990).** Coasts in crisis. *Germany: Geological survey circular*, p. 32-40

### Les sites web :

- **Goeury, David, (2014):** « LA POLLUTION MARINE ». *In Mers et océans*, édité par WoessnerRaymond. Atlante (consulté le 22/05/2021), .Disponible sur le site web : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01091818>.
- **Héquette, Arnaud, (2001):** Courants et transports sédimentaires dans la zone littorale : le rôle des courants orbitaux et de downwelling / Currents and sediment transport in the coastal zone: the role of orbital and downwelling currents ». *Géomorphologie : relief, processus, environnement* 7, n° 1: 5-16(consulté le 16/06/2021) .Disponible sur le site web : <https://doi.org/10.3406/morfo.2001.1082>

# **Annexes**

## Annexes

**La table attributaire de transect de 1960 à 2021**

OBJEC TID	Transe ctID	Baselin elD	Grou pID	TransOr der	Azim uth	ShrCo unt	TC D	SHAPE_Le ngth	SCE	NSM	EP R	EPRu nc	LR R	LR 2	LS E	LCI 90	WL R	W R2	WS E	WCI 90
1	1	1	1	1	155,6 5	4	50	177,847701 7	7,17	6,92	- 0,1 4	0,15	- 0,1 5	0,9 9	0,5	0,04	- 0,1 5	0,9 9	0,1	0,04
2	2	1	1	2	155,5 8	5	60	173,530801 8	7,63	7,63	- 0,1 6	0,14	- 0,1 4	0,8 8	1,2 2	0,07	- 0,1 4	0,8 8	0,2 4	0,07
3	3	1	1	3	155,5 8	5	70	171,462639 3	8,03	8,03	- 0,1 6	0,14	- 0,1 3	0,7 4	1,8 7	0,11	- 0,1 3	0,7 4	0,3 7	0,11
4	4	1	1	4	155,6 3	7	80	171,332505 6	10,4 5	- 2,04	0,0 3	0,12	- 0,0 6	0,1 5	3,6 8	0,12	- 0,0 6	0,1 5	0,7 4	0,12
5	5	1	1	5	155,7 7	7	90	169,424911 4	12,6 4	- 4,75	0,0 8	0,12	- 0,0 7	0,1 7	4,4 6	0,15	- 0,0 7	0,1 7	0,8 9	0,15
6	6	1	1	6	155,8	7	10 0	168,999395 1	15,7 9	- 6,19	- 0,1	0,12	- 0,1	0,2	5,1 7	0,17	- 0,1	0,2	1,0 3	0,17
7	7	1	1	7	155,7 9	7	11 0	168,379749 9	18,1	- 6,57	0,1 1	0,12	- 0,0 9	0,1 5	5,9 4	0,2	- 0,0 9	0,1 5	1,1 9	0,2
8	8	1	1	8	155,7 5	7	12 0	168,794517 7	18,8 5	- 4,04	0,0 7	0,12	- 0,0 8	0,0 9	6,5 9	0,22	- 0,0 8	0,0 9	1,3 2	0,22
9	9	1	1	9	155,8	7	13 0	167,214891 7	15,6 3	- 1,28	0,0 2	0,12	- 0,0 4	0,0 2	6,1 8	0,21	- 0,0 4	0,0 2	1,2 4	0,21
					155,9		14	166,811087	16,3	-	0,0		-	0,0	6,6		-	0,0	1,3	

## Annexes

10	10	1	1	10	3	7	0	6	3	1,77	3	0,12	2	1	7	0,22	2	1	3	0,22
11	11	1	1	11	155,8 5	7	0	166,632404 3	14,2 3	2,16	4	0,12	2	1	5,9 4	0,2	2	1	1,1 9	0,2
12	12	1	1	12	155,8 4	7	0	166,049039 7	11,6 7	3,29	5	0,12	6	0,1	4,1 5	0,14	6	0,1	0,8 2	3 0,14
13	13	1	1	13	155,9 3	7	0	165,198637 4	10,2 5	3,93	6	0,12	7	0,1	3,8 2	0,13	7	0,1	0,7 8	6 0,13
14	14	1	1	14	155,8 5	7	0	347,679925 6	193, 58	6,44	1	0,12	1,0 8	0,1 4	72, 29	2,41	1,0 8	0,1 4	14, 46	2,41
15	15	1	1	15	155,7 2	7	0	349,168398 7	196, 55	196, 3,2 55 4	4	0,12	2,1 5	0,3 3	83, 02	2,77	2,1 5	0,3 3	16, 6	2,77
16	16	1	1	16	155,6 9	7	0	347,215686 7	196, 05	196, 3,2 05 3	3	0,12	2,1 4	0,3 3	81, 31	2,72	2,1 4	0,3 3	16, 26	2,72
17	17	1	1	17	155,7 4	7	0	343,451188 8	191, 7	191, 3,1 7 6	6	0,12	2,0 9	0,3 4	78, 46	2,62	2,0 9	0,3 4	15, 69	2,62
18	18	1	1	18	155,8 8	7	0	339,973287 5	183, 59	183, 3,0 59 2	2	0,12	1,9 8	0,3 3	76, 23	2,55	1,9 8	0,3 3	15, 25	2,55
19	19	1	1	19	156,0 9	7	0	336,948739 7	176, 12	176, 12 2,9	2,9	0,12	1,8 8	0,3 2	74, 1	2,47	1,8 8	0,3 2	14, 82	2,47
20	20	1	1	20	156,3 7	7	0	333,558769 9	169, 96	168, 2,7 97 8	8	0,12	1,7 8	0,3 0,3	72, 47	2,42	1,7 8	0,3 0,3	14, 49	2,42
21	21	1	1	21	156,7 1	7	0	329,745782 2	167, 7	162, 2,6 21 7	7	0,12	1,6 6	0,2 8	72, 07	2,41	1,6 6	0,2 8	14, 41	2,41
22	22	1	1	22	157,6	7	0	325,991545 5	165, 3	160, 2,6 28 4	4	0,12	1,6 3	0,2 7	71, 36	2,38	1,6 3	0,2 7	14, 27	2,38
23	23	1	1	23	158,4 9	7	0	321,880653 9	163, 78	159, 2,6 76 3	3	0,12	1,6 2	0,2 8	70, 56	2,36	1,6 2	0,2 8	14, 11	2,36
24	24	1	1	24	159,3 8	7	0	317,274448 7	163, 62	159, 2,6 33 2	2	0,12	1,6 1	0,2 8	70, 06	2,34	1,6 1	0,2 8	14, 01	2,34
25	25	1	1	25	160,0 2	7	0	313,627103 5	161, 61	158, 2,6 66 1	1	0,12	1,6 1,6	0,2 8	69, 61	2,32	1,6 1,6	0,2 8	13, 92	2,32
26	26	1	1	26	160,4 9	7	0	313,071842 3	161, 48	157, 2,5 49 9	9	0,12	1,5 9	0,2 8	69, 53	2,32	1,5 9	0,2 8	13, 91	2,32
27	27	1	1	27	160,9 7	7	0	312,129416 3	160, 5	155, 2,5 29 6	6	0,12	1,5 7	0,2 7	69, 26	2,31	1,5 7	0,2 7	13, 85	2,31

