

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل

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



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

Spécialité : Aménagement du Littoral

Sujet :

**Etude d'une solution de protection pour la  
plage centre de Sidi Ghiles (Cherchell)**

Présenté par :

- MOUHOUBI Nour el Imène.
- OUABEL Khadidja.

Soutenu le 07/07 /2012 devant le jury suivant :

Mme	BACHARI-HOUMA.F	Maître de conférences A (ENSSMAL)	Présidente
Mr	BELKESSA.R	Maître de conférences A (ENSSMAL)	Promoteur
Mr	AMARLS	Ingénieur chef de projet (LEM)	Co- promoteur
Mme	AMARA.Z	Ingénieur senior (LEM)	Examinatrice
Mr	BACHOUCHE.S	Chercheur permanent (CNRPDA)	Examineur

Promotion : (2012)

## **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.*

*A cet effet, on tient à remercier Madame BACHARI d'avoir acceptée de présider le jury de cette soutenance, ainsi que Madame AMARA et Monsieur BACHOUCHE de nous avoir honorés de leur présence, et d'avoir acceptés d'examiner ce travail et dont les critiques nous serviront sûrement.*

*On voudrait également remercier Monsieur BELKESSA, pour avoir accepté, de diriger et de suivre constamment le progrès de ce travail, par ses suggestions et ses critiques constructives, dont la patience et la sympathie m'ont fait aimer le domaine de l'aménagement.*

*Ainsi que Monsieur AMARI, pour sa présence continue, son aide, ses conseils, ses recommandations et ses réponses à toutes les questions qu'on a pu le lui poser.*

*Nos profondes reconnaissances au personnel de la bibliothèque de l'ENSSMAL, du service de la documentation du LEM, ainsi qu'à toutes les personnes qui nous ont aidés du près ou de loin à la réalisation de ce mémoire de fin d'étude.*

*D'autres remerciements atteignent particulièrement Madame FISSAH et Madame BAKRI ayant contribués chacune à leurs manières pour le bon déroulement de notre formation.*

*On tient à exprimer notre vive gratitude à tous nos enseignants, depuis la première année fondamentale, jusqu'à la cinquième année universitaire. Un grand merci à tous les membres de nos familles pour leur soutien tout au long de cette année, en particulier, nos parents.*

---

# **LISTE DES ABRÉVIATIONS**

---

## Liste d'abréviation

---

<b>ANRH</b>	: Agence Nationale des Ressources Hydrauliques
<b>°C</b>	: Degré Celsius
<b>cm</b>	: Centimètre
<b>DTP</b>	: Direction des Travaux Publics
<b>E</b>	: Est
<b>GIZC</b>	: Gestion Intégrée des Zones Côtières
<b>Ha</b>	: Hectare
<b>Km</b>	: Kilomètre
<b>Lat</b>	: Latitude
<b>LCHF</b>	: Laboratoire Centrale d'Hydraulique Français
<b>LEM</b>	: Laboratoire d'Etudes Maritimes
<b>m</b>	: Mètre
<b>m<sup>3</sup></b>	: Mètre cube
<b>ml</b>	: Mètre linéaire
<b>mm</b>	: Millimètre
<b>m/an</b>	: Mètre par an
<b>m/s</b>	: Mètre par seconde
<b>m/s<sup>2</sup></b>	: Mètre par seconde carrée
<b>m<sup>3</sup>/s</b>	: Mètre cube par seconde
<b>N</b>	: Nord
<b>NW</b>	: Nord-Ouest
<b>ONM</b>	: Office National de la Météorologie
<b>s</b>	: Seconde
<b>SE</b>	: Sud-Est
<b>SSMO</b>	: Summary of Synoptic Meteorological Observations
<b>SW</b>	: Sud-Ouest
<b>T</b>	: Temps
<b>t</b>	: Tonne
<b>ZH</b>	: Zéro Hydrographique

---

# **LISTE DES FIGURES**

---

## Liste des figures

---

<b>Fig N°01 :</b>	Situation géographique du site d'étude (Google Earth, 2009).	2
<b>Fig N°02 :</b>	Carte géologique régionale extraite depuis la carte géologique d'Algérie (2 <sup>ème</sup> édition, 1987).	5
<b>Fig N°03 :</b>	Evolution mensuelle du débit liquide de l'Oued el Ghobrini (ANRH, 2011).	6
<b>Fig N°04 :</b>	Précipitations annuelles en mm (ANRH, 1994-2004).	7
<b>Fig N°05 :</b>	Diagramme ombrothermique de la commune de Sidi Ghiles (ANRH-ONM, 1994-2005).	8
<b>Fig N°06 :</b>	La rose des vents annuelle de Ténès (ONM, 1995-2004).	9
<b>Fig N°07 :</b>	Evolution du trait de côte entre 1960 et 2009 (Mouhoubi et Ouabel, 2012).	10
<b>Fig N°08 :</b>	Choix des directions défavorables au site d'étude (Google Earth, 2009).	18
<b>Fig N°09 :</b>	Localisation des stations de prélèvements (Google Earth, 2009).	21
<b>Fig N°10 :</b>	La carte bathymétrique en 2D de Sidi Ghiles (Mouhoubi et Ouabel, 2012).	25
<b>Fig N°11 :</b>	La carte bathymétrique en 3D de Sidi Ghiles « MNT » (Mouhoubi et Ouabel, 2012).	26
<b>Fig N°12 :</b>	La carte bathymétrique et le tracé des profils dans la zone d'étude (Mouhoubi et Ouabel, 2012).	27
<b>Fig N°13 :</b>	Résultats de la réfraction pour le N360° T=12.17s (Mouhoubi et Ouabel, 2012).	30
<b>Fig N°14 :</b>	Résultats de la réfraction pour le N45° T=11.8s (Mouhoubi et Ouabel, 2012).	31
<b>Fig N°15 :</b>	Résultats de la réfraction pour le N315° T=11.60s (Mouhoubi et Ouabel, 2012).	32
<b>Fig N°16 :</b>	Profil de la plage Centre de Sidi Ghiles (Mouhoubi et Ouabel, 2012).	35
<b>Fig N°17 :</b>	Schéma probable de l'hydrodynamisme dans la zone d'étude (Mouhoubi et Ouabel, 2012).	39
<b>Fig N°18 :</b>	Carte de la répartition spatiale de la médiane granulométrique Site de Cherchell et Sidi Ghiles d'après la carte sédimentaire de la Wilaya de Tipasa (LEM, 2004).	40
<b>Fig N°19 :</b>	Schématisation de l'action des brise-lames (Caminade, 1995).	41
<b>Fig N°20 :</b>	Implantation des brise-lames immergés (Mouhoubi et Ouabel, 2012).	47
<b>Fig N°21 :</b>	Profil de la partie courante des brise-lames immergés (Mouhoubi et Ouabel, 2012).	48
<b>Fig N°22 :</b>	Profil du musoir des brise-lames immergés (Mouhoubi et Ouabel, 2012).	48
<b>Fig N°23 :</b>	Emplacement de l'apport (Mouhoubi et Ouabel, 2012).	50
<b>Fig N°24 :</b>	Profil-type de l'apport artificiel (Mouhoubi et Ouabel, 2012).	50
<b>Fig N°25 :</b>	Emplacement des brise-lames en géotubes (Mouhoubi et Ouabel, 2012).	53
<b>Fig N°26 :</b>	Profil N°1 du brise-lame (Mouhoubi et Ouabel, 2012).	54
<b>Fig N°27 :</b>	Profil N°2 du brise-lame (Mouhoubi et Ouabel, 2012).	54
<b>Fig N°28 :</b>	Implantation de l'épi en arc et de l'apport artificiel (Mouhoubi et Ouabel, 2012).	57
<b>Fig N°29 :</b>	Profil de la partie courante de l'épi en arc (Mouhoubi et Ouabel, 2012).	58
<b>Fig N°30 :</b>	Profil du musoir et du coude de l'épi en arc (Mouhoubi et Ouabel, 2012).	58
<b>Fig N°31 :</b>	Principe de fonctionnement du système Ecoplage (Ecoplage ®, 2012).	59
<b>Fig N°32 :</b>	Schématisation de la mise en œuvre du système Ecoplage (Ecoplage ®, 2012).	60
<b>Fig N°33 :</b>	Pressions naturelles et anthropiques dans Sidi Ghiles et les communes adjacentes (Mouhoubi et Ouabel, 2012).	65

---

# **LISTE DES PHOTOS**

---

## Liste des photos

---

<b>Photo N°01 :</b>	Une décharge immense située à l'avant plage du site d'étude.	35
<b>Photo N°02 :</b>	Un mélange de galets terrigène et lacustre.	35
<b>Photo N°03 :</b>	Des galets mélangés à des gravillons.	35
<b>Photo N°04 :</b>	Cordon de galets dans l'avant plage.	36
<b>Photo N°05 :</b>	Vue de profil du site d'étude.	36

---

# **LISTE DES TABLEAUX**

---

## Liste des tableaux

---

<b>Tab N°01 :</b>	Variation des températures maximales, minimales et moyennes durant la période (1995-2004).	8
<b>Tab N°02 :</b>	Répartition annuelle des vents selon la direction et l'intensité.	9
<b>Tab N°03 :</b>	Amplitude équivalente au large par direction et par période.	17
<b>Tab N°04 :</b>	Récapitulatif du coefficient de réfraction $K_r$ par période et par profondeur pour le secteur N360°.	28
<b>Tab N°05 :</b>	Récapitulatif du coefficient de réfraction $K_r$ par période et par profondeur pour le secteur N45°.	29
<b>Tab N°06 :</b>	Récapitulatif du coefficient de réfraction $K_r$ par période et par profondeur pour le secteur N315°.	29
<b>Tab N°07 :</b>	Résultats des observations morphoscopiques dans la première station.	33
<b>Tab N°08 :</b>	Résultats des observations morphoscopiques dans la deuxième station.	33
<b>Tab N°09 :</b>	Résultats du calcul des fréquences d'observation $f_{ri}$ .	36
<b>Tab N°10 :</b>	Résultats du calcul des moyennes d'apparition $P_n$ .	37
<b>Tab N°11 :</b>	Résultats du calcul de $H_s$ par direction et par période.	37
<b>Tab N°12 :</b>	Résultats du calcul des fréquences d'observation $F\%$ par direction et par période.	37
<b>Tab N°13 :</b>	Résultats du calcul des durées d'action $t$ de la houle par direction et par période.	38
<b>Tab N°14 :</b>	Résultats du calcul du bilan énergétique de la houle par direction et par période.	38
<b>Tab N°15 :</b>	Résultats du calcul des angles $\alpha$ et des fonctions $f(\alpha)$ par direction et par période.	38
<b>Tab N°16 :</b>	Estimation du transit sédimentaire global.	38
<b>Tab N°17 :</b>	Propositions pour la longueur des brise-lames Chapon et <i>al.</i> (1987).	43
<b>Tab N°18 :</b>	Carrières et sablières à prospector pour la protection de Sidi Ghiles (Directeur des carrières d'exploitation, 2011).	50
<b>Tab N°19 :</b>	Détermination des caractéristiques des géotubes implantés (LEM, 2012).	51
<b>Tab N°20 :</b>	Résultats obtenus pour le dimensionnement de la stabilité de carapace (partie musoir de l'épi).	57
<b>Tab N°21 :</b>	Récapitulatif des menaces sur l'écosystème des zones étudiées (Cherchell, Sidi Ghiles, Hadjret el Nouss et Gouraya).	63
<b>Tab N°22 :</b>	Comparaison des variantes proposées.	67

---

# SOMMAIRE

---

# Sommaire

---

<b>Introduction</b> .....	01
---------------------------	----

## Chapitre I : Généralités

<b>I.1. Situation géographique</b> .....	02
I.1.1. La commune de Sidi Ghiles .....	02
I.1.2. Description de la zone d'étude .....	02
I.1.3. Enquête sur site .....	03
<b>I.2. Cadre géomorphologique et géologique</b> .....	03
I.2.1. Cadre géologie régionale .....	03
I.2.2. Cadre géologie locale .....	04
<b>I.3. Données climatiques et hydrographiques</b> .....	06
I.3.1. Cadre hydrographique .....	06
I.3.2. Cadre climatique .....	06
I.3.2.1. Précipitations .....	07
I.3.2.2. Température .....	07
I.3.2.3. Le vent local .....	97
<b>I.4. Evolution du trait de côte</b> .....	10
<b>I.5. La problématique de l'érosion</b> .....	11
I.5.1. Généralités .....	11
I.5.2. Les principales causes de l'érosion .....	11
I.5.2. Les conséquences de l'érosion .....	11

## Chapitre II : Matériels et méthodes

<b>II.1. Etude bathymétrique</b> .....	13
II.1.1. travaux sur terrain .....	13
II.1.1.1. Moyens .....	13
II.1.1.1.1. Moyens humains .....	13
II.1.1.1.2. Moyens matériels .....	13
II.1.1.3. Rattachement des levés .....	14
II.1.1.2. Mode opératoire .....	14
II.1.1.2.1. Mesure des sondes .....	14
II.1.1.2.2. Positionnement des sondes .....	14
II.1.2. Traitement des observations .....	14
II.1.2.1. Transfert .....	14
II.1.2.2. Calcul des points du semis et sortie du plan bathymétrique .....	15
II.1.2.3. Report des levés .....	15
II.1.2.4. Exploitation des données obtenues .....	15
II.1.3. Description du logiciel .....	15
II.1.3.1. Manipulation sur Surfer .....	15
<b>II.2. Etude de la réfraction de la houle</b> .....	16
II.2.1. Principe .....	16

## Sommaire

---

II.2.2. Données d'entrées .....	16
II.2.2.1. Les données bathymétriques .....	17
II.2.2.2. Les données de houle au large .....	17
II.2.2.3. Choix des directions .....	17
II.2.3. Modélisation de la réfraction .....	18
II.2.3.1. Modélisation numérique par SWAN .....	18
II.2.3.1.1. Définition .....	18
II.2.3.1.2. Description des logiciels et outils utilisés .....	18
II.2.3.1.3. Etapes de la modélisation .....	19
<b>II.3. Etude de la morphologie de la plage</b> .....	<b>20</b>
II.3.1. Méthode de travail sur terrain .....	20
II.3.1.1. Matériels utilisés .....	20
II.3.1.2. Travaux effectués .....	20
II.3.2. Méthode de travail au laboratoire .....	20
II.3.2.1. Matériels utilisés .....	20
II.3.2.2. Travaux effectués .....	20
II.3.2.2.1. La morphoscopie .....	20
II.3.2.2.2. But .....	21
II.3.2.2.3. Procédure .....	21
<b>II.4. Transit littoral</b> .....	<b>22</b>
II.4.1. Estimation du transit littoral .....	22
<b>II.5. Etude sédimentaire</b> .....	<b>24</b>

## Chapitre III : Résultats et discussion

<b>III.1. Etude bathymétrique</b> .....	<b>25</b>
III.1.1. La morphologie sous-marine .....	25
III.1.2. Les profils .....	26
<b>III.2. Etude de la réfraction</b> .....	<b>28</b>
III.2.1. Résultats de la réfraction .....	28
III.2.2. Interprétation des résultats .....	33
<b>III.3. Morphologie de la plage</b> .....	<b>33</b>
III.3.1. La morphoscopie .....	33
III.3.1.1. Les résultats des observations .....	33
III.3.1.2. L'interprétation des résultats .....	34
III.3.2. Observation sur le terrain .....	34
<b>III.4. Transit littoral</b> .....	<b>36</b>
III.4.1. Estimation du transport sédimentaire .....	36
III.4.2. Résultats des calculs effectués .....	36
<b>III.5. Etude sédimentaire</b> .....	<b>39</b>