## Annexes

28	28	1	1	28	161,4 8	7	32 0	310,741994 6	159, 14	152, 61	2,5 1	0,12	1,5 3	0,2 6	68, 94	2,3	1,5 3	0,2 6	13, 79	2,3
29	29	1	1	29	162	7	33 0	308,856399 2	158, 09	149, 74	2,4 7	0,12	1,5	0,2 6	69, 19	2,31	1,5	0,2 6	13, 84	2,31
30	30	1	1	30	162,5 2	7	34 0	306,440916 37	156, 85	146, 85	2,4 2	0,12	1,5	0,2 6	68, 22	2,28	1,5	0,2 6	13, 64	2,28
31	31	1	1	31	163,0 5	7	35 0	304,419772 1	152, 72	146, 99	2,4 2	0,12	1,5 2	0,2 8	65, 65	2,19	1,5 2	0,2 8	13, 13	2,19
32	32	1	1	32	163,6	7	36 0	303,152537 8	150, 88	148, 86	2,4 5	0,12	0,7 8	0,1 2	56, 73	1,89	0,7 8	0,1 2	11, 35	1,89
33	33	1	1	33	164,1 6	7	37 0	178,024667 1	25,3 1	0,1 9,01	0,1 5	0,12	0,0 2	0,0 0	10, 95	0,37	0,0 2	0,0 0	2,1 9	0,37
34	34	1	1	34	164,6 8	7	38 0	166,625671 3	14,8	0,1 7,66	0,1 3	0,12	0,0 5	0,0 5	6,1 7	0,21	0,0 5	0,0 5	1,2 3	0,21
35	35	1	1	35	165,1 8	7	39 0	164,949646 3	13,2 7	0,0 3,94	0,0 6	0,12	0,0 8	0,1 3	5,5 7	0,19	0,0 8	0,1 3	1,1 1	0,19
36	36	1	1	36	165,3 5	7	40 0	166,320021 5	13,8 6	0,0 4,38	0,0 7	0,12	0,0 8	0,1 1	5,9 0,2	0,2	0,0 8	0,1 1	1,1 8	0,2
37	37	1	1	37	165,4 5	7	41 0	164,247738 7	11,0 8	0,0 2,72	0,0 4	0,12	0,0 8	0,1 6	4,8 9	0,16	0,0 8	0,1 6	0,9 8	0,16
38	38	1	1	38	165,1 7	7	42 0	164,574759 8	12,5 5	0,0 4,37	0,0 7	0,12	0,0 7	0,1 1	5,1 0,17	0,17	0,0 7	0,1 1	1,0 2	0,17
39	39	1	1	39	164,8 2	7	43 0	166,452045 8	14,6	0,1 6,4	0,1 1	0,12	0,0 4	0,0 4	5,4 9	0,18	0,0 4	0,0 4	1,1 1,1	0,18
40	40	1	1	40	164,3 5	7	44 0	169,040574 2	14,7 5	0,1 9,61	0,1 6	0,12	0,0 1	0,0 0	5,2 2	0,17	0,0 1	0,0 0	1,0 4	0,17
41	41	1	1	41	163,9 6	7	45 0	291,506306 79	133, 79	15,9 6	0,2 6	0,12	0,7 9	0,1 6	49, 3	1,65	0,7 9	0,1 6	9,8 6	1,65

## Annexes

42	42	1	1	42	163,7 7	7	46 0	302,370141 9	146, 85	146, 2,4 85 2	0,12	1,5 8	0,3 3	60, 76	2,03	1,5 8	0,3 3	12, 15	2,03
43	43	1	1	43	163,6 1	7	47 0	302,675720 7	152, 48	152, 2,5 48 1	0,12	1,6 5	0,3 5	60, 1	2,01	1,6 5	0,3 5	12, 02	2,01
44	44	1	1	44	163,5 1	7	48 0	301,528267 9	147, 81	147, 2,4 81 3	0,12	1,5 8	0,3 4	59, 97	2	1,5 8	0,3 4	11, 99	2
45	45	1	1	45	163,4 3	7	49 0	300,242604 9	147, 93	147, 2,4 93 4	0,12	1,5 9	0,3 4	59, 9	2	1,5 9	0,3 4	11, 98	2

## Annexes

46	46	1	1	46	163,3 5	7	50 0	298,931782 6	146, 57	146, 2,4 57 1	0,12	1,5 6	0,3 3	60, 11	2,01	1,5 6	0,3 3	12, 02	2,01
47	47	1	1	47	163,2 4	7	51 0	298,605013 3	144, 91	144, 2,3 91 9	0,12	1,5 4	0,3 2	59, 91	2	1,5 4	0,3 2	11, 98	2
48	48	1	1	48	162,9 4	7	52 0	296,251497 2	144, 1	144, 2,3 1 7	0,12	1,5 5	0,3 3	59, 24	1,98	1,5 5	0,3 3	11, 85	1,98
49	49	1	1	49	162,5 6	7	53 0	296,421313 1	146, 17	144, 2,3 41 8	0,12	1,5 8	0,3 5	58, 86	1,97	1,5 8	0,3 5	11, 77	1,97
50	50	1	1	50	162,2 9	7	54 0	294,066623 7	143, 34	143, 2,3 34 6	0,12	1,5 9	0,3 7	56, 33	1,88	1,5 9	0,3 7	11, 27	1,88
51	51	1	1	51	162,5 2	7	55 0	294,452865 3	143, 32	143, 2,3 32 6	0,12	1,6 8	0,3 8	54, 66	1,83	1,6 8	0,3 8	10, 93	1,83
52	52	1	1	52	162,8 1	7	56 0	295,005838 3	145, 07	145, 2,3 07 9	0,12	1,6 1	0,3 9	53, 75	1,8	1,6 1	0,3 9	10, 75	1,8
53	53	1	1	53	163,1 2	7	57 0	295,64937	142, 66	142, 2,3 66 5	0,12	1,6 9	0,3 9	53, 47	1,79	1,6 9	0,3 9	10, 69	1,79
54	54	1	1	54	163,1 7	7	58 0	294,182057 6	138, 38	138, 2,2 38 8	0,12	1,5 4	0,3 8	52, 59	1,76	1,5 4	0,3 8	10, 52	1,76
55	55	1	1	55	163,1 9	7	59 0	288,980665 1	130, 75	130, 2,1 75 5	0,12	0,8 9	0,1 9	45, 22	1,51	0,8 9	0,1 9	9,0 4	1,51
56	56	1	1	56	163,3 5	7	60 0	171,505439 5	10,5 8	0,0 1,96 3	0,12	0,0 8	0,2 8	3,6 6	0,12	0,0 8	0,2 8	0,7 3	0,12
57	57	1	1	57	163,6 2	7	61 0	169,389814 7	8,22	- 0,0 2,95 5	0,12	0,0 3	0,0 6	3,1 1	0,1	0,0 3	0,0 6	0,6 2	0,1
58	58	1	1	58	163,9 9	7	62 0	167,852585 5	8,84	- 0,0 2,18 4	0,12	0,0 2	0,0 4	3,1 9	0,11	0,0 2	0,0 4	0,6 4	0,11
59	59	1	1	59	164,3 7	7	63 0	164,712269 7	9,18	- 0,0 4,72 8	0,12	0 0	0 0	3,2 3	0,11	0 0	0 0	0,6 5	0,11

## Annexes

60	60	1	1	60	164,7 6	7	64 0	162,892364 8	12,0 7	- 9,19	- 0,1 5	0,0 0,12	- 0,0 5	0,0 8	4,1 4	0,14	- 0,0 5	0,0 8	0,8 3	0,14
61	61	1	1	61	165,3 7	7	65 0	162,789508 6	12,6 5	- 12,6 5	- 0,2 1	0,12	- 0,1	0,3 5	3,5 9	0,12	- 0,1	0,3 5	0,7 2	0,12