## Chapitre IV : Solutions d'aménagement

<b>IV.1. Nécessité d'une étude d'aménagement</b> .....	41
<b>IV.2. Les ouvrages de protection envisageables</b> .....	41
<b>IV.2.1. Variante n°1</b> .....	41
IV.2.1.1. Brise-lames immergés en enrochement .....	41
IV.2.1.1.1. Principe .....	41
IV.2.1.1.2. Paramètres d'implantation .....	42
IV.2.1.1.3. Paramètres structuraux (stabilité de l'ouvrage) .....	44
IV.2.1.1.4. Les impacts d'un brise-lames .....	49
IV.2.1.2. Apport artificiel .....	49
IV.2.1.2.1. Principe et provenance .....	49
IV.2.1.2.2. Procédés et mise en place des sédiments .....	49
<b>IV.2.2. Variante n°2</b> .....	51
IV.2.2.1. Brise-lames immergés en géotubes .....	51
IV.2.2.1.1. Paramètres d'implantation .....	51
IV.2.2.1.2. Paramètres de stabilité .....	52
IV.2.2.2. Impacts des géotubes .....	53
<b>IV.2.3. Variante n°3</b> .....	54
IV.2.3.1. Épi en arc .....	54
IV.2.3.1.1. Principe .....	54
IV.2.3.1.2. Paramètres d'implantation .....	55
IV.2.3.1.3. Paramètres structuraux .....	55
IV.2.3.2. Impacts des épis .....	58
<b>IV.2.4. Variante n°4</b> .....	58
IV.2.4.1. Définition et principe .....	58
IV.2.4.2. Mis en œuvre .....	59
IV.2.4.3. Applicabilité au site d'étude .....	60
IV.2.4.4. Impacts du système Ecoplage .....	60
<b>IV.2.5. Conclusion générale</b> .....	60

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

<b>V.1. Gestion Intégrée des Zones Côtières (GIZC)</b> .....	62
<b>V.2. L'élaboration du bilan des atteintes aux milieux</b> .....	62
<b>Conclusion</b> .....	66
<b>Bibliographie</b>	
<b>Annexes</b>	

---

# INTRODUCTION

---

## Introduction

Le littoral est un espace de rencontre entre la terre, la mer et l'atmosphère. Ce lieu de convergence est de compétition entre de nombreuses activités humaines, quelquefois concurrentes (industrie, agriculture, transport, tourisme), constitue aussi un patrimoine biologique et paysager de première importance où les équilibres écologiques sont sans cesse fragilisés par les aléas naturels mais également par l'Homme.

C'est un territoire à la fois complexe et fragile, limité spatialement par les communes riveraines des mers côté terre, et par le plateau continental côté mer. Son exploitation est donc très large et les pressions induites sur cet écosystème le rend de plus en plus vulnérable et exige une attention particulière.

Le recul du trait de côte n'est pas un phénomène récent mais son ampleur s'est accrue au cours des dernières décennies. Ce recul est notamment dû à l'érosion marine qui peut prendre plusieurs formes et qui se généralise actuellement sur la plupart des rivages maritimes algériens : les causes sont diverses et font généralement appel à la conjonction de facteurs naturels et humains. Ses conséquences sont souvent difficiles à observer dans les conditions dynamiques les plus habituelles, mais les tempêtes, en accélérant les processus érosifs de manière spectaculaire et en mettant en péril des espaces urbanisés ou naturels, viennent régulièrement nous rappeler la fragilité de l'espace littoral.

La plage centre de Sidi Ghiles qui s'étend sur 1,5 de km, connaît 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 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 l'aménagement ou 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.

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, les méthodes suivies et les matériaux utilisés pour les différentes études (modélisation numérique et physique, sédimentologie, bathymétrie et le transit littoral) dans le second, le troisième chapitre comporte l'interprétation des résultats obtenus dans le deuxième chapitre. 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. Le cinquième concernera la mise en place d'une Gestion Intégrée des Zone Côtières « GIZC » pour la wilaya de Tipaza.

---

# **CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉS SUR LE SITE D'ÉTUDE**

---

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

### I.1. Situation géographique

#### I.1.1 La commune de Sidi Ghiles

Sidi Ghiles (anciennement appelée Novi pendant la colonisation française), est une commune de la wilaya de Tipaza, fondée par le décret du 19 Septembre 1848 créant 42 colonies agricoles en Algérie.

Elle s'étend sur une superficie de 3715 Ha dans la partie Ouest de Tipaza. Elle est située à une distance d'environ 130 km d'Alger, de 7,5 km de Cherchell et de 30 km de Tipaza. Cette partie du littoral Cherchellois est, en effet, délimitée à l'Est par la commune de Cherchell, à l'Ouest par la commune de Hadjret Ennous, au Sud par la commune de Sidi Semiane et au Nord par la mer Méditerranéenne. Elle s'allonge sur une côte de 1,5 Km dont le rivage est orienté Sud Est-Nord Ouest, et ses coordonnées Lambert sont :

- Longitude Est  $2^{\circ} 07'39.36''$  et  $2^{\circ} 06'47.52''$ .
- Latitude Nord  $36^{\circ} 35'12.44''$  et  $36^{\circ}35'5.22''$ .

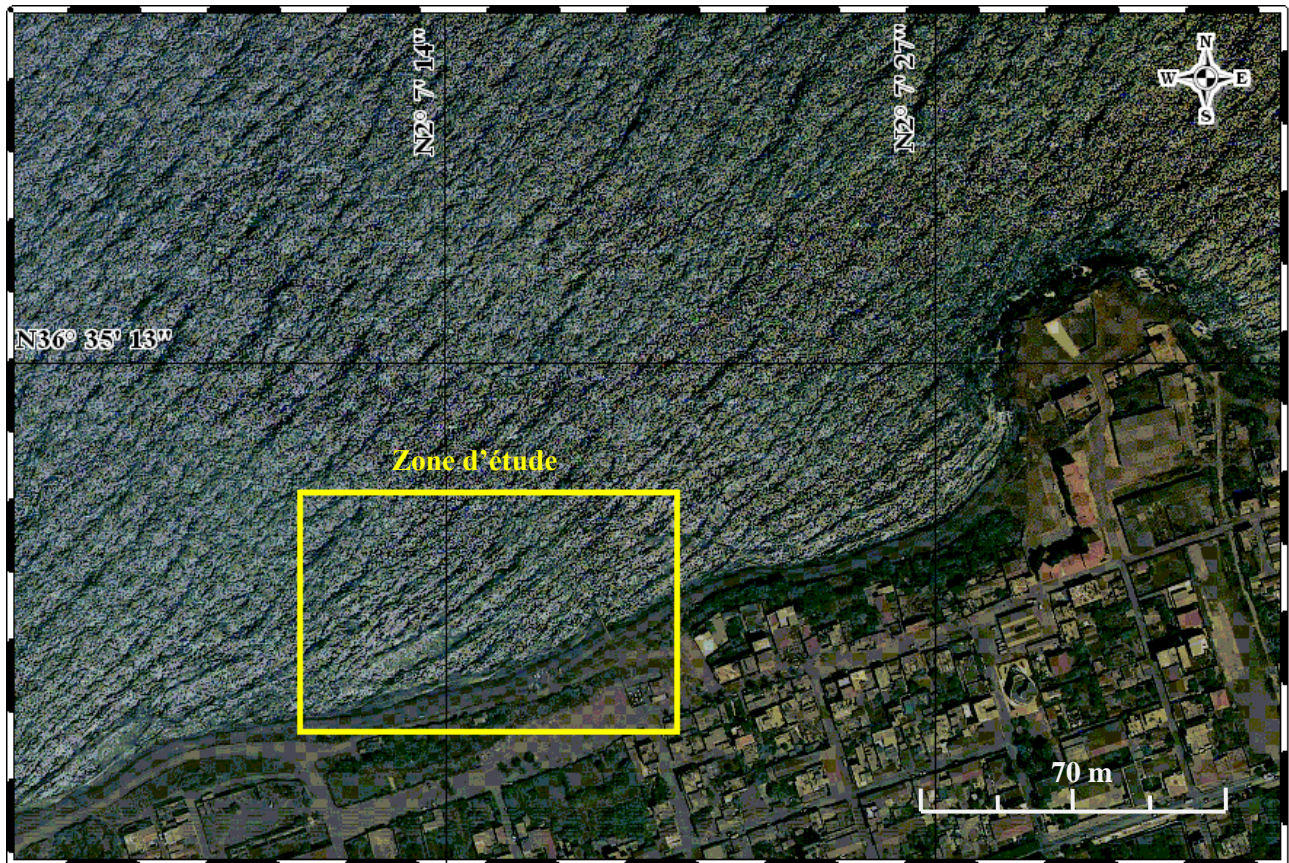


Fig N°01 : Situation géographique du site d'étude (Google Earth 2009).

#### I.1.2. Description de la zone d'étude

La plage centre de Sidi Ghiles représente notre zone d'étude, qui connaît actuellement une érosion très importante, c'est une bande littorale d'un linéaire de 300 m. Les habitants de cette commune sont très simples et modestes, ils vivent essentiellement des revenus de l'agriculture et de l'artisanat, ainsi que des quelques commerces traditionnels, ou aussi de la location d'une partie de leur maison pour les estivants en été. Ces caractères sont à prendre en considération surtout lors de la proposition des variantes, pour ne pas

perturber les coutumes de la zone et de lui booster pour lancer la culture du tourisme avec des espaces bien aménagés pouvant même constituer une source de divertissement et de détente pour les enfants de Sidi Ghiles.

### **I.1.3. Enquête sur site**

Après avoir effectué trois visites sur notre site (Avril et Mai 2012) et en interrogeant trois habitants natifs de la commune, âgées respectivement entre 50 et 80 ans, on constate que la zone à protéger est caractérisée par la présence d'un rejet principal, existant depuis l'ère coloniale, il constitue un collecteur principal des eaux usées et des eaux de pluies de toute la région et déverse vers la mer. Ce dernier a engendré une qualité inappropriée des eaux de cette plage ce qui fait que la baignade y est interdite depuis plus d'un siècle. Aussi, la largeur de la plage est frappante, elle ne dépasse guère les dizaines de mètres.

## **I.2. Cadre géomorphologique et géologique**

### **I.2.1. Cadre géologie régionale**

La diversité des formes morphologiques, le long des côtes algériennes rappelle la richesse des formes et des formations côtières qui caractérisent les milieux littoraux. Les 1200 km de côtes sont en grande partie constitués par des reliefs rocheux, de plus ou moins forte dénivellation par rapport au niveau marin. Dans ce linéaire caractérisé, comme partout ailleurs, par la jeunesse de son relief s'insèrent des formes de côtes basses d'accumulation, comme les plages et les dunes, qui constituent un enrichissement avéré de notre patrimoine côtier (Grimes, 2004).

La commune de Sidi Ghiles est située dans la Wilaya de Tipaza, elle est comprise dans le secteur centre. Sachant que Sidi Ghiles est localisée entre la baie de Bou-Ismaïl à l'Est et Cap Ténès à l'Ouest, on va développer les grands traits morphologiques et géomorphologiques de toute cette zone :

- De Sidi Fredj vers le mont Chenoua (baie de Bou-Ismaïl), se rencontre une succession de plages (de part et d'autre des rives du Mazafran). A partir de Douaouda-Marine, c'est le début des zones rocheuses à falaises plus ou moins abruptes, taillées dans des grés quaternaires assez friables et sensibles à l'érosion chimique de l'eau de mer (création de lapies) ; toute la zone comprise entre Fouka-Marine et Tipaza est essentiellement composée :
  - De ravins très rapprochés, profondément encastrés et parallèles, taillés dans des grés quaternaires et se jetant à la mer (ravin des Voleurs à Berard) ;
  - De petites critiques et d'anses successives taillées dans des grés à fonds sableux sur lesquels reposent des posidonies ;
  - D'une plage dans la baie du Chenoua (complexe touristique de Tipaza) dont les sédiments proviennent en partie de l'Oued Nador ; le reste est le résultat de l'érosion des gros blocs affaîssés (Corne d'or et secteur des ruines romaines)
- Le secteur compris entre le mont Chenoua et la ville de Cherchell est formé de falaises et de zones rocheuses. Des grèves et des plages à sédiment gris foncé apparaissent à certains endroits (la plage bleue). Ces sédiments sont fournis par l'érosion des roches schisteuses du Dévonien. Le secteur de l'Oued Mousselmoun (à l'Ouest de Cherchell) termine cette succession de falaises (niveau de Sidi Ghiles) ;
- A partir de la rive Ouest de l'Oued jusqu'au Cap de Ténès, c'est le domaine de très hautes falaises atteignant parfois 300 m de dénivelé et plongeant à des profondeurs importantes. C'est le secteur en Algérie où le talus continental est très réduit et où l'isobathe des 50 m se rapproche très près de la côte. Ces falaises sont taillées dans des roches dures volcaniques ou sédimentaires.

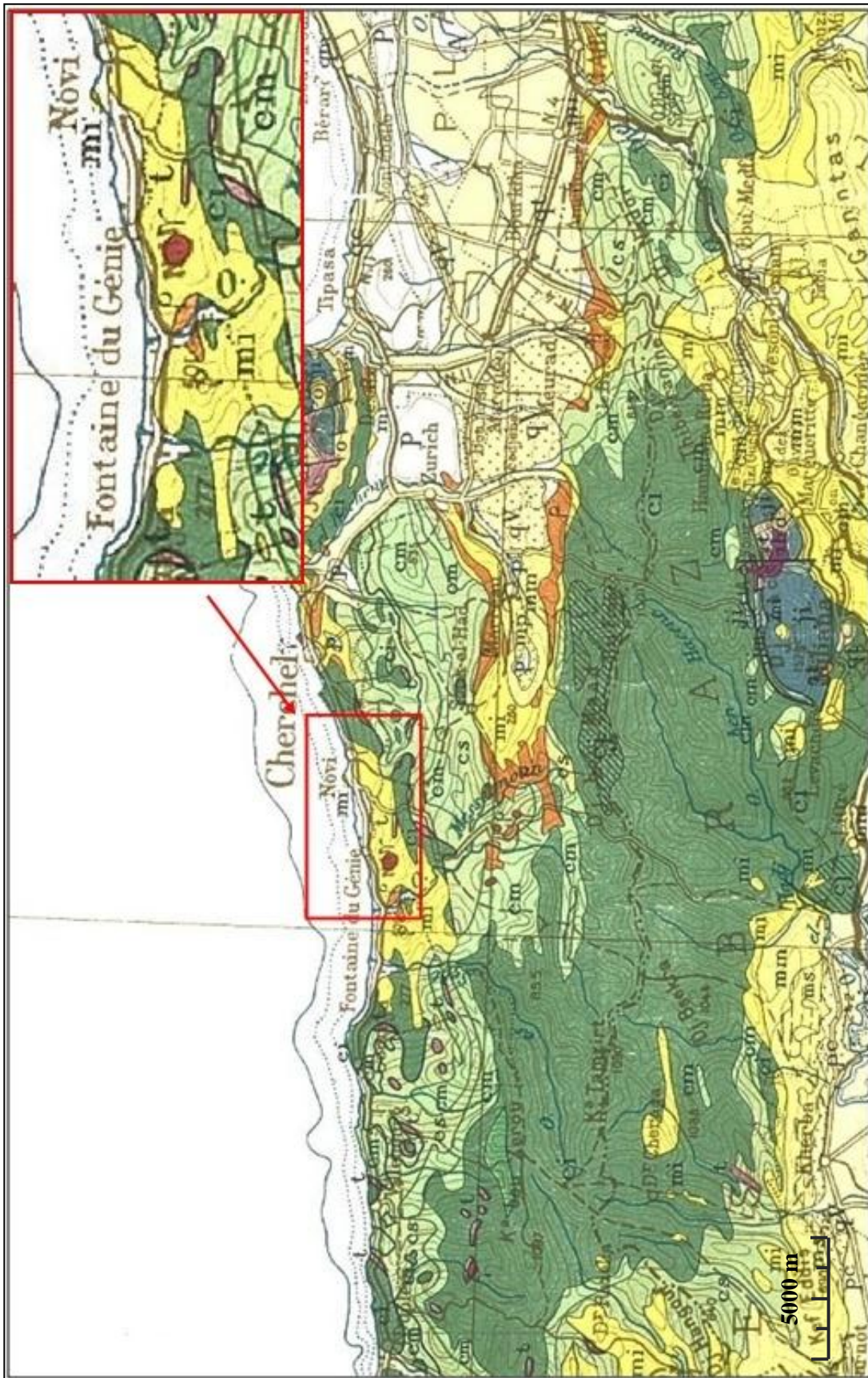
### **I.2.2. Cadre géologie locale**

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 une largeur de 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.