## Annexes

62	62	1	1	62	166,0 1	7	66 0	165,879622 4	15,6 4	15,6 4	0,2 6	0,12	0,1 4	0,5 4	3,4 5	0,12	0,1 4	0,5 4	0,6 9	0,12
63	63	1	1	63	166,2 6	7	67 0	171,017387 6	18,6 8	18,6 8	0,3 1	0,12	0,1 7	0,5 7	4,0 3	0,13	0,1 7	0,5 7	0,8 1	0,13
64	64	1	1	64	166,7 2	7	68 0	173,376580 7	18,8 5	18,8 5	0,3 1	0,12	0,1 8	0,5 5	4,3 2	0,14	0,1 8	0,5 5	0,8 6	0,14
65	65	1	1	65	167,2 2	7	69 0	176,064399 7	18,4 3	18,4 3	- 0,3	0,12	0,1 8	0,5 1	4,8 5	0,16	0,1 8	0,5 1	0,9 7	0,16
66	66	1	1	66	167,6 4	7	70 0	177,886183	20,1 1	18,9 3	0,3 1	0,12	- 0,2	0,5 1	5,2 5	0,18	- 0,2	0,5 1	1,0 5	0,18
67	67	1	1	67	167,9 8	7	71 0	178,807010 3	21,4 5	21,4 5	0,3 5	0,12	0,2 2	0,5 6	5,3 6	0,18	0,2 2	0,5 6	1,0 7	0,18
68	68	1	1	68	168,2 5	7	72 0	178,094240 8	21,7 2	21,7 2	0,3 6	0,12	0,2 2	0,5 9	5,0 1	0,17	0,2 2	0,5 9	1 1	0,17
69	69	1	1	69	168,4 4	7	73 0	176,705708 6	21,4 8	21,4 8	0,3 5	0,12	- 0,2	0,5 1	5,4 1	0,18	- 0,2	0,5 1	1,0 8	0,18
70	70	1	1	70	168,5 5	7	74 0	174,652537 8	21,8 7	21,8 7	0,3 6	0,12	0,1 7	0,3 5	6,1 3	0,2	0,1 7	0,3 5	1,2 3	0,2
71	71	1	1	71	168,3 4	7	75 0	171,050675	20,6 4	20,6 4	0,3 4	0,12	0,1 7	0,4 3	5,2 1	0,17	0,1 7	0,4 3	1,0 4	0,17
72	72	1	1	72	168,1 9	7	76 0	168,593735 3	17,1 1	17,1 1	0,2 8	0,12	0,1 5	0,4 7	4,3 2	0,14	0,1 5	0,4 7	0,8 6	0,14

## Annexes

73	73	1	1	73	168,0 5	7	77 0	168,834329 3	16,5 7	- 7	- 7	0,2 7	0,12	- 6	0,6	3,6 1	0,12	- 6	0,6	0,7 2	0,12
----	----	---	---	----	------------	---	---------	-----------------	-----------	--------	--------	----------	------	--------	-----	----------	------	--------	-----	----------	------

## Annexes

74	74	1	1	74	167,8 5	7	78 0	167,266099 5	16,4 5	16,4 5	0,2 7	-	0,1 5	0,5 3	3,7 3	0,1 5	0,5 3	0,7 5	0,12	
75	75	1	1	75	167,8 3	7	79 0	165,754689	14,7	14,7	0,2 4	-	0,1 8	0,2 3	4,1 3	0,14	0,1 8	0,2 3	0,8 3	0,14
76	76	1	1	76	167,9 3	7	80 0	163,488854 5	12,8 5	12,8 5	0,2 1	-	0,0 7	0,1 7	4,0 9	0,14	0,0 7	0,1 7	0,8 2	0,14
77	77	1	1	77	168,0 4	7	81 0	161,781127	11,5 2	11,5 2	0,1 9	-	0,0 5	0,0 9	4,0 7	0,14	0,0 5	0,0 9	0,8 1	0,14
78	78	1	1	78	168,0 6	7	82 0	159,761940 8	9,09	9,09	0,1 5	-	0,0 3	0,0 5	3,5 2	0,12	0,0 3	0,0 5	0,7	0,12
79	79	1	1	79	168,0 1	7	83 0	161,991447 9	9,61	7,38	0,1 2	-	0,0 1	0	3,4 9	0,12	0,0 1	0	0,7	0,12
80	80	1	1	80	167,9	7	84 0	163,841756 5	11,4	8,48	0,1 4	-	0,0 1	0,0 1	4,1 2	0,14	0,0 1	0,0 1	0,8 2	0,14
81	81	1	1	81	167,7 8	7	85 0	165,407916 7	14,8 8	11,3 2	0,1 9	-	0,0 4	0,0 4	5,1 6	0,17	0,0 4	0,0 4	1,0 3	0,17
82	82	1	1	82	167,6 7	6	86 0	165,726464 3	12,5 4	- 6,61	0,1 1	-	0,0 1	0	4,9 6	0,19	0,0 1	0	0,9 9	0,19
83	83	1	1	83	167,5 3	5	87 0	165,880223 3	7,97	7,97	0,1 4	-	0,1 2	0,6 3	2,6 6	0,13	0,1 2	0,6 3	0,5 3	0,13
84	84	1	1	84	167,3 9	5	88 0	165,910009 9	8,29	8,24	0,1 4	-	0,1 2	0,5 9	2,9 9	0,14	0,1 2	0,5 9	0,6 9	0,14
85	85	1	1	85	167,2 7	5	89 0	164,583567 4	8,18	6,95	0,1 2	-	0,1 1	0,5 6	2,8 7	0,14	0,1 1	0,5 6	0,5 7	0,14

## Annexes

86	86	1	1	86	167,5 6	5	90 0	162,013408 2	7,99	7,39	0,1 3	0,12	0,1 3	0,6 5	2,7 6	0,13	0,1 3	0,6 5	0,5 5	0,13
87	87	1	1	87	167,9 3	5	91 0	159,398290 2	8,18	7,83	0,1 4	0,12	0,1 4	0,7 2	2,5 4	0,12	0,1 4	0,7 2	0,5 1	0,12

## Annexes

88	88	1	1	88	168,7 1	5	92 0	160,219464 4	9,14	6,13	0,1 1	0,12	0,1 3	0,6 7	2,6 5	0,12	0,1 3	0,6 7	0,5 3	0,12
89	89	1	1	89	169,5 7	5	93 0	160,839744 6	10,0 2	6,07	0,1	0,12	0,1 4	0,6 7	2,7 8	0,13	0,1 4	0,6 7	0,5 6	0,13
90	90	1	1	90	170,5 4	5	94 0	160,592345 1	10,1 2	5,65	0,1	0,12	0,1 4	0,6 9	2,6 9	0,13	0,1 4	0,6 9	0,5 4	0,13
91	91	1	1	91	171,5 1	5	95 0	160,891909 4	10,6 5,7	0,1	0,12	0,1 4	0,6 9	2,7 6	0,13	0,1 4	0,6 9	0,5 5	0,13	
92	92	1	1	92	172,3 3	5	96 0	160,759629 1	10,5 8	5,74	0,1	0,12	0,1 4	0,7 2	2,5 9	0,12	0,1 4	0,7 2	0,5 2	0,12
93	93	1	1	93	172,6 9	5	97 0	161,008676 5	10,8 8	5,1	0,0 9	0,12	0,1 4	0,6 9	2,7 2	0,13	0,1 4	0,6 9	0,5 4	0,13
94	94	1	1	94	173 173	5	98 0	160,883595 3	10,7 8	6,13	0,1 1	0,12	0,1 5	0,7 6	2,5	0,12	0,1 5	0,7 6	0,5 0,5	0,12
95	95	1	1	95	173,2 4	4	99 0	160,941501 7	10,8 5	8,54	0,1 9	0,15	0,2 2	0,8 5	2,2	0,19	0,2 2	0,8 5	0,4 4	0,19
96	96	1	1	96	173,4 173,4	4	10 00	162,738168 7	10,4 9	8,31	0,1 8	0,15	0,2 1	0,8 5	2,1 6	0,18	0,2 1	0,8 5	0,4 3	0,18
97	97	1	1	97	173,5 2	4	10 10	165,385397 1	10,8 7	8,18	0,1 8	0,15	0,2 1	0,8 1	2,5 4	0,21	0,2 1	0,8 1	0,5 1	0,21
98	98	1	1	98	173,7 9	4	10 20	166,798855 6	10,9 12,9	8	0,2 4	0,15	0,2 7	0,8 8	2,5	0,21	0,2 7	0,8 8	0,5 0,5	0,21
99	99	1	1	99	174,0 7	4	10 30	168,200274 7	15,4 12,6	8	0,2 7	0,15	0,3 2	0,8 6	3,2 4	0,27	0,3 2	0,8 6	0,6 5	0,27
100	100	1	1	100	174,3 9	4	10 40	168,694816 3	16,6 14,5	9	0,3 2	0,15	0,3 6	0,8 8	3,2 8	0,28	0,3 6	0,8 8	0,6 6	0,28
101	101	1	1	101	174,6 6	4	10 50	170,026724 6	17,8 15,7	2	0,3 4	0,15	0,3 9	0,9	3,2 4	0,27	0,3 9	0,9	0,6 5	0,27
102	102	1	1	102	174,8 4	4	10 60	170,373492 6	15,6 18,3	2	0,3 4	0,15	0,3 9	0,8 6	3,9 7	0,33	0,3 9	0,8 6	0,7 9	0,33
103	103	1	1	103	174,9 4	4	10 70	170,686229 2	18,7 14,8	9	0,3 2	0,15	0,3 9	0,7 9	4,8 4	0,41	0,3 9	0,7 9	0,9 7	0,41
104	104	1	1	104	175,3 4	4	10 80	171,629025 2	19,6 16,2	3	0,3 5	0,15	0,4 1	0,8 4	4,4 9	0,38	0,4 1	0,8 4	0,9 0,9	0,38

## Annexes

105	105	1	1	105	175,7 3	4	10 90	171,192649 9	19,1 5	15,0 9	0,3 3	0,15	0,4	0,7 7	5,3 6	0,45	0,4	0,7 7	1,0 7	0,45
106	106	1	1	106	176,0 4	4	11 00	171,311258 2	19,9 1	15,5 3	0,3 4	0,15	0,4 1	0,7 8	5,2 4	0,44	0,4 1	0,7 8	1,0 5	0,44

## Annexes

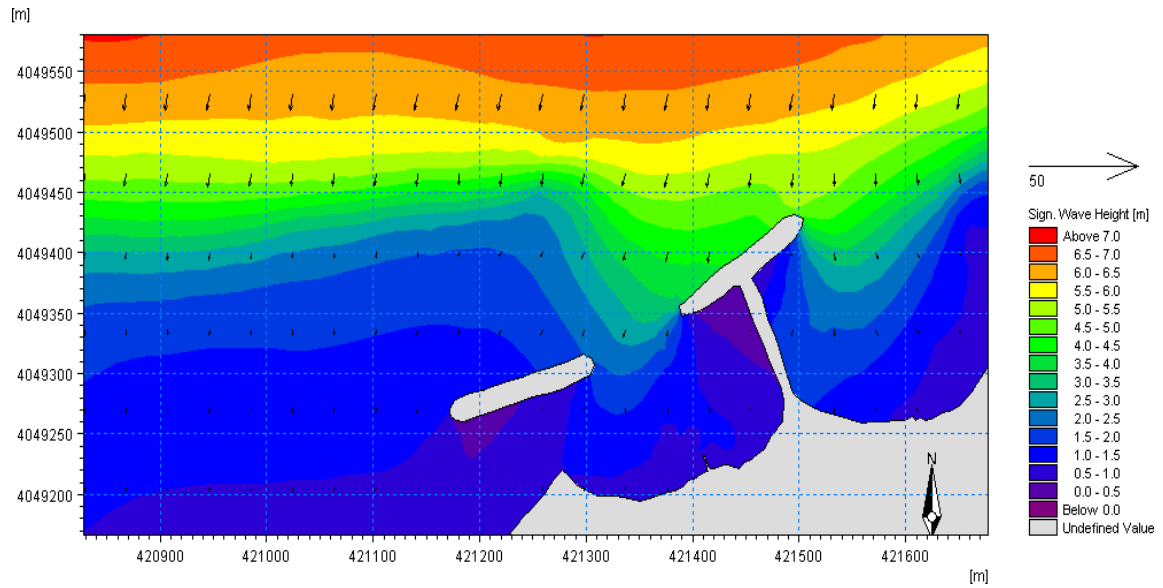
107	107	1	1	107	176,2 5	4	11 10	170,354836 8	20,2 9	17,2 9	0,3 7	0,15	0,4 4	0,8 6	4,3 8	0,37	0,4 4	0,8 6	0,8 8	0,37
108	108	1	1	108	176,3 7	3	11 20	168,159306 7	18,1 5	18,1 5	0,4 9	0,19	0,5 2	0,9 9	1,7	0,38	0,5 2	0,9 9	0,3 4	0,38
109	109	1	1	109	176,3 7	2	11 30	166,882523 1	0,49	0,49	0,0 9	1,31								
110	110	1	1	110	176,2 5	2	11 40	165,812837 7	1,11	1,11	0,2	1,31								

# Annexes

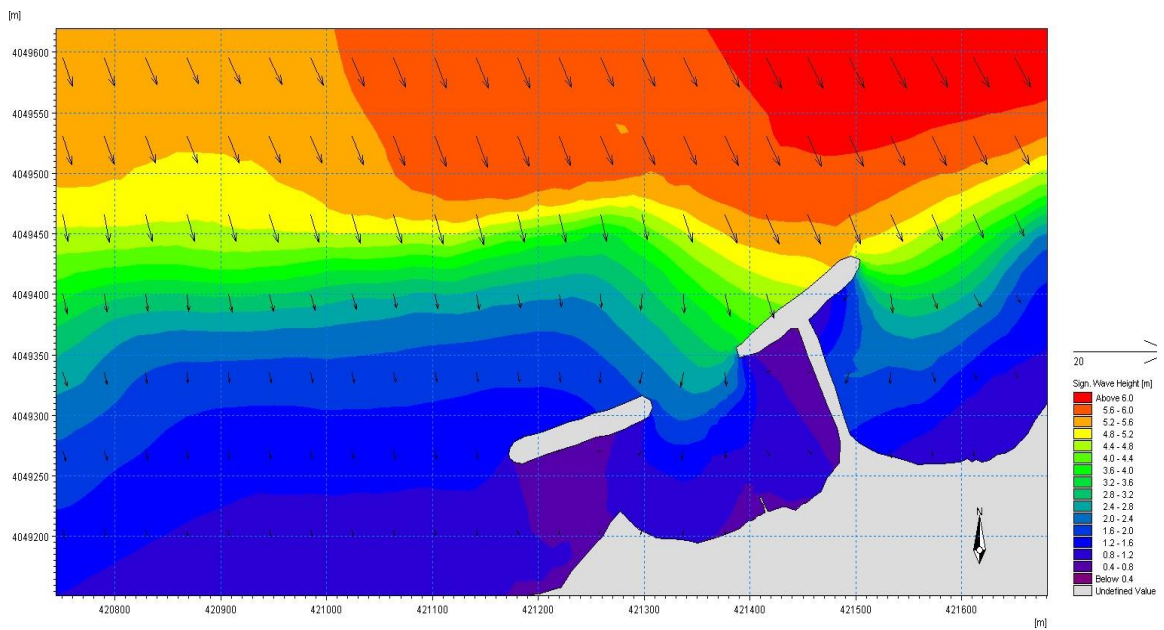
## La réfraction des houles cinquentenaes