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 (Fig N°02).

A l'Ouest, les dépôts actuels (récents) sont constitués essentiellement de calcaire, grès et argile 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.



**Fig N°02** : Carte géologique régionale extraite depuis la carte géologique d'Algérie (2<sup>ème</sup> édition, 1987).  
Echelle 1/500 000.

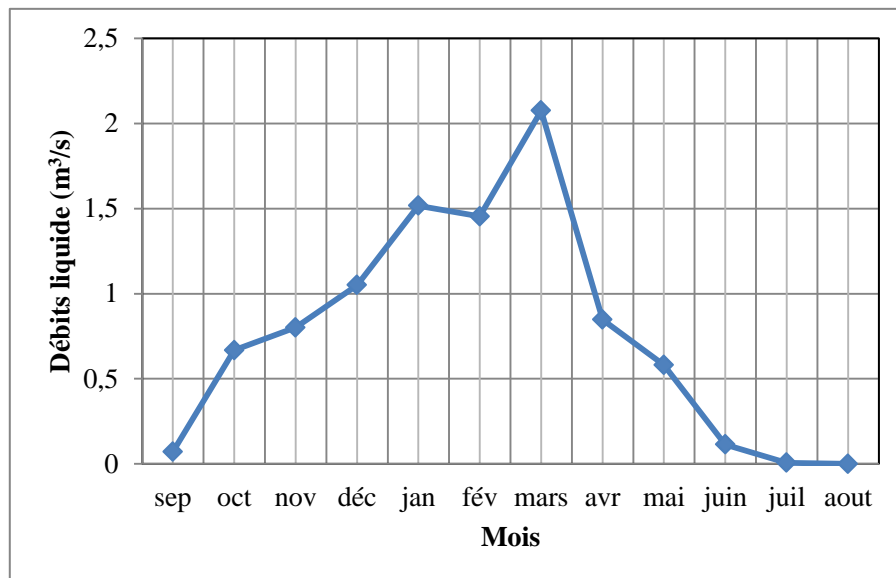
### I.3. Données climatiques et hydrographiques

#### I.3.1. Cadre hydrographique

L'origine des sédiments marins est en grande partie terrigène. Les oueds alimentent le plateau continental en sédiments sont ensuite répartis par les courants marins, pour notre site d'étude, on a choisis d'étudier l'oued Ghobrini pour des raisons de localisation (proche de Sidi Ghiles).

Avant d'entamer les études sur la répartition de ces sédiments, il est nécessaire de connaître la nature de ce oued (topographie, débit liquide et solide...) et son climat qui est la cause de l'ablation et transport des matériaux de l'amont vers l'aval jusqu'à la mer.

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.



**Fig N°03 :** Evolution mensuelle du débit liquide de l'Oued el Ghobrini (ANRH, 2011)

#### I.3.2. Cadre climatique

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

Sidi Ghiles se situe sur le 36<sup>ème</sup> parallèle Nord et appartient au domaine méditerranéen sub-humide. Les précipitations y sont encore assez élevées sans créer une humidité comparable à celle du domaine humide. Cette légère tendance à la sécheresse suffit à déterminer des changements dans la couverture pédologique et végétale.

Les données de climat local sont fournies par O.N.M : Observations allant de 1995 jusqu'à 2005 (annexe 1).

Station : Ténès

Altitude : 17 m - Latitude : 36°30 N - Longitude : 01°20 E

Pour les données au large, elles sont fournies par U.S Naval Weather Command pour la période de 1963 à 1970.

### I.3.2.1. Précipitations

En raison de la présence de la mer, les climats côtiers, souvent humides, modifient localement les modalités de l'hydrologie continentale superficielle et profonde. Ainsi, les processus d'érosion dont l'intervention dépend de l'eau trouvent des conditions favorables.

La station pluviométrique de Sidi Ghiles nous a permis d'obtenir des données de précipitations mensuelles et annuelles cumulées durant la période de 1933-2009. Les moyennes de précipitations cumulées en (mm) par mois et ceci pendant toute la durée de 1994-2005 sont portés dans l'annexe.

Ces données de pluviométrie ont été représentées dans le diagramme suivant (Fig N°04) :

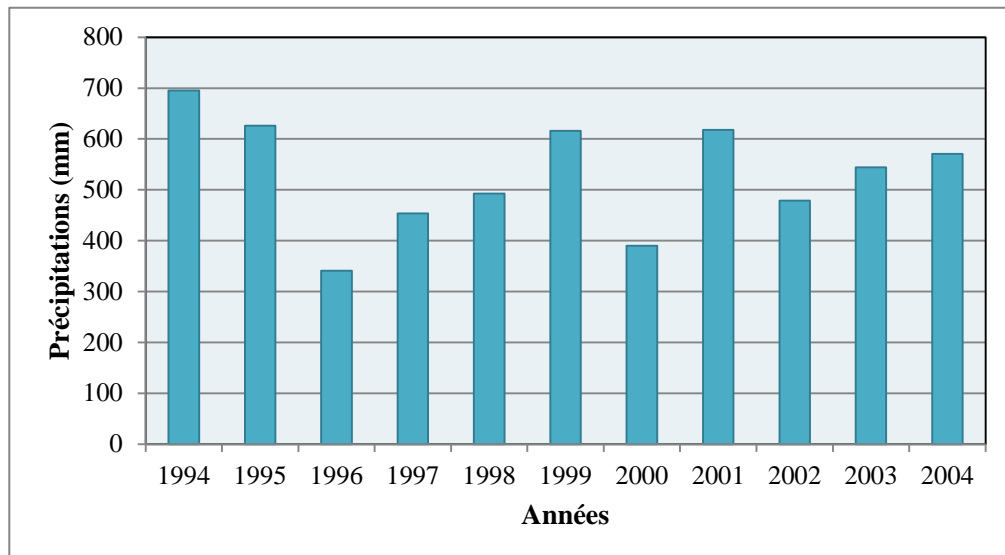


Fig N°04 : Précipitations annuelles en mm (ANRH, 1994-2004).

Dans notre zone d'étude, les précipitations, de 2 à 45 mm, 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.

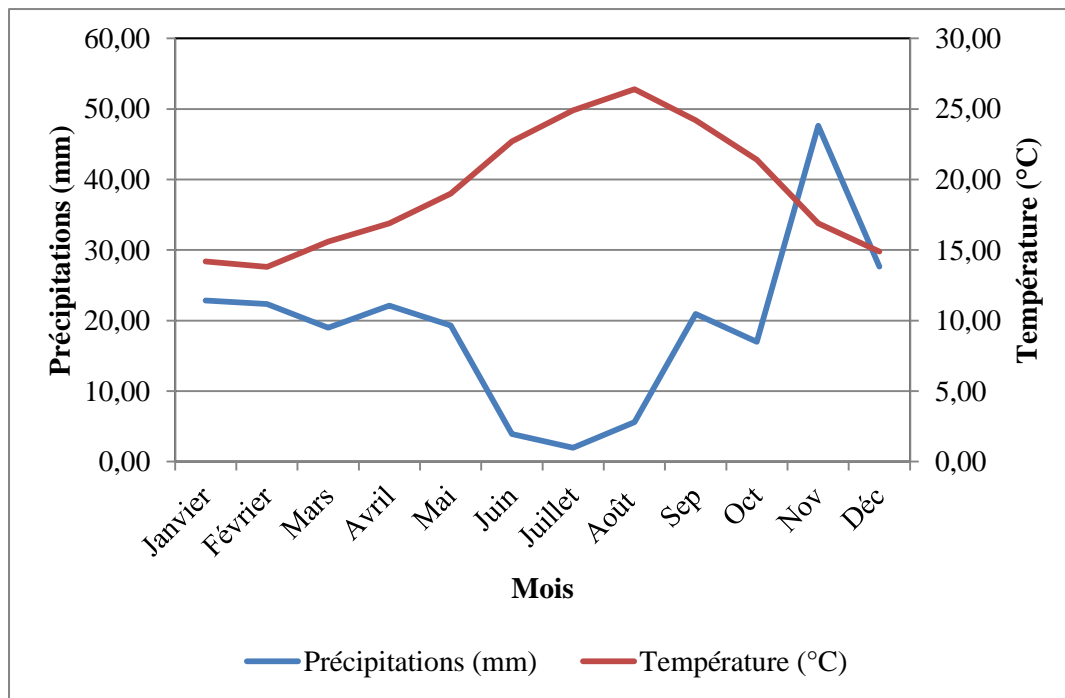
### I.3.2.2. Températures

L'inertie thermique de la mer atténue les contrastes thermiques quotidiens ou saisonniers, ainsi un traitement des données concernant les températures est nécessaire. Les données de températures ne sont pas enregistrées au niveau de la station précédente, alors on a utilisé ceux de la région de Ténès vu qu'elle est la plus adéquate, le tableau suivant (Tab N°01) représente les températures moyennes annuelles maximales et minimales en (°C) :

**Tab N°01** : Variation des températures maximales, minimales et moyennes (ANRH, 1995-2004)

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
T°MAX	22	21,9	22,5	22,3	22,6	22,7	23,1	22,8	23,5	23,1
T°MIN	15	15,4	16,6	15,9	16,1	15,8	16,5	15,8	16,5	15,8
Températures moyennes	17	18,6	19,5	19,1	19,4	19,3	19,8	19,3	20	19,5

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 Fig N°05 :

**Fig N°05** : Diagramme ombrothermique de la commune de Sidi Ghiles durant la durée (ANRH-ONM, 1995-2004)

On distingue deux périodes : une période sèche et une période chaude s'étalant du mois de Janvier jusqu'à la fin Octobre, avec des températures variant 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.

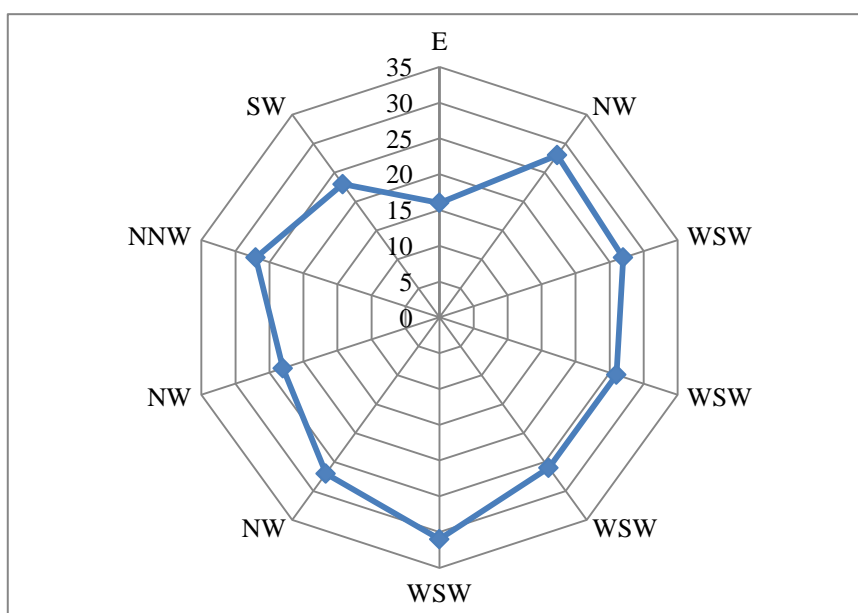
### I.3.2.3. Le vent local :

L'action du vent sur la surface de l'eau génère les vagues; sur la plage il déplace les particules pour les déposer ailleurs. Les mesures effectuées par la station de Ténès, une fois traitées nous donnent le tableau suivant (voir Tab N°02) :

**Tab N°02** : Répartition annuelle des vents selon la direction et l'intensité (ONM, 1995-2004)

Années :	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Direction :	N90	N300	N260	N260	N260	N260	N300	N300	N340	N140
Intensité (m/s)	16	28	27	26	26	31	27	23	27	23

Ces résultats portés sur un diagramme sont représentés dans le diagramme suivant (voir Fig N°06) :



**Fig N°06** : Rose des vents annuelle de Ténès (ONM, 1995-2004).

On remarque que les vents les plus dominants sont de direction Ouest-Sud-Ouest et Nord-Ouest (WSW = N260° et NW = N300°) avec des intensités dépassant les 30 m/s surtout en l'an 2000, en 2004 les vents Sud-Est sont apparents avec une vitesse de 23 m/s.

#### I.4. Evolution du trait de côte

En utilisant deux photos aériennes des années 1960 et 1980, ainsi qu'une image satellitaire de Google Earth 2012, on constate clairement que le rivage de Sidi Ghiles a reculé d'une manière surprenante (Fig N°07). En effet, après la superposition des traits de côte digitalisés à partir de ces images ceci en utilisant Mapinfo, cinq transects sont choisis pour estimer le recul annuel moyen :

- Transect A : une érosion de 18,40 m sur une durée de 49 ans ce qui fait 0,37 m/an
- Transect B : une érosion de 36,80 m sur 49 ans ce qui nous fait 0,75 m/an
- Transect C : une érosion de 14,72 m sur une durée de 49 ans ce qui fait 0,30 m/an
- Transect D : une érosion de 27,60 m sur une durée de 49 ans ce qui fait 0,56 m/an
- Transect E : une érosion de 27,60 m sur une durée de 49 ans ce qui fait 0,56 m/an

Les zones les plus érodées se situent au niveau des transects : B, D et E ; notre zone d'étude est incluse dans ce domaine

La vitesse moyenne du recul est de l'ordre de 0,51 m/an donc une largeur de régression de la plage de l'ordre de 25 m; ce qui est très significatif et c'est ce qui rend une étude de protection nécessaire dans la commune de Sidi Ghiles. De plus, selon les habitants, l'érosion a été particulièrement ressentie ces trois dernières années (2009-2012), en effet, ils l'ont estimée à 3 m ce qui fait 1 m/an.