### 1. Cas de deux brise lames et d'un épi

Pour la houle de direction 20°

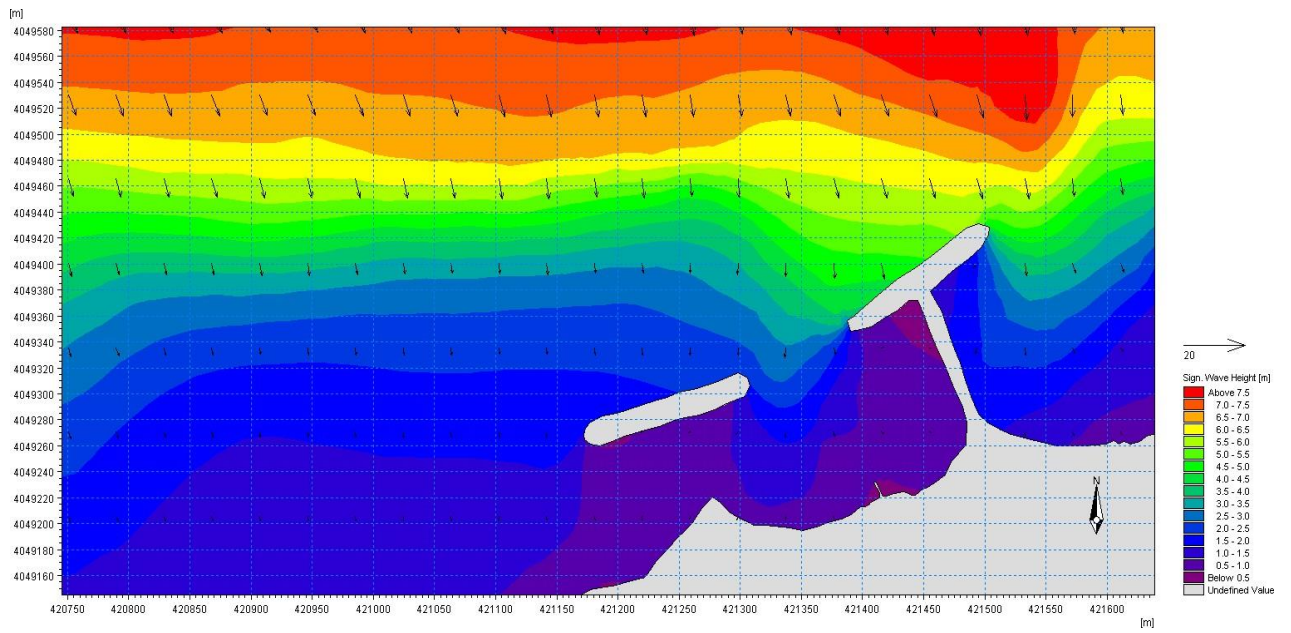


Pour la houle de direction 300°



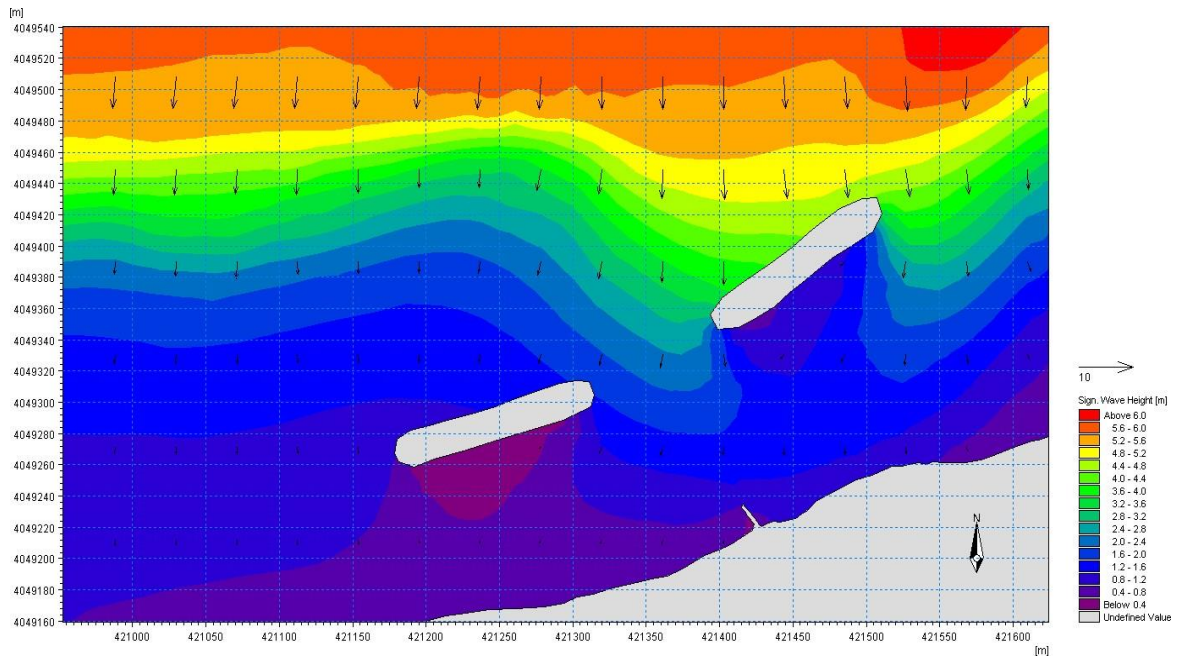
# Annexes

## Pour la houle de direction 340°



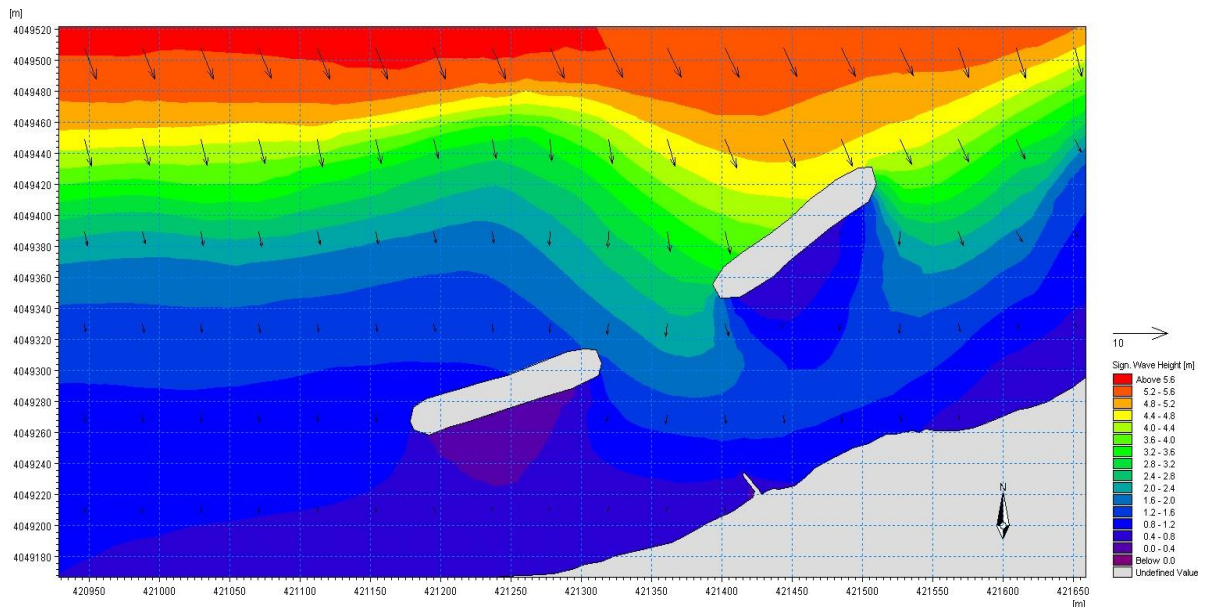
## 2. Cas de deux brise lames

### Pour la houle de direction 20°

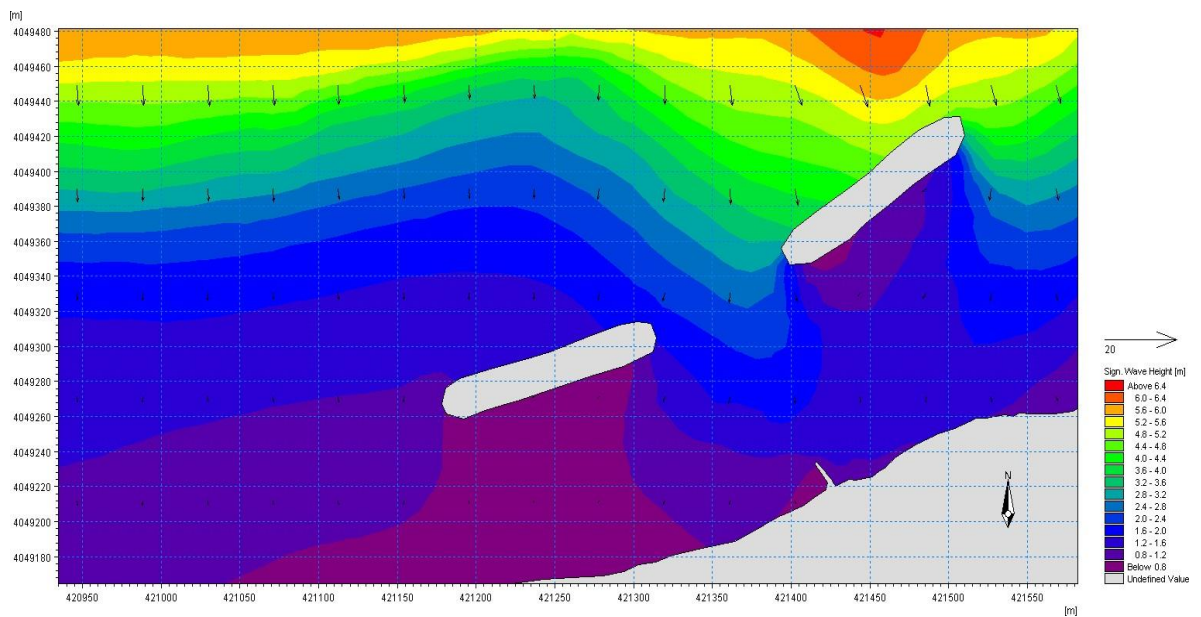


# Annexes

## Pour la houle de direction 300°

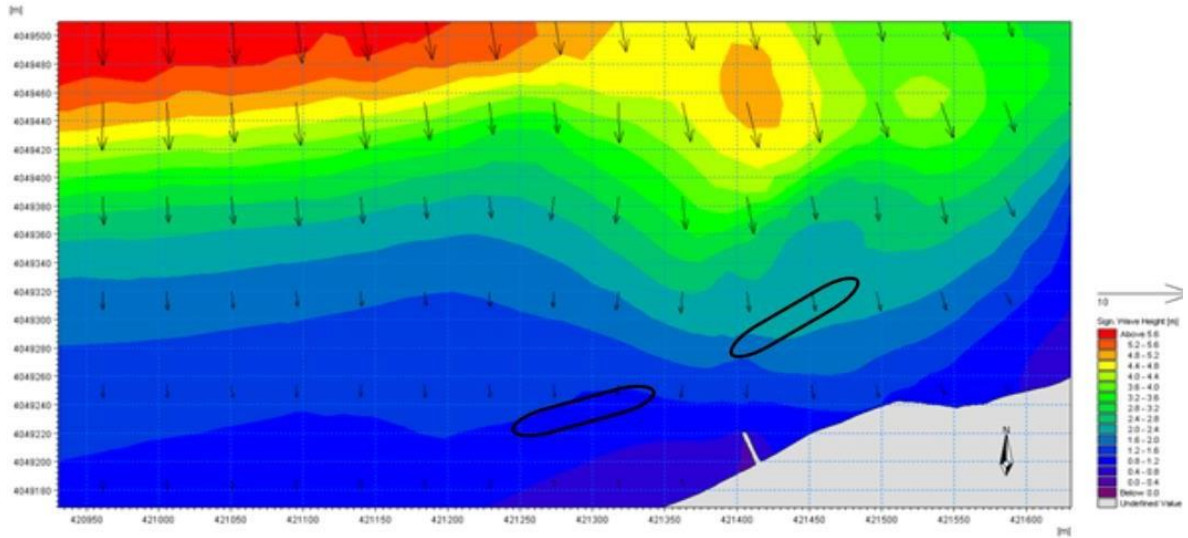


## Pour la houle de direction 340°

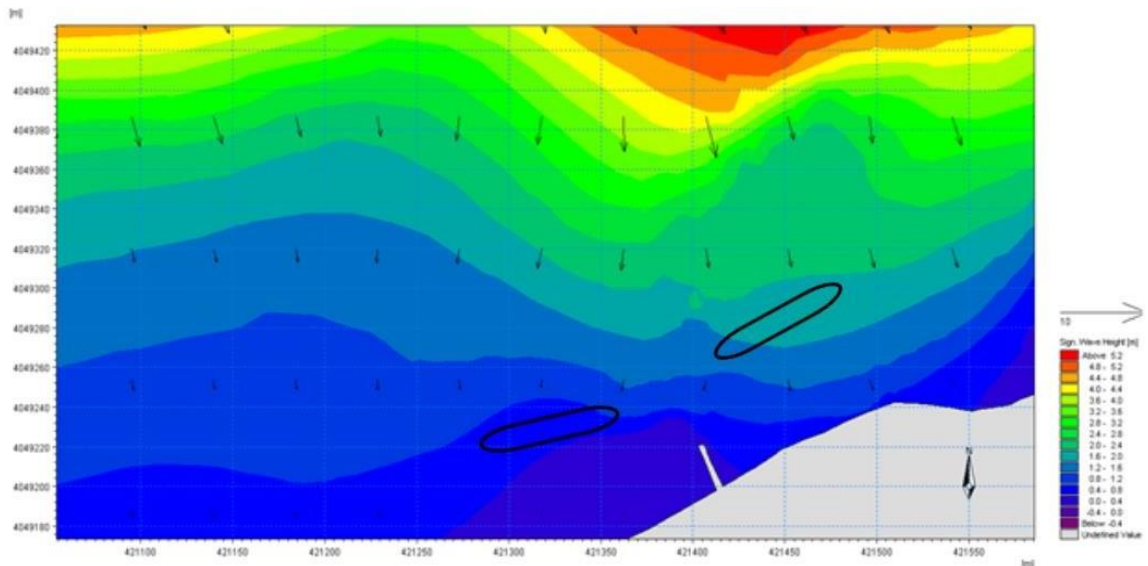


# Annexes

## 3. Cas de deux geotubes Pour la houle de direction 20°

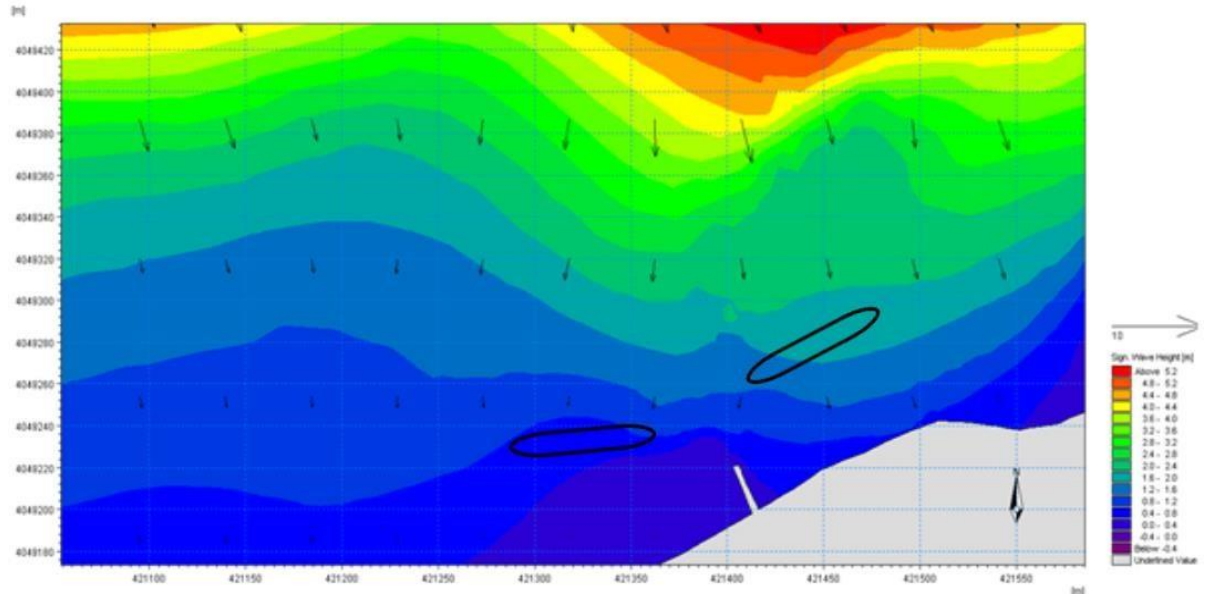


## Pour la houle de direction 300°



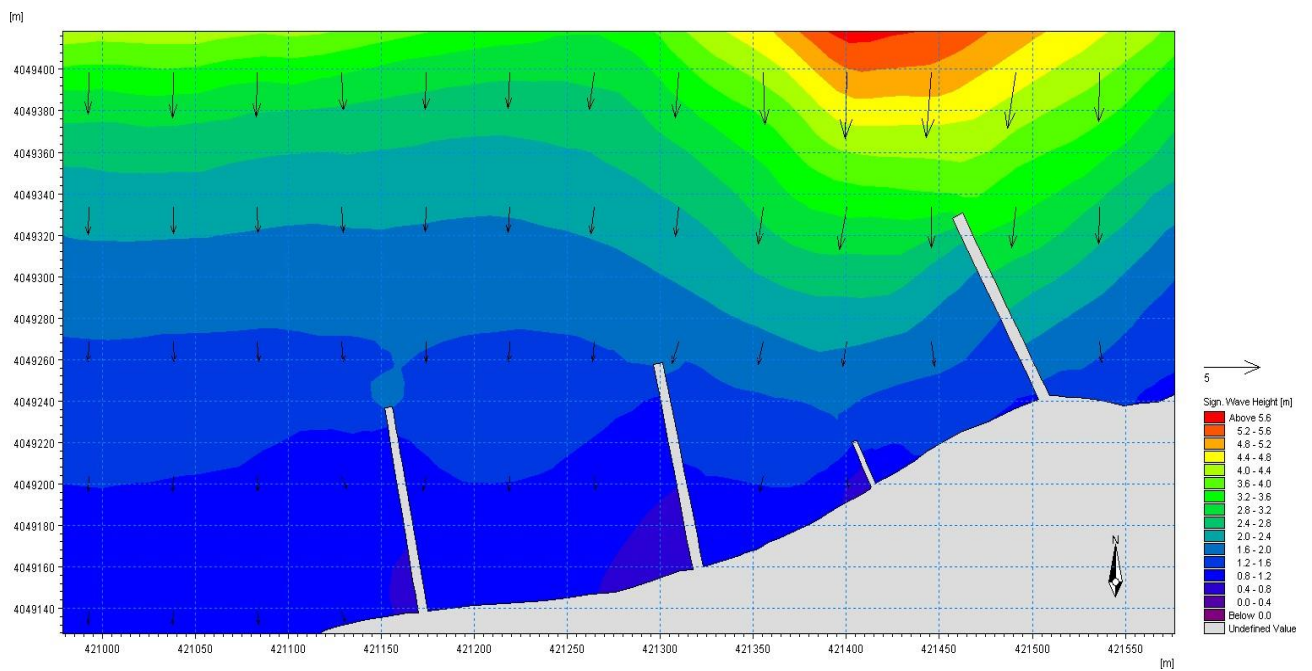
# Annexes

Pour la houle de direction 340°



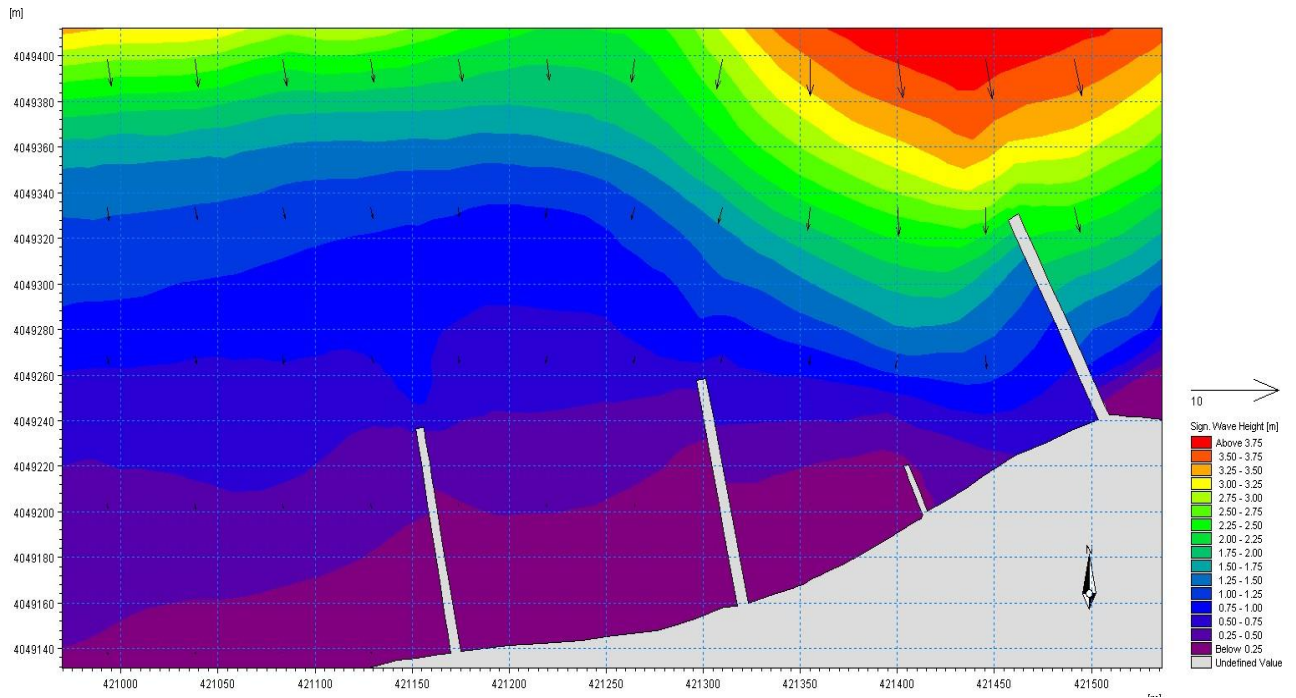
## 4. Cas des épis

Pour la houle de direction 20°

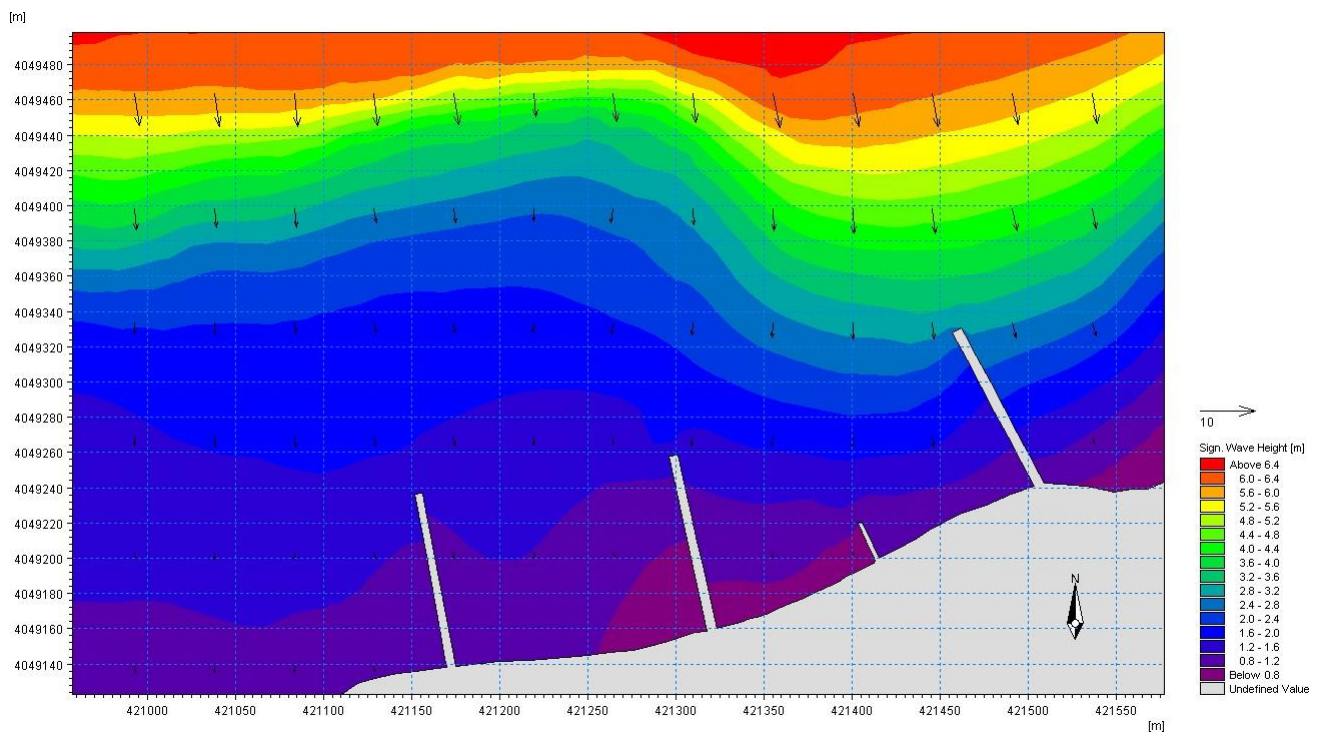


# Annexes

Pour la houle de direction 300°



Pour la houle de direction 340°



La plage centre de Sidi Ghiles qui s'étend sur 1,5 de km, connait depuis quelques années un réel problème d'érosion qui a pour cause notamment les aléas naturels (forçage des houles, changement climatique) et