**Fig N°07 :** Evolution du trait de côte entre 1960 et 2009 (Mouhoubi et Ouabel, 2012)

## **I.5. La problématique de l'érosion**

### **I.5.1. Généralités**

La formation d'une plage résulte principalement de l'apport des sédiments détritiques transportés par les cours d'eau ou produits par l'érosion marine des côtes rocheuses. L'équilibre entre le dépôt de sédiments et leurs redistributions par les courants côtiers détermine la stabilité d'une plage, tandis que le déséquilibre en faveur de l'un de ces deux facteurs entraîne respectivement l'engraissement ou l'érosion d'un littoral.

Tout littoral peut être partagé en plusieurs unités, généralement délimitées par deux promontoires, deux fleuves ou deux obstacles artificiels à l'intérieur desquels se produit une redistribution de sédiments, échange avec l'extérieur ; on parle d'unités physiographiques.

### **I.5.2. Les principales causes de l'érosion**

La dynamique des plages reste principalement sous l'influence de paramètres naturels tels que la houle, les courants, les vagues, la marée, le vent, l'érosion des sols, l'augmentation du niveau de la mer (estimée à 30 cm pour le siècle passé et qui pourrait atteindre le mètre pour le siècle à venir). Pourtant de nos jours, les activités de l'homme ont fortement modifié la dynamique du littoral et tendent à supplanter les causes naturelles :

- La réduction des apports solides des cours d'eau qui débouchent en mer, causée par la domestication des cours d'eau par la construction des barrages destinés à la production d'énergie et à l'irrigation et l'extraction de matériaux des lits des rivières, à des fins de commercialisation dans le bâtiment.
- L'urbanisation du littoral sous forme de constructions telles que les murs de protection, stations balnéaires, immeubles et voies de communication.
- La construction d'ouvrages portuaires qui induit souvent un barrage au transport des sédiments le long de la côte, peut entraîner de graves déficits sédimentaires sur les plages situées en aval de l'ouvrage par rapport au sens de la dérive littorale.
- La mauvaise conception des ouvrages de défense responsables des modifications dans le transport côtier. Ces interventions, si elles parviennent parfois à résoudre localement le problème, finissent souvent par le déplacer sur les plages adjacentes.
- La dégradation des herbiers de phanérogames marines (Posidonies et Cymodocées), capables de freiner l'érosion de la côte, par leurs fonctions stabilisatrices des fonds et dissipatrice de l'énergie de la houle. Ce phénomène est dû à la pollution, à la turbidité de l'eau, à la pêche au chalut et aux mouillages sauvages.
- La sur-fréquentation sur certaines plages détériore essentiellement les massifs dunaires.
- L'extraction de réserves souterraines en eau douce destinées à la consommation humaine risque d'entraîner une subsidence et donc la remontée d'eau de mer dans la nappe phréatique et ce de façon irréversible.

### **I.5.2. Les conséquences de l'érosion**

Il faut souligner que l'évolution naturelle d'une plage, qui n'est soumise à aucune contrainte d'aménagement, reste le moyen de défense le plus efficace, mais la forte anthropisation de la bande littorale a rendu nécessaire la lutte contre le phénomène érosif pour protéger les infrastructures construites à proximité des rivages. On a désormais pris l'habitude de structurer les plages par des ouvrages de défense et de les recharger en matériaux.

Toutefois, lors de conditions météorologiques particulières, qui se manifestent selon des rythmes saisonniers ou journaliers, un tel littoral peut évoluer comme suit :

- les plages disparaissent ;
- les routes littorales, les chemins de fer et les autres infrastructures jouxtant la côte subissent des dégâts importants.
- les habitations trop souvent construites en bord de mer, sont sujettes à une dégradation intense.
- la base des falaises est soumise à l'érosion, avec la possibilité d'éboulements et de chutes.

---

# CHAPITRE II :

# MATÉRIELS ET MÉTHODES

---

## Chapitre II : Matériels et méthodes

Ce chapitre rassemble les différentes études effectuées et recueillies sur Sidi Ghiles, pour définir par la suite la nature des solutions qu'on va proposer en fonction des résultats obtenus.

A savoir ceux élaborées par le Laboratoire d'Etudes Maritimes (LEM), ceux effectuées par nous même en utilisant les résultats des investigations sur terrain du LEM. Il comporte les cinq études suivantes :

- La morphoscopie.
- La géomorphologie.
- La réfraction de la houle.
- L'estimation du transit sédimentaire.
- L'étude sédimentaire.

Dans chaque étude, la méthode et le matériel (outils informatiques ou support physique) sont décrites, ainsi que la manière d'exploitation et de traitement des données obtenues

### II.1. Etude bathymétrique

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

Conformément au marché d'étude le département reconnaissance sur site du LEM a effectué un levé bathymétrique du site. La délimitation de la zone à lever a été faite antérieurement lors d'une visite du Chef de projet accompagné du sous-directeur des infrastructures maritimes de la wilaya de Tipaza.

L'analyse bathymétrique sur la base des cartes établies à partir des points de sondes relevés sur terrain (résultats de la campagne bathymétrique) ainsi que l'analyse de quelques profils rendant compte de la morphologie sous-marine sont développées ci-après.

#### II.1.1. Travaux sur terrain

Les travaux ont consisté en un levé bathymétrique de la zone d'étude, exécutés suivant des profils parallèles réalisés avec un maillage de 500 × 1000 mètres et ceci sur 3974 stations dans le cadre de l'élaboration de la carte sédimentaire de la wilaya de Tipaza. Ce levé bathymétrique servira entre autre de bathymétrie d'approche entre 0 et -20 m à l'étude de réfraction.

##### II.1.1.1. Moyens

###### II.1.1.1.1. Moyens humains

- 01 chef de mission
- 01 ingénieur topographe
- 02 plongeurs
- 01 marinier
- 01 chauffeur

###### II.1.1.1.2. Moyens matériels

- 01 station totale LEICA
- 01 échosondeur
- 01 embarcation pneumatique

- 01 moteur hors-bord de 25 chevaux
- 01 système de communication radio (talkies-walkies)
- 01 lance avec flexible
- 02 lots complets de matériel de plongée
- 03 bouteilles de plongée
- 01 micro-ordinateur portable
- 01 véhicule utilitaire

### **II.1.1.3. Rattachement des levées**

- Altimétrie et planimétrie : Les côtes des levées sont rattachées en altimétrie au zéro hydrographique (ZH). Un canevas de points de polygonisation a été afin de définir un système local de coordonnées devant servir de base aux levées à réaliser.

### **II.1.1.2. Mode opératoire**

#### **II.1.1.2.1. Mesure des sondes**

Les sondes (profondeurs d'eau) sont mesurées d'une manière continue par un échosondeur de haute précision installé sur un rapport nautique (embarcation pneumatique). La précision est de l'ordre de 0,5 % de la profondeur indiquée.

Les profondeurs sont obtenues sur papier graphique de l'échosondeur. Les tops qui sont donnés par la station à terre et marqués à intervalles réguliers sur le papier graphique et digitalisés sur l'écran, serviront de base au dépouillement des écho-grammes de l'échosondeur. Avant chaque intervention, l'appareil est étalonné à l'aide d'un réflecteur placé sous le transducteur de l'échosondeur à différentes profondeurs connues. Cet étalonnage est renouvelé deux fois au cours de la journée et lors de brusques variations des conditions météorologiques.

#### **II.1.1.2.2. Positionnement des sondes**

La position spatiale de l'embarcation est déterminée en continu et en temps par la station totale « LEICA » installée sur des points connus en coordonnées (stations de polygonisation). Les réflecteurs embarqués sur le support nautique sont installés le plus près possible du transducteur pour permettre une meilleure précision de positionnement des sondes. La précision du positionnement donnée par la station totale est de l'ordre de trois centimètres.

La station à terre et l'embarcation sont en communication permanente grâce à des émetteurs récepteurs qui permettent la synchronisation parfaite des « tops » de positionnement avec ceux de l'échosondeur. La station à terre et l'embarcation sur le profil à réaliser et enregistre à intervalle réguliers les coordonnées spatiales des sondes ainsi que le niveau d'eau (z des réflecteurs).

### **II.1.2. Traitement des observations**

#### **II.1.2.1. Transfert**

Le dépouillement des observations est entièrement informatisé grâce à l'utilisation de la station totale de marque « LEICA » d'interface de transfert, des logiciels « GMSTED sous Windows ». Après enregistrement des observations sur la mémoire interne de l'appareil, le transfert est lancé à travers un câble « RS232 » vers l'ordinateur en utilisant le logiciel « GMSTED ».

A l'aide du logiciel « Topocad », le changement des observations issues du transfert est effectué dans une base de données TXT. Ainsi l'ensemble des conventions de format utilisé par la station LEICA, lié à la nature des mesures (angle vertical, angle horizontal, distance...etc.) est décodé.

### II.1.2.2. Calcul des points du semis et sortie du plan bathymétrique

A l'aide du module de calcul topo métrique, le canevas et le semi de points sont calculés automatiquement. Toutes les coordonnées altimétriques sont rattachées au ZH. Le fichier définitif est ensuite utilisé par le module « D.A.O » pour la sortie du plan à l'échelle voulue.

### II.1.2.3. Report des levés

La plan est élaboré à l'aide du logiciel « Topocad ».

Le report totalement automatisé est réalisé à l'aide des modules suivants :

- Le module « D.A.O » pour tout ce qui est de la rédaction des plans.
- Le module « modèle de surface » pour générer le « M.N.T » (Modèle Numérique du Terrain).
- Le module « courbe de niveau » pour la représentation en plan des isobathes.

### II.1.2.4. Exploitation des données obtenues

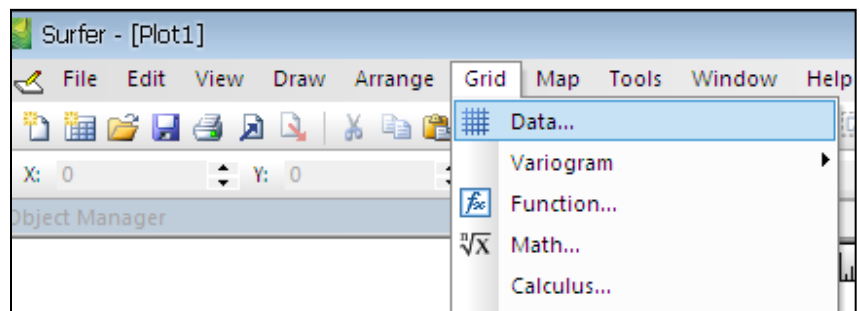
Les résultats obtenus par les levés bathymétriques et topographiques sont exploités dans l'élaboration des cartes bathymétriques en 2D ou en 3D ainsi que des profils de la plage (arrière-plage et plage sous-marine), ceci à l'aide du logiciel Surfer 10.

## II.1.3. Description du logiciel

Le logiciel Surfer 10, conçu par Golden Software, permet de réaliser des modèles numériques de terrain (MNT) issus des données récoltées sur le terrain via GPS, théodolite.... Le principe de Surfer est le suivant : le logiciel crée des grilles qui interpolent les données irrégulières des points (x, y, z) afin de les ordonnées. C'est à partir de ces grilles que l'on pourra obtenir plusieurs types de cartes : Base Map, Contour Map, 3D surface, Vector et bien d'autres.

### II.1.3.1. Manipulation sur Surfer

- 1- Préparer les données bathymétriques et topographiques dans une feuille d'Excel (respecter valeurs négatives pour la bathymétrie et positives pour la topographie, ainsi que le format mettre des virgules non pas des points et surtout mettre le fichier au format Excel 2003 pour éviter les problèmes de compatibilité entre les différentes versions de Surfer 8, 9 et 10).
- 2- Créer une grille en allant dans : Grid => Data et parcourir le fichier Excel puis cliquer sur ok.



- 3- Une fois la grille est crée, aller dans « Toolbar Options »



- 4- Maintenant pour obtenir les cartes d'isobathes en 2D cliquer sur l'icône n°1 et parcourir la grille obtenue en 2 et pour les cartes bathymétriques en 3D cliquer sur l'icône n°3. Enfin pour localiser les stations de mesure, cliquer sur l'icône n°2 et là on doit parcourir le fichier Excel directement et les stations apparaissent.

## II.2. Etude de la réfraction de la houle

La houle est un mouvement oscillatoire des couches superficielles de l'eau du au frottement du vent sur la surface. Celle-ci on se déployant du large vers la côte, va subir des modifications dans sa célérité, sa direction et la hauteur des vagues : c'est le phénomène de la réfraction. L'objet de cette étude est d'exploiter les résultats de la houle au large pour aboutir aux caractéristiques de la houle sur le site. La nature et la taille des ouvrages projetés dépendront de ces caractéristiques.

### II.2.1. 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 :

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

Les calculs de la réfraction de la houle entre le large et la côte ont été effectués par le modèle mathématique SWAN (Simulating WAVes in the Nearshore développé par l'université de DELFT) pour différentes conditions de houle au large (hauteur, période et direction). Le logiciel est capable de modéliser la propagation de la houle en prenant notamment en compte les phénomènes de :

- Réfraction, sur les fonds et autour des ouvrages,
- Déferlement,

Et est donc parfaitement adopté à la problématique du littoral Ouest algérien. Le coefficient de réfraction est calculé par Swan.

Les résultats sont alors exploités sous deux formes :

- Les épures de réfraction qui montrent qualitativement comment hauteur de houle et direction changent au cours de la propagation de la houle.
- La détermination quantitative des conditions de la houle en quelques points situés sur l'isobathe -10 m, qui permet l'établissement de la statistique locale de la houle à cette profondeur qui sera utilisée pour l'estimation de la capacité de transport par la suite.

La modélisation a été aussi élaborée par une autre méthode dite « manuelle » qui se base sur l'utilisation des abaques classiques qui met en relation la longueur d'onde, la période ainsi que la bathymétrie.

### II.2.2. Données d'entrées

Cette étude a nécessité l'utilisation des données statistiques de houle au large et des données bathymétriques, ceci est valable pour les deux méthodes numérique et manuelle :

### II.2.2.1. Les 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 Souari à 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.

### II.2.2.2. Les données de houle au large

Elles sont prises du document de l'U.S. Naval Weather Command intitulé « Summary of Synoptic Meteorological Observations » (S.S.M.O tome II, Zone Algiers (1963-1970)). Les données présentées dans annexe 2, sont structurées par mois et les hauteurs de houle par secteur (en foot) ainsi que par période. Elles sont traitées pour obtenir un tableau contenant : les amplitudes de houle par secteur et par périodicité d'apparition ; en portant les fréquences d'apparition et les hauteurs de houle (en mètre) sur un graphe semi-logarithmique et en utilisant les droites de régression de type :  $y = a \ln(x) + b$  où :

$$\left\{ \begin{array}{l} x = \text{périodicité d'apparition est égale à : } x = Pn = \frac{1}{3 \times 365 \times n} \text{ et } n = \text{période de retour (annuelle } n=1, \\ \text{bianuelle } n=2, \dots). \\ y = \text{hauteur de houle recherchée.} \end{array} \right.$$

On obtient les résultats récapitulés dans l'annexe II.

Pour conclure on obtient un tableau donnant les hauteurs de houle par période et ceci pour chaque direction (Tab N°03), c'est un tableau récapitulatif qui sera utilisé lors du remplissage des fichiers de calculs.

**Tab N°03 : Amplitudes équivalentes au large par direction et par période**

	$T_p$ (s)	N360	N45	N270	N315
Annuelle	6	1	1,09	1,19	1,1
	8	2,67	2,56	2,67	2,64
	10	4,92	5,05	5,54	4,53
Vingtennale	$H_s$ (m)	6,16	5,79	9,13	5,58
	$T_p$ (s)	12,17	11,83	14,44	11,60

### II.2.2.3. Choix des directions

Les directions traitées sont choisies (Fig N°09) 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 (N45) qui sont deux houles à incidence oblique.



**Fig N°08** : Choix des directions défavorables au site d'étude (Google Earth, 2009).

### II.2.3. Modélisation de la réfraction

#### II.2.3.1. Modélisation numérique par Swan

##### II.2.3.1.1. Définition

Elle se base sur l'utilisation de deux logiciels et de deux outils informatiques à savoir :

- Logiciels : SWAN (Simulating WAVes in the Nearshore développé par l'université de Delft) et MapInfo 7.8
- Outils : Vertical Mapper et la moulinette Sogreah

##### II.2.3.1.2. Description des logiciels et outils utilisés

- 1- Simulating WAVes in the Nearshore « SWAN » : stage développé à l'Université de technologie de Delft, aux Pays-Bas, SWAN est un modèle numérique de propagation (par réfraction induite sur les fonds) et de génération de la houle du large vers la côte. Il permet de calculer les fonctions de transferts entre le large et la côte, c'est-à-dire de connaître l'état de mer local à partir de l'état de mer au large.
- 2- Mapinfo Professional V7.8 est un outil de type Système d'Information Géographique qui sert à créer de l'information géographique, traiter et manipuler cette information et la cartographier de différentes manières.
- 3- Vertical Mapper 3.0 (Vertical Mapper™) est un outil de création et d'exploitation de l'Information Géographique sous forme de grilles assez puissant (MNT, exploitation d'images raster en relief).
- 4- La moulinette Sogreah est une sorte de convertisseur permettant la création de fichiers reconnaissables par Swan.

### II.2.3.1.3. Etapes de la modélisation

- 1- Calage de la carte marine de la Wilaya de Tipaza dans la projection Universal Transverse Mercator (WGS 84), UTM Zone 31, Northern Hemisphere => Sur MapInfo
- 2- Digitalisation des points et des lignes => Sur MapInfo
- 3- Extraction des points à partir des lignes digitalisées => Par Vertical Mapper.
- 4- Extraction des coordonnées des points existants => Par MapInfo.
- 5- Création de la table BathyTerra => Par MapInfo.
- 6- Création de la table des Fonds => Par MapInfo.
- 7- Création de la grille d'interpolation => Par Vertical Mapper.
- 8- Choix de l'emprise du modèle :
  - Modèle de Détail
  - Modèle d'Ensemble
 } => Sur MapInfo.
- 9- Construction des grilles régulières des points :
  - La grille du modèle d'ensemble.
  - La grille du modèle de détail.
- 10- Interpolation sur la grille régulière des points du MNT : les grilles régulières des points seront interpolées sur le MNT, pour en extraire les valeurs des profondeurs en chaque point de la grille créée => Vertical Mapper.  
 En utilisant la fonction : Show Grid Manager => Analysis => Point Inspection. Puis on construit ainsi les fichiers grid :
  - Grid\_mod\_ens.tab
  - Grid\_mod\_det.tab
- 11- Exportation des fichiers fonds par la moulinette Sogreah. Pour créer les fichiers Hiswa :
  - Grid\_mod\_ens
  - Grid\_mod\_det
 }  $\longrightarrow$  Exporter la table via la moulinette Sogreah, pour créer les fichiers d'extension .HIW
- 12- Création des fichiers .BOT en renommant les fichiers Hiswa en fichiers .BOT
- 13- Regroupement des fichiers nécessaires au calcul dans le dernier calcul :
  - ens.SWA
  - det.SWN
  - goswan
  - SWAN\_411.EXE
  - SWAN\_411.BOT
  - mod.BOT (modèle d'ensemble)
  - det.BOT (modèle de détail)
- 14- lancement du calcul et résultat en double cliquant sur goswan, on aura les fichiers résultats :
  - ens.PRT
  - det.PRT
 } => Il donne le compte rendu du calcul et affiche les erreurs
   
  
  - ens.SWA
  - det.SWA
 } => Ce sont les fichiers résultats en chaque nœud de la grille du calcul
   
  
  - ens.NST
  - det.NST
 } => Donne des résultats sous forme de graphe

- ens.RES
  - det.RES
- } => Donne des résultats sous forme de tableau

### Remarque

MapInfo a la particularité de prendre la bathymétrie en valeurs positives et la topographie en valeurs négatives.

## II.3. Etude de la morphologie de la plage

Deux sorties ont été faites : la première par le Laboratoire d'Etudes Maritimes « LEM » en avril 2012 et la deuxième par notre école en Mai 2012. Des observations portant sur la morphologie de la plage ont été effectuées ainsi que des prélèvements du sable. Vu que la zone d'étude est une plage constituée d'un mélange de sable moyen, de galets et de gravillons. Une étude morphoscopique pour le sable moyen a été élaborée dans le but de déterminer l'origine des sédiments alimentant cette plage, et pour les galets et gravillons des observations à l'œil ont été effectuées.

### II.3.1. Méthode de travail sur terrain

#### II.3.1.1. Matériels utilisés

- Un appareil photo
- Un Décamètre
- Des sachets en plastique
- Des étiquettes et un marqueur

#### II.3.1.2. Travaux effectués

Pour les galets, le diamètre a été estimé approximativement à l'aide de photographie, vu qu'un galet de diamètre dépassant les 20 cm est un signe de grande protection contre l'érosion. Ainsi, l'efficacité de ces galets est déterminée.

En se déplaçant depuis l'arrière plage vers la mer, la largeur de la plage a été évaluée à l'aide d'un décamètre, ainsi que la nature des sédiments qui la constitue en essayant de la partager en partie morphologiquement homogène. Des profils montrant ces ensembles sont faits dans ce sens.

### II.3.2. Méthode de travail au laboratoire

#### II.3.2.1. Matériels utilisés

- Un microscope
- Une boîte de pétri
- Une pince
- L'étuve
- Deux tares

#### II.3.2.2. Travaux effectués

##### II.3.2.2.1. La morphoscopie

C'est une méthode d'observation des grains de sable d'une plage, sous microscope optique. Elle a pour objectif de déterminer la nature, l'origine et le degré d'usure des particules sédimentaires alimentant cette dernière et ceci en se basant sur les caractéristiques observables d'un grain à savoir : la couleur, la forme

ainsi que l'éclat. L'abondance des galets se trouvant sur place est un facteur important à ne pas négliger dans cette étude, ainsi le diamètre de ces galets est un indice important à ne pas négliger.

#### II.3.2.2.2. But

La variabilité des couleurs peut nous renseigner sur la nature des particules sédimentaires :

- les grains qui présentent des couleurs claires sont des quartz alors que les plus foncés représentent des minéraux autres que le quartz.
- La forme à son tour détermine le degré d'usure des grains donc la durée de séjour des grains dans l'eau de mer. En effet, plus les grains sont arrondies et bien émoussés ; le degré d'usure est plus élevé. Au contraire, plus ils sont anguleux, plus leur séjour est court dans l'eau
- Concernant la brillance, c'est un facteur important qui détermine l'origine des particules sédimentaires, lorsque les grains sont brillants ils sont d'origine marine et ceux qui présentent une semi brillance, sont d'origine fluviomarine, les grains mats sont d'origine fluviale.

#### II.3.2.2.3. Procédure

Vu l'homogénéité des sédiments, deux échantillons seulement de sable ont été prélevés dans les stations respectives S1 et S2 :

- S1 est située dans la zone d'étude « plage Centre de Sidi Ghiles »
- S2 est située à l'Ouest de la zone d'étude dans « la plage Ouest de Sidi Ghiles »



Fig N°09 : Localisation des stations de prélèvements (Google Earth, 2009).

Les étapes suivies sont les mêmes pour chaque station. Une quantité de 20 g de sable est prélevée puis asséchée à l'étuve à 100 °C pendant 20 à 30 minutes, pour éliminer l'eau du sédiment. Une cinquantaine de grains est aléatoirement prise de l'échantillon asséché, puis mise dans une boîte de pétri et observée sous microscope à faible grossissement.

Les observations de la couleur, la forme et l'éclat des grains sont portées dans un tableau sous format de pourcentages par rapport au nombre total de grains.

#### II.4. Transit littoral

Le transport sédimentaire littoral se fait par voie maritime sous l'effet de la houle et du courant et sous forme éolienne. Il résulte des déplacements alternatifs des sédiments suivant les deux directions propres au littoral. La direction longitudinale localement parallèle au trait de côte et la direction transversale localement perpendiculaire au trait de côte.

Les déplacements sédimentaires sont étroitement liés aux caractéristiques énergétiques des conditions environnementales (vent, houle, courant ...). Ils sont donc saisonniers, et peuvent s'effectuer avec des fluctuations importantes d'une année à l'autre.

##### II.4.1. Estimation du transit littoral

Les ordres de grandeur du volume déplacé des sédiments parallèlement à la côte (transit littoral) peuvent être évalués à partir de différentes formules dont la plus utilisée est la formule<sup>(1)</sup> de Sauvage de Saint-Marc et de Vincent « LCHF » :

$$Q = K/C g H_s^2 T. t f(\alpha) \dots\dots\dots(1)$$

Dont les paramètres sont :

Q : volume de sable transporté (en m<sup>3</sup>)

K : coefficient de transport du sable (2.5x10<sup>-6</sup>)

g : accélération de la pesanteur (en m/s<sup>2</sup>).

C : cambrure.

H<sub>s</sub> : amplitude significative de la houle (en m)

T : période de la houle (en seconde).

t : durée d'action de la houle (en seconde).

f(α) : fonction de l'obliquité "α" de la crête de la houle avec la côte.

L'utilisation de cette formule conduit à déterminer d'abord :

#### A. Le bilan énergétique annuel de transport caractérisé par : H<sub>s</sub><sup>2</sup>. T.t,

On aura alors à suivre les étapes suivantes pour définir les paramètres H<sub>s</sub>, T et t

##### a. Détermination des amplitudes H<sub>s</sub> :

- i. La détermination de la fréquence d'apparition « f<sub>ri</sub> » de la houle par période et par direction est donnée par la formule suivante :

$$f_{ri} = \text{nombre de cas d'apparition (par direction et par période)} / 8870$$

En effet : la valeur 8870 correspond au nombre total d'apparition des houles, pour toute direction et période confondu.  $f_{ri}$  n'a pas d'unité, elle représente un nombre.

La détermination de la moyenne des fréquences d'apparition  $P_n$  qui est égale à :  $P_n = \sum f_{ri} / n$  avec :

$n$  = nombre de fois où la houle ayant une amplitude comprise dans les intervalles suivant : [0- 2 m], [2,5- 4 m], [5- 9 m].....et ayant la même période ; par exemple : la houle du secteur N45° ayant une amplitude comprise entre 0 et 2 m et ayant une période de 6 secondes, son  $n$  est égale à 5.  $P_n$  n'a pas d'unité, elle représente un nombre.

ii. Calcule des amplitudes  $H_s$  :

A partir des droites de régression logarithmiques qui représentent les amplitudes  $H_s$  observées en fonction des fréquences d'apparition  $f_{ri}$  :  $f(f_{ri}) = H_s$  observées, les amplitudes  $H_s$  à la côte sont déterminées. En effet, on obtiendra des courbes de tendances de la forme suivante :  $H_s = A \ln(P_n) + B$  ; il suffit alors de remplacer alors les valeurs de A, B (déterminés des droites de régression) et  $P_n$  (calculée auparavant).  $H_s$  est exprimée en mètres.

b. T représente la période, puisqu'on calcule le transit annuel, donc on utilisera les périodes de 6, 8 et 10 secondes. Ce qui fait que pour chaque direction, trois périodes sont utilisés.

c. Détermination de la durée t :

i. Détermination des fréquences d'observation F :

Elle est déterminée en utilisant la formule suivante :

$$F \% = \sum (\text{nombre de cas pour chaque} / 8870) \times 100.$$

F est exprimé en pourcentage.

ii. Calcul de la durée t :

La durée d'action de la houle d'un secteur donné est obtenue en utilisant la formule suivante :

$$t = (365j \times 24h \times 3600s / 100) \times F\%.$$

Elle est exprimée en secondes.

Maintenant, une fois que tous ces paramètres sont obtenus, le bilan énergétique peut être défini.

**B. Détermination de l'angle «  $\alpha$  » et de la fonction  $f(\alpha)$  :**

La fonction  $f(\alpha)$  liée à la l'obliquité de la houle  $f(\alpha) = \sin 7/4 (\alpha)$ .

Pour déterminer théoriquement le transit le long de la côte qui est directement lié à la direction de la houle au large, il est nécessaire d'évaluer l'angle ( $\alpha$ ) et la fonction  $f(\alpha)$  qui en découle. Cette obliquité de la houle avec la ligne de rivage étant supposée mesurée par profondeur de 15 à 20 m, dans notre étude  $\alpha$  a été déterminée pour la profondeur de 10 m.

L'angle  $\alpha$  est déterminé par la méthode suivante :

- $\alpha$  = angle crête de la houle - côte =  $180^\circ - (90^\circ + \beta)$ .
- $\beta$  = angle orthogonale - côte.
- $\sigma$  = angle orthogonale - Nord.

### **II.5. Etude sédimentaire**

Des prélèvements des sédiments sur site n'ont pas pu être effectués, ainsi nous avons utilisé directement les résultats obtenus par le LEM.

Dans le cadre de l'élaboration de la carte sédimentaire de la Wilaya de Tipaza par le LEM (mission 2 : reconnaissance sur site), une carte spatiale des sédiments superficiels de commune de Cherchell et Sidi Ghiles a été obtenue.