implantation de l'homme sur ce littoral. Ainsi et en conformité avec la loi 02- 2 du 05 Février 2002 relative au littoral, cette agglomération a été touchée par la servitude interdisant la construction dans les 300 m depuis la mer. Mais ceci n'est malheureusement pas respecté au niveau de sa bande littorale.

Sur demande de la Direction des travaux publique de la wilaya de Tipaza, une étude en vue de l'élaboration d'une solution de protection pour cette plage a été effectuée.

Le but de notre étude est non seulement d'évaluer l'érosion au niveau de cette zone mais aussi de trouver des solutions d'aménagements adéquats, répondant aux critères exigés par la DTP et en tenant en compte les caractéristiques de la commune de Sidi Ghiles, qui est connue par sa richesse culturelle et agricole depuis des décennies.

Ainsi, pour élaborer cette étude, nous avons suivi le plan de travail suivant ; des généralités sur la commune et sur la zone d'étude dans le premier chapitre, l'évolution spatiotemporelle de la côte dans le second. Le troisième chapitre comporte la Modélisation hydrodynamique. Le quatrième chapitre s'intitule solutions d'aménagement, dans lequel on parlera des ouvrages maritimes et des aménagements proposés, une étude d'impact a été aussi programmée

The central beach of Sidi Ghiles, which stretches over 1.5 km, has been experiencing a real erosion problem for a few years which is due in particular to natural hazards (forcing swells, climate change) and the establishment of man on this coastline. Thus and in accordance with law 02-2 of February 05, 2002 relating to the coast, this agglomeration was affected by the easement prohibiting construction within 300 m from the sea. But this is unfortunately not respected at the level of its strip littoral.

At the request of the Public Works Department of the wilaya of Tipaza, a study was carried out to develop a protection solution for this beach.

The aim of our study is not only to assess the erosion in this area but also to find suitable development solutions, meeting the criteria required by the DTP and taking into account the characteristics of the municipality of Sidi Ghiles. , which has been known for its cultural and agricultural wealth for decades. Thus, to develop this study, we followed the following work plan; generalities on the town and the study area in the first chapter, the spatiotemporal evolution of the coast in the second. The third chapter