---

**CHAPITRE III :**  
**RÉSULTATS**  
**ET INTERPRÉTATIONS**

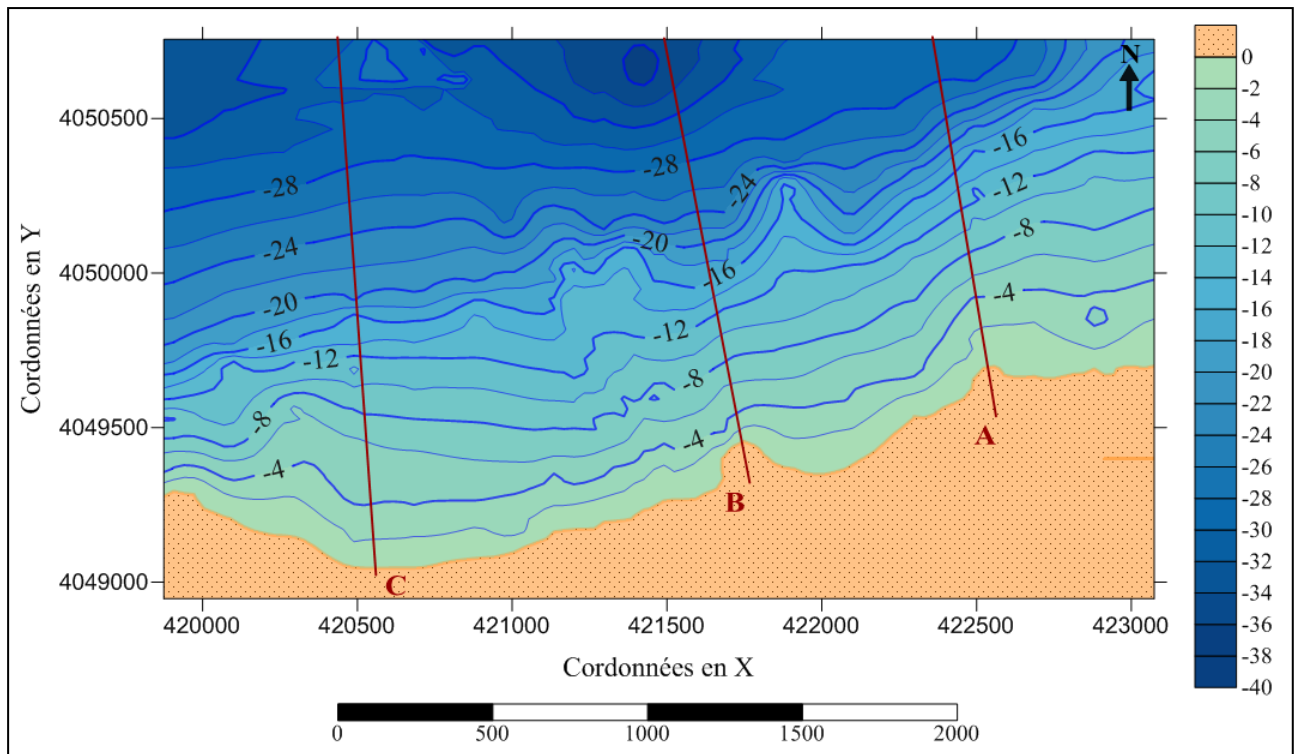
---

## Chapitre III : Résultats et Discussion

### III.1. Etude bathymétrique

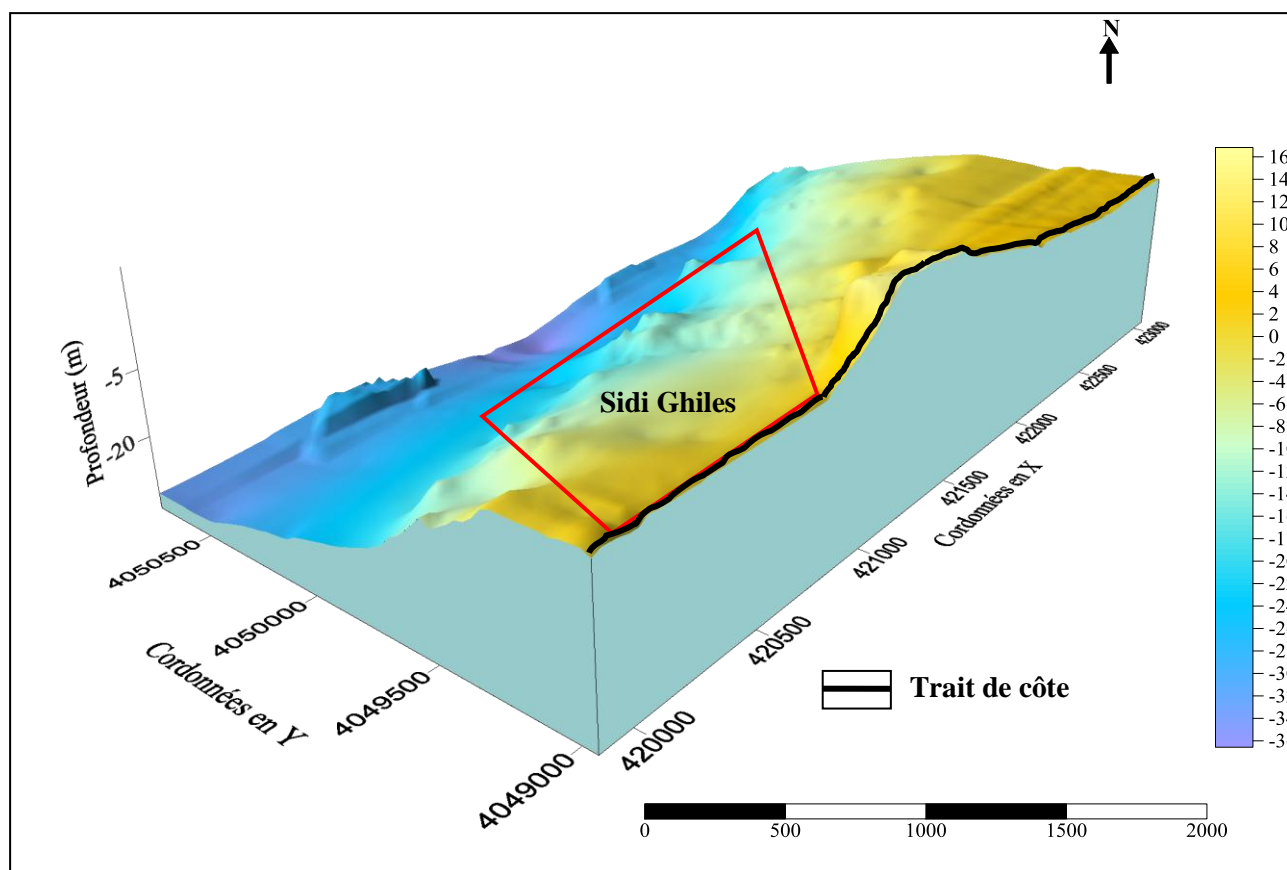
#### III.1.1. La morphologie sous-marine

Les résultats des levés bathymétriques nous ont permis d'obtenir les cartes suivantes :



**Fig N°10** : La carte bathymétrique en 2D de Sidi Ghiles (Mouhoubi et Ouabel, 2012).

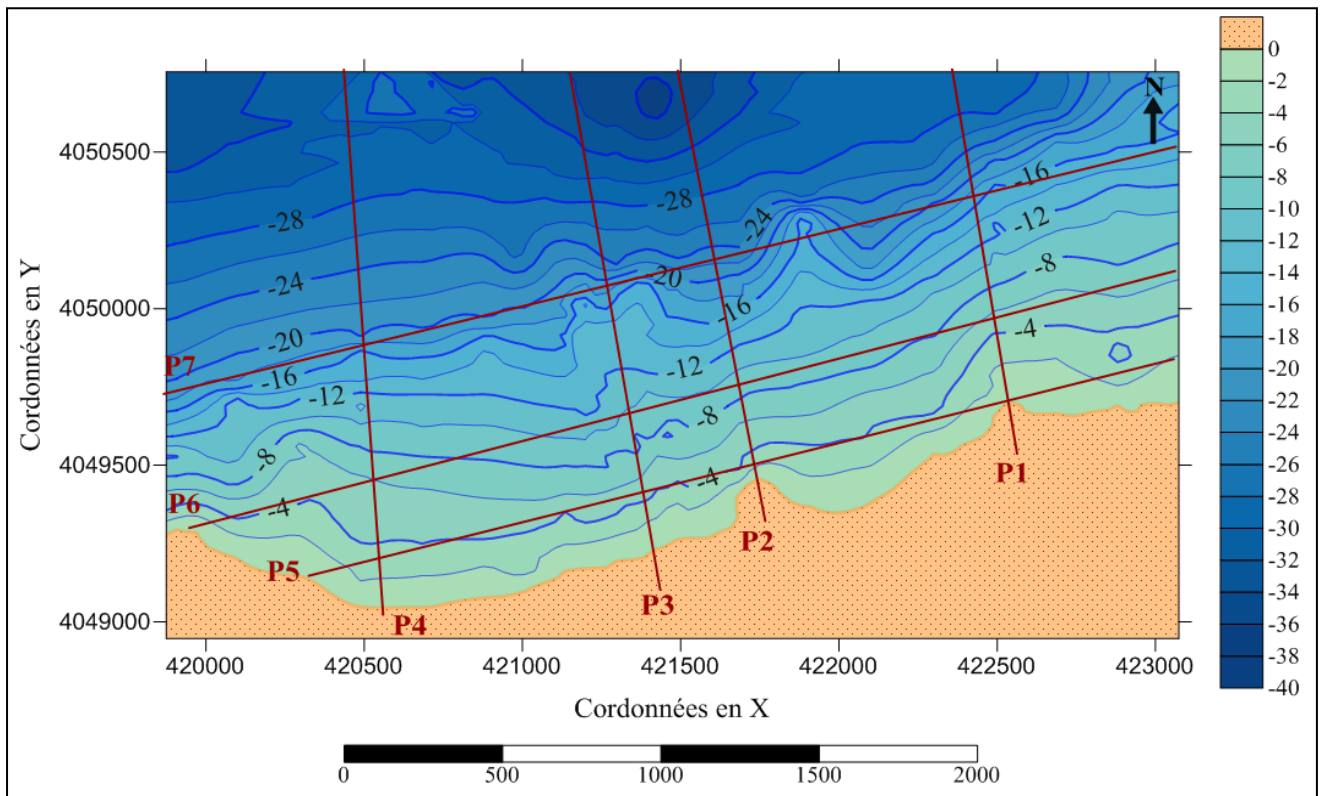
La carte bathymétrique montre des isobathes régulières, espacées et présentant des fonds assez réguliers avec une pente moyenne de l'ordre de 2,5 %. Aussi, la distance entre la côte et une profondeur donnée est différente de l'Est vers l'Ouest, l'isobathe -16m est éloigné de 656 m de la côte au niveau du transect C, de 531 m au niveau du transect B alors qu'à l'Est la distance est égale à 812 m dans le transect A. 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 au Centre et à l'Est, c'est ce qui explique l'érosion significative observée au niveau du transect B et C, autrement dit au niveau de la plage Centre et Ouest de Sidi Ghiles. Les résultats de la reconnaissance bathymétrique peuvent être aussi exploités sous 3D (Fig N°11) ceci en utilisant Surfer 10.



**Fig N°11** : La carte bathymétrique en 3D de Sidi Ghiles « MNT »  
(Mouhoubi et Ouabel, 2012).

### III.1.2. Les profils

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



**Fig N°12 :** La carte bathymétrique et le tracé des profils dans la zone d'étude (Mouhoubi et Ouabel, 2012).

**Les sept profils obtenus (annexe 4) sont les suivants :**

**Profil 1 :**

Le profil descend en pente douce de l'ordre de 2,5 % sur une distance de 900 m de la côte jusqu'à 20 m de profondeur où elle s'accroît un peu pour atteindre 3 %, on note à ce niveau un léger replat suivi d'une rupture du profil jusqu'à 60 m de profondeur à 1200 m de la côte.

**Profil 2 :**

Le profil descend en pente plus ou moins douce égale à 2 % sur une distance de 1200 m de la côte jusqu'à 30 m de profondeur où un replat du profil de 200 m est observé à ce niveau et avec une pente de l'ordre de 2,5 %, suivi d'une rupture du profil jusqu'à 60 m de profondeur à 1400 m de la côte.

**Profil 3 :**

Le profil montre une pente abrupte égale à 3 % sur une distance de 1600 m de la côte jusqu'à 30 m de profondeur où elle s'adoucit un peu pour atteindre 1 % sur 300 m de distance, puis une rupture du profil jusqu'à 60 m de profondeur à 1650 m de la côte.

**Profil 4 :**

Le profil montre une pente abrupte égale à 3 % sur une distance de 1600 m de la côte jusqu'à 30 m de profondeur où il y a une légère remontée du profil à 1500 m approximativement de la côte suivi d'une rupture significative du profil toujours à 30 m de profondeur à 1800 m de la côte.

**Profil 5 :**

Le profil montre des irrégularités sur le fond avec des surélévations de profondeur variables allant de 0,5 jusqu'à 6 m en moyenne. On observe aussi trois fosses de lévigation à 1000, 1500 et 2000 m de la côte ayant respectivement en moyenne des profondeurs variant entre 3 et 5,5 m caractérisées par une remontée du profil de part et d'autre.

**Profil 6 :**

Le profil trace un fond assez plat vers 15 m de profondeur ceci est observé à une distance de 500 m de la côte, suivi de formes irrégulières montrant deux fosses, plus profondes de 22 m de profondeur en moyenne. Suivi d'un fond plus ou moins régulier avec une pente très douce de l'ordre de 0,6 %.

**Profil 7 :**

Le profil montre un fond assez régulier, laissant apparaître deux petites fosses à 1000 et 1500 mètres de la côte d'une profondeur de 22 m, suivi d'une légère remontée fond à 2000 m de la côte d'une profondeur moyenne de 19 m, cette remontée se termine en un fond plat et régulier à 2000-3000 m de la côte puis le profil s'amorce en une rupture significative à 3800 m de la côte ayant 60 m de profondeur.

**III.2. Etude de la réfraction**

Les résultats de simulation de la réfraction de la houle sont donnés sous format graphiques. Ces résultats se présentent sous formes d'épures. A noter que le paramètre  $H_{m0}$  représente la hauteur de la houle en mètres (Bonafille, 1992). Les vecteurs représentent de part leurs sens la direction de propagation de la houle, leurs longueurs étant proportionnelles à la hauteur de la houle.

**III.2.1. Résultats de la réfraction**

Pour chaque direction de houle étudiée, il a été produit deux domaines de calcul, le premier dit d'ensemble simule la réfraction à partir des profondeurs de plus de 1000 m, dans notre étude on a utilisé 500 m, le second dit de détail simule les effets de la réfraction à une échelle plus affinée.

Les résultats obtenus sous forme de tableau pour chaque direction et ceci en fonction de la période et de la profondeur des points choisis sont les suivants :

**Tab N°04 :** Récapitulatif du coefficient de réfraction  $K_r$  par période et par profondeur pour le secteur N360°

Nord 360°				
Prof (m) :	6s	8s	10s	Vingtennale
2,00	0,83	0,31	0,38	0,33
3,00	0,92	0,34	0,49	0,42
4,00	0,92	0,34	0,58	0,50
5,00	0,92	0,35	0,65	0,57
10,00	0,94	0,35	0,91	0,86

**Tab N°05** : Récapitulatif du coefficient de réfraction  $K_r$  par période et par profondeur pour le secteur N45°

Nord 45°				
Prof (m) :	6s	8s	10s	Vingtennale
2,00	0,67	0,53	0,36	0,33
3,00	0,74	0,64	0,46	0,42
4,00	0,75	0,69	0,53	0,50
5,00	0,76	0,73	0,60	0,56
10,00	0,83	0,78	0,76	0,76

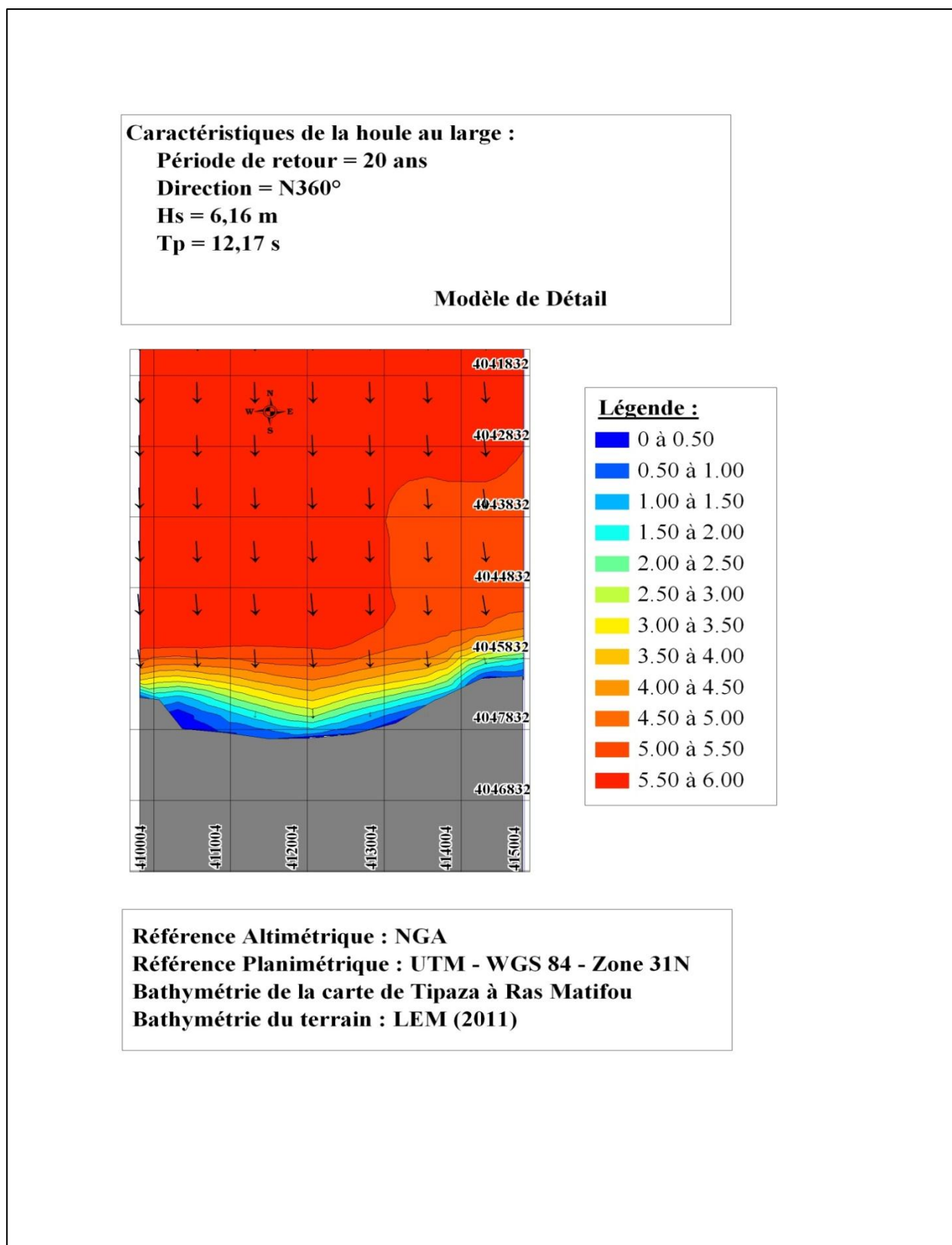
**Tab N°06** : Récapitulatif du coefficient de réfraction  $K_r$  par période et par profondeur pour le secteur N315°

Nord 315°				
Prof (m) :	6s	8s	10s	Vingtennale
2,00	0,73	0,55	0,39	0,39
3,00	0,97	0,80	0,60	0,61
4,00	0,68	0,62	0,49	0,50
5,00	0,83	0,80	0,60	0,61
10,00	0,91	0,90	0,90	0,94

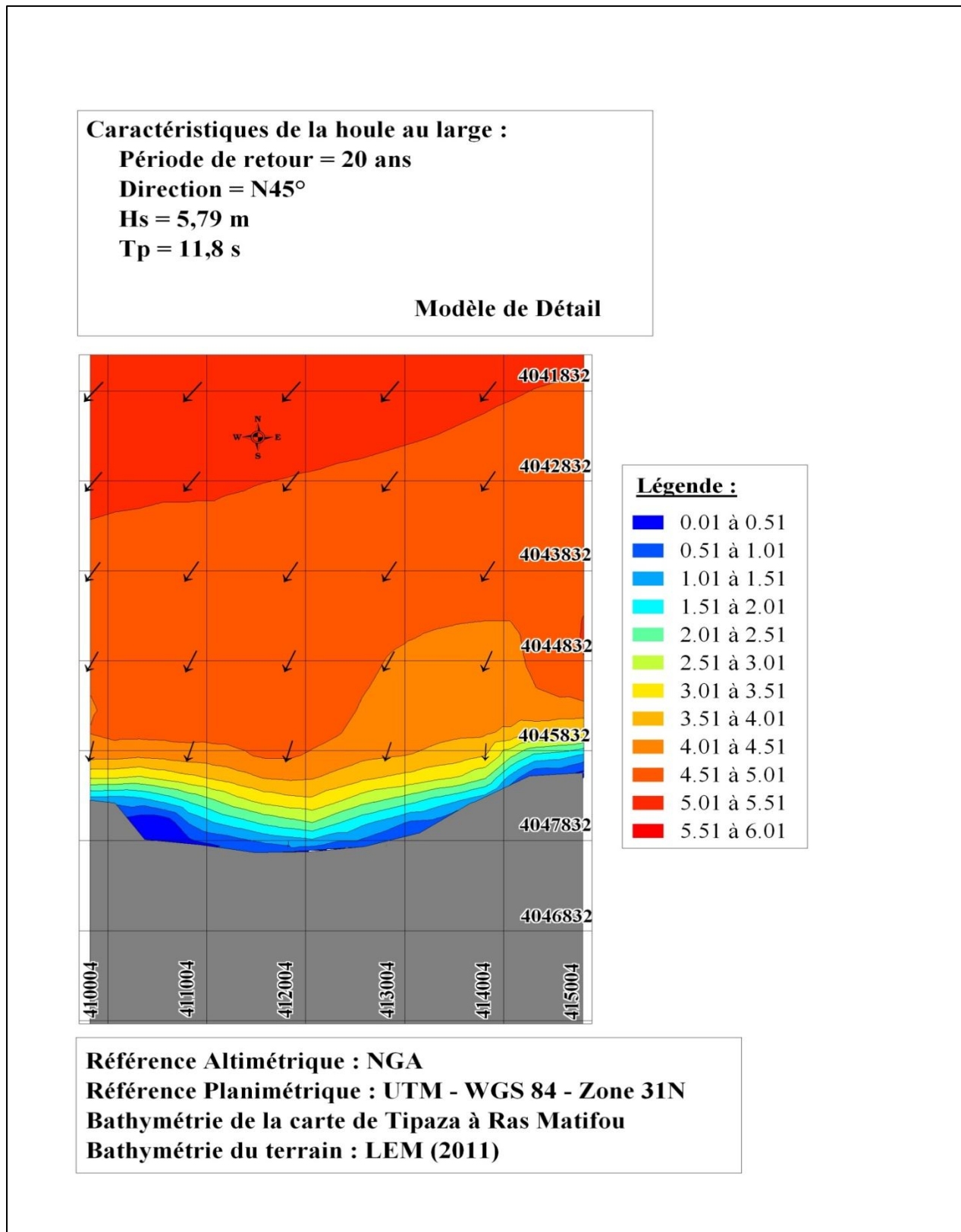
**Remarque**

La partie annexe III comporte les résultats de la réfraction (amplitude de la houle, angle d'arrivée et période après réfraction pour les profondeurs choisies).

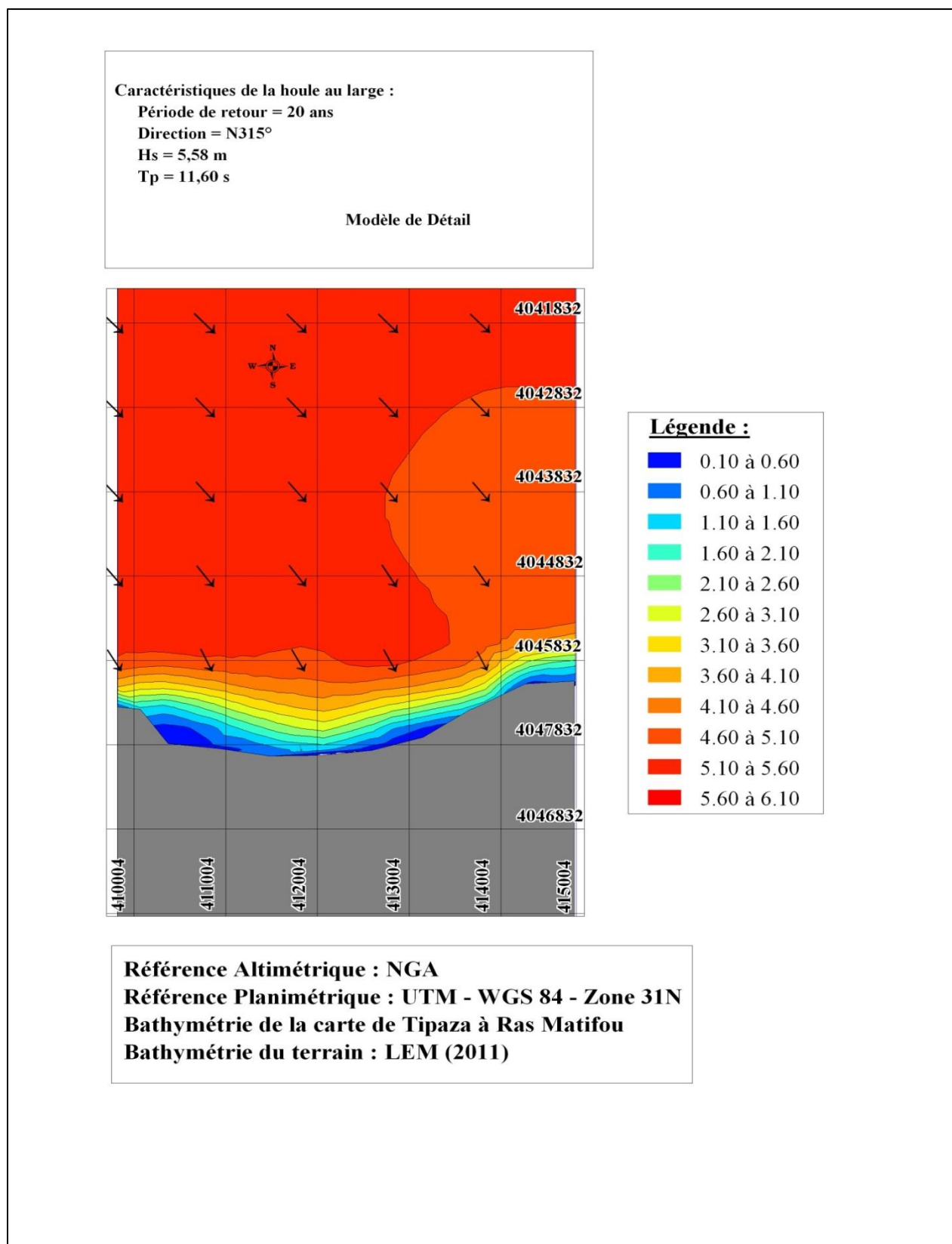
Les résultats sous format d'épures réalisés à l'aide de Swan sont les suivants :



**Fig N°13 :** Résultats de la réfraction pour le N360° T=12.17s (Mouhoubi et Ouabel, 2012).



**Fig N°14 :** Résultats de la réfraction pour le N45° T=11.8s (Mouhoubi et Ouabel, 2012).



**Fig N°15 :** Résultats de la réfraction pour le N315° T=11.60s (Mouhoubi et Ouabel, 2012).

### III.2.2. Interprétation des résultats

L'étude de la réfraction avec le logiciel Swan a montré que le site d'étude est exposé aux houles du secteur Nord, Nord-Est et 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 0.56 et 0.61 ; ce qui montre que les houles du secteur Nord, Nord-Est et Nord-Ouest agissent de la même manière sur la zone d'étude et peuvent générer des courants littoraux entraînant l'érosion de la plage.

### III.3. Morphologie de la plage

Les résultats des observations effectuées à l'œil nu et sous le microscope sont rassemblés dans les paragraphes suivants :

#### III.3.1. La morphoscopie

##### III.3.1.1. Les résultats des observations

**Tab N°07** : Résultats des observations morphoscopiques dans la première station

Station n°1	Couleur					Forme			Eclat		
	foncé	blanc	rose	transparent	orange	anguleux	subanguleux	émoussé	brillant	semi-brillant	mat
Nombre de grains	17	9	6	8	10	16	21	13	7	28	15
Pourcentage des grains	34%	18%	12%	16%	20%	32%	42%	26%	14%	56%	30%
	Total = 100%					Total = 100%			Total = 100%		

**Tab N°08** : Résultats des observations morphoscopiques dans la deuxième station

Station n°2	Couleur					Forme			Eclat		
	foncé	blanc	rose	transparent	orange	anguleux	subanguleux	émoussé	brillant	semi-brillant	mat
Nombre de grains	12	11	4	13	10	22	18	10	8	24	18
Pourcentage des grains	24%	22%	8%	26%	20%	44%	36%	20%	16%	48%	36%
	Total = 100%					Total = 100%			Total = 100%		

La première station :

- Pour la couleur, on remarque que la distribution des grains est assez homogène, avec des valeurs variant entre 12 et 20%, les grains roses sont les plus abondants avec un pourcentage égal à 20% et les grains transparents sont les moins abondants avec un pourcentage de 12%.
- Pour la forme, on constate que les grains les plus dominants sont les grains subanguleux avec 42% d'abondance, viennent ensuite les grains anguleux avec 32% puis les grains émoussés avec 25%.
- Pour l'éclat, on observe qu'il y'a une majorité de grains semi-brillants avec 56% d'abondance puis 30% des grains sont mats et 14% de grains transparents.

La deuxième station :

- Pour la couleur, les grains les plus dominants sont ceux de couleur orange avec 26% d'abondance, puis les grains foncés à noir avec 24%, ensuite les grains roses avec 20% d'abondance. Les grains transparents et blanc sont peu abondants avec seulement 8 et 12% d'abondance respectivement.
- Pour la forme, les grains anguleux cette fois-ci sont les plus apparents avec 44%, puis ceux subanguleux à 36% et les grains émoussés présents à 20%.
- Pour l'éclat, les grains semi-brillants sont observés à 48% du total des grains, les mats sont abondants à 36% de la totalité des grains, puis viennent les grains brillants avec une abondance plus ou moins faible égale à 16%.

### III.3.1.2. L'interprétation des résultats

Le premier échantillon est constitué d'un mélange de 33 % de minéraux et 67 % de grains de quartz, la majorité de ces grains sont d'origine fluviomarine et ils se sont déposés récemment sur la plage.

Le deuxième échantillon contient lui aussi un mélange de 24 % de minéraux et 46 % de grains de quartz, la majorité de ces grains sont d'origine fluviale ils se sont déposés récemment sur la plage.

On conclut ainsi qu'il y'a une légère différence entre ces deux plages malgré qu'elles soient situées presque dans la même zone.