includes Hydrodynamic Modeling. The fourth chapter is entitled planning solutions, in which we will talk about maritime structures and proposed developments, an impact study has also been scheduled.

كان الشاطئ المركزي لسيدى غيلز ، الذي يمتد على أكثر من 1.5 كيلومتر ، يعاني من مشكلة تآكل حقيقية منذ بضع سنوات والتي ترجع بشكل خاص إلى المخاطر الطبيعية (تضخم الإجمار ، وتغير المناخ) والاستيطان البشري على هذا الساحل. وعليه ، ووفقاً للقانون رقم 02-2 الصادر في 5 فبراير 2002 المتعلق بالساحل ، فإن هذا التجمع قد تأثر بالارتفاق الذي يحظر البناء على مسافة 300 متر من البحر ، ولكن هذا للأسف لم يتم احترامه على مستوى الشريط الساحلي.

بناءً على طلب إدارة الأشغال العامة بولاية تيبازة ، تم إجراء دراسة لتطوير حل حماية لهذا الشاطئ الهدف من دراستنا ليس فقط تقييم التآكل في هذا مع مراعاة خصائص بلدية سيدى غيلز. الثروة الثقافية DTP المجال ولكن أيضاً لإيجاد حلول إنمائية مناسبة ، وتلبية المعايير المطلوبة من قبل والزراعية لعقود.

وبالتالي ، لتطوير هذه الدراسة ، اتبعنا خطة العمل التالية ؛ العموميات على المدينة ومنطقة الدراسة في الفصل الأول ، التطور الزمني المكاني للساحل في الفصل الثاني. الفصل الثالث يتضمن النمذجة الهيدروديناميكية. الفصل الرابع بعنوان حلول التخطيط وستحدث فيه عن الهياكل البحرية والتطورات المقترحة ، كما تم جدولة دراسة الأثر