### III.3.2. Observation sur le terrain

- Les gravillons :

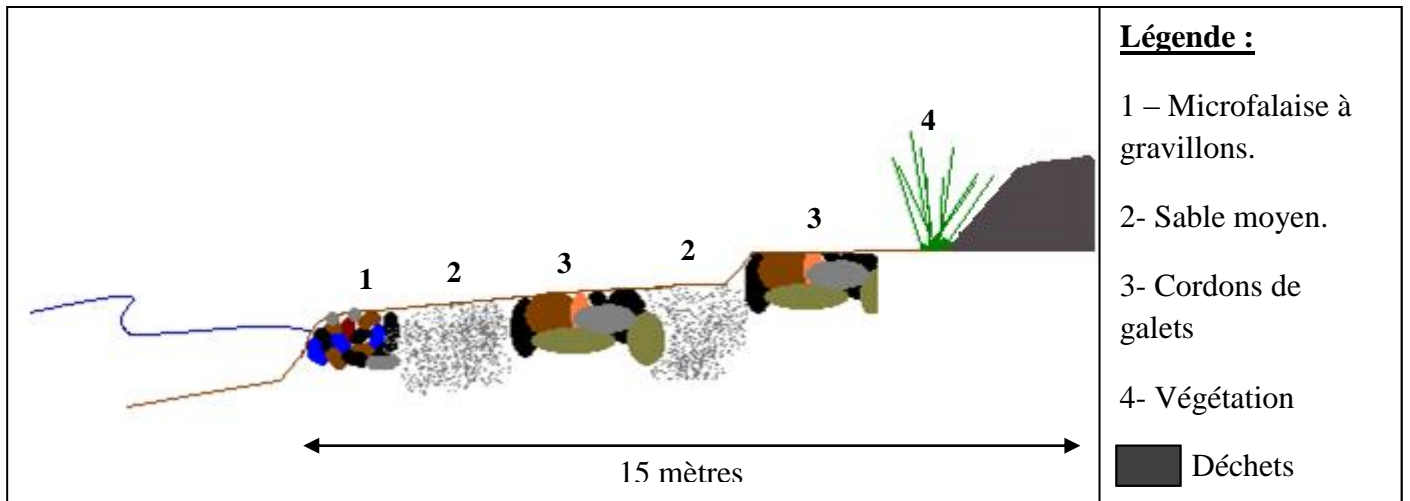
On les retrouve dans des microfalaises, disposées près du rivage, ayant des diamètres variant entre 1,5 cm et 7 cm. Ces gravillons se présentent sous différentes couleurs : gris, noir, blanc ou même marron. La présence d'une microfalaise dans une plage est synonyme d'une part de l'énergie des houles qui s'opère et d'autre part de la protection contre l'action de mer qui est très significative.

- Les galets :

Déposés sous forme de cordant, leurs diamètres varient de 5,2 cm à 13 cm, avec donc une taille moyenne de 9 cm ce qui constitue une taille moindre pour la protection de la plage contre l'hydrodynamisme.

### Conclusion

La plage Ouest de Sidi Ghiles est caractérisée par la présence de plusieurs types de matériaux variant du moyen vers le grossier. C'est une plage sableuse à gravillons et galets, présentant quelques végétations du type halophiles. Le profil de la plage est le suivant :



**Fig N°16 :** Profil de la plage Centre de Sidi Ghiles (Mouhoubi et Ouabel, 2012).

Les photographies commentées sont données ci-après pour mieux illustrer l'état et la morphologie de la zone d'étude :



**Photo N°01 :** Une décharge imposante située à l'avant plage du site d'étude.



**Photo N°02 :** Un mélange de galets terrigène et marins.



**Photo N°03 :** Galets mélangés à des gravillons.



**Photo N°04:** Galets dans l'avant plage.



**Photo N°05:** Vue de profil du site d'étude.

### III.4. Transit littoral

#### III.4. Estimation du transport sédimentaire

##### III.4.1. Résultats des calculs effectués

- 1- L'estimation du bilan énergétique :
  - a- Détermination de l'amplitude  $H_s$  :
    - i- Les fréquences et les moyennes d'apparition  $f_{ri}$  et  $P_n$  :

En utilisant le tableau du document de l'U.S. Naval Weather Command intitulé « Summary of Synoptic Meteorological Observations » (S.S.M.O tome II, Zone Algiers (1963-1970), où les houles sont classées en fonction de leur période, de l'amplitude au large ainsi que du nombre de leur apparition et ceci par direction. Ces données sont traitées pour obtenir les fréquences  $f_{ri}$  et les moyennes  $P_n$  (présentées dans l'annexe 6).

Dans chaque calcul, les résultats sont donnés par secteur et par période :

**Tab N°09 :** Résultats du calcul des fréquences d'observation  $f_{ri}$

Hs observée	Nombre d'observation >Hs			$f_{ri}$ fréquence d'observation		
	N 360	N 315	N 45	N 360	N 315	N 45
0	758	582	1627	0,09	0,07	0,18
0,25	495	400	1012	0,06	0,05	0,11
0,75	347	253	550	0,04	0,03	0,06
1,25	270	172	353	0,03	0,02	0,04
1,75	229	131	284	0,03	0,01	0,03
2,25	204	112	259	0,02	0,01	0,03
2,75	190	105	251	0,02	0,01	0,03
3,25	187	100	246	0,02	0,01	0,03
3,75	182	97	241	0,02	0,01	0,03
4,25	179	0	236	0,02	0,00	0,03
4,75	0	0	236	0,00	0,00	0,03
5,25	0	0	236	0,00	0,00	0,03
5,75	0	0	236	0,00	0,00	0,03
6,25	0	0	236	0,00	0,00	0,03

**Tab N°10** : Résultats du calcul des moyennes d'apparition  $P_n$ 

Direction :	Période (s)		
	6	8	10
N360	0,05	0,02	0,00
N315	0,03	0,01	0,00
N45	0,09	0,03	0,03

ii- Résultat du calcul des amplitudes  $H_s$  :

En traçant les droites de régression logarithmiques qui représentent les amplitudes  $H_s$  observées en fonction des fréquences d'apparition  $f_{ri} : f(f_{ri}) = H_s$  observées (annexe 7),  $H_s$  est déterminée en utilisant les équations des courbes de tendances tracées par direction et par période

**Tab N°11** : Résultats du calcul de  $H_s$  par direction et par période

Direction	Période (s)		
	6	8	10
N360°	$H_s = -1,43 \ln(P_n) - 3,703$	$H_s = -12,5 \ln(P_n) - 45,29$	$H_s = -0,92 \ln(P_n) + 0,628$
	$H_s = 0,66$	$H_s = 2,70$	$H_s = 5,70$
N315°	$H_s = -1,16 \ln(P_n) - 3,287$	$H_s = -10,1 \ln(P_n) - 42,22$	0
	$H_s = 0,61$	$H_s = 2,73$	
N45°	$H_s = -0,96 \ln(P_n) - 1,759$	$H_s = -20,9 \ln(P_n) - 71,64$	$H_s = -3,26 \ln(P_n) - 6,591$
	$H_s = 0,59$	$H_s = 3,05$	$H_s = 5,23$

b- Résultat du calcul de la durée d'action  $t$  :i- Calcul des fréquences d'observation  $F\%$  :

Le tableau suivant récapitule les fréquences d'observation de la houle par période et par direction :

**Tab N°12** : Résultats du calcul des fréquences d'observation  $F\%$  par direction et par période

Direction	Période (s)		
	6	8	10
N 360	7,98	0,53	0,03
N 315	6,18	0,38	0,00
N 45	17,80	0,48	0,06

ii- Calcul de la durée  $t$  :

Le tableau suivant récapitule les durées d'action de la houle par période et par direction :

**Tab N°13** : Résultats du calcul des durées d'action  $t$  de la houle par direction et par période

Direction	Période (s)		
	6	8	10
N 360	2517191,43	167101,69	10666,07
N 315	1948334,61	120882,07	0
N 45	5613905,75	152880,27	17776,78

Ainsi, les bilans énergétiques par direction et par période sont représentés dans le tableau récapitulatif suivant :

**Tab N°14** : Résultats du calcul du bilan énergétique de la houle par direction et par période

Direction	Période (s)			TOTAL
	6	8	10	
N 360	6567610,37	9769424,49	3464776,78	19801811,64
N 315	4385445,00	7226769,69	0,00	11612214,69
N 45	11855979,23	11377121,19	4865644,52	28098744,93
			Total	59512771,27

c- Détermination de l'angle  $\alpha$  :

L'angle  $\alpha$  a été déterminé manuellement, l'illustration est représentée dans l'annexe III. Les angles obtenus ainsi que leurs fonctions  $f(\alpha)$  sont récapitulés dans le tableau suivant :

**Tab N°15**: Résultats du calcul des angles  $\alpha$  et des fonctions  $f(\alpha)$  par direction et par période

Direction		Période (s)		
		6	8	10
N 360	$\alpha$	14	15	13
	$f(\alpha)$	0,414693243	0,44228869	0,386710962
N 315	$\alpha$	-25	-20	-16
	$f(\alpha)$	-0,691513056	-0,573576436	-0,469471563
N 45	$\alpha$	54	48	41
	$f(\alpha)$	0,996917334	0,994521895	0,949699126

d- Estimation du transport sédimentaire :

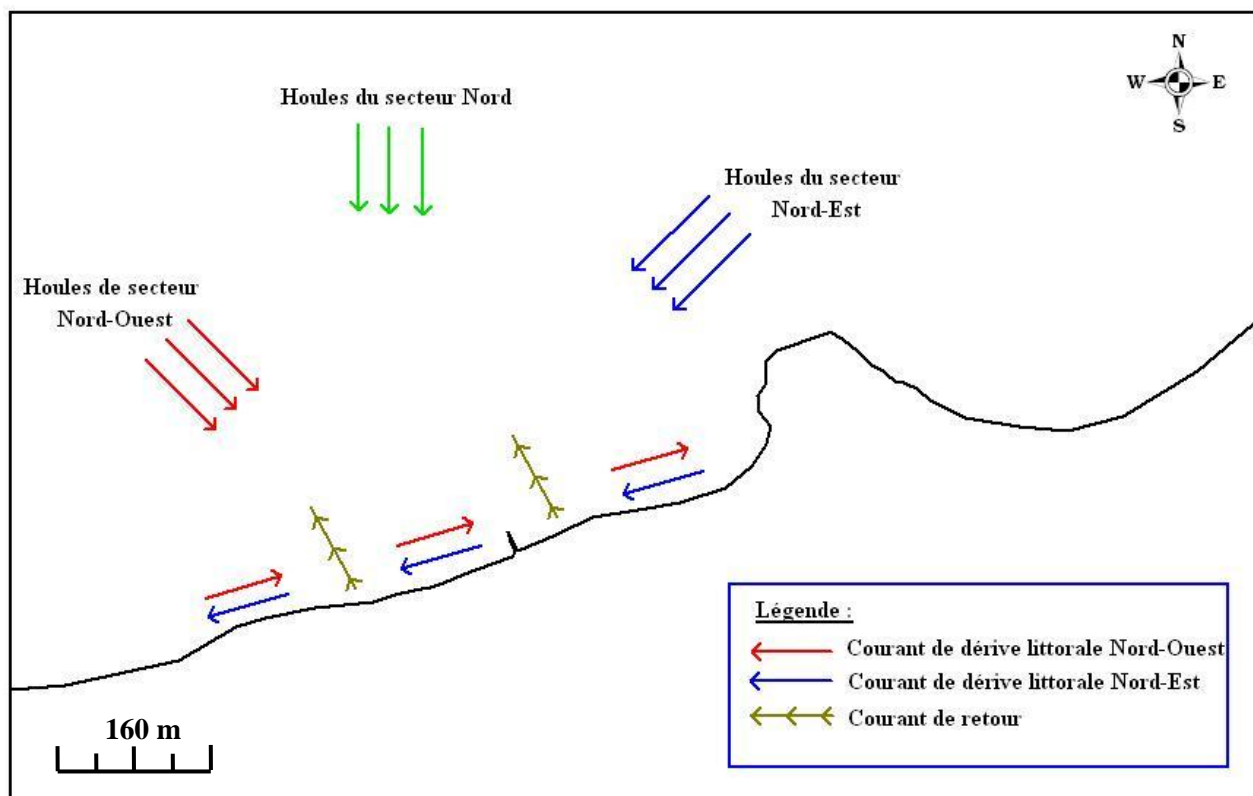
Le bilan est ainsi calculé, le tableau suivant récapitule le transit sédimentaire par direction et par période, ainsi que le transit sédimentaire global :

**Tab N°16** : Estimation du transit sédimentaire global

Direction	Période (s)			TOTAL
	6	8	10	
N 360	2226,50	3532,34	1095,34	6854,18
N 315	-2479,14	-3388,62	0	-5867,77
N 45	9662,39	9249,85	3777,58	22689,82
			TOTAL	23676,23

## Conclusion

Le transit littoral a été estimé à  $23676 \text{ m}^3/\text{an}$ , dirigé de l'Est vers l'Ouest, c'est ce qui explique l'érosion observée dans la plage de Sidi Ghiles. En effet, cette dérive qui est due à la prédominance des vents de secteur Nord-Ouest, induit par conséquent des courants de retour assez puissant dirigé vers le Nord-Ouest qui arrachent les sédiments de la plage et les déposent au large (Fig N°17).

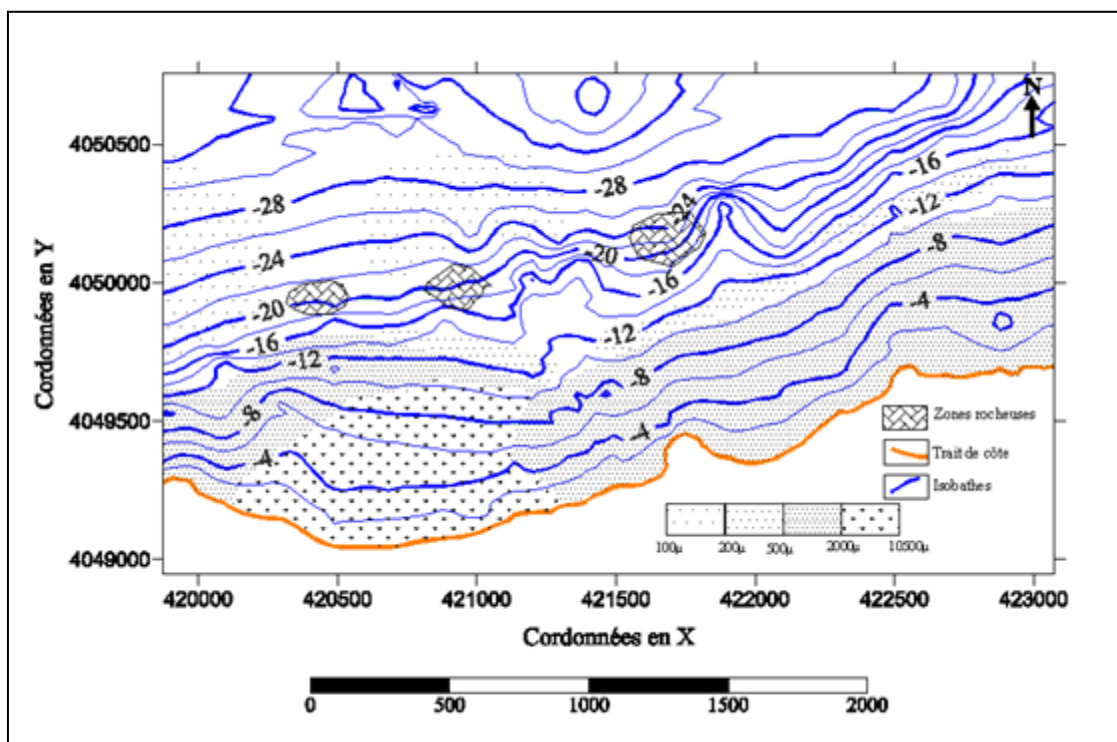


**Fig N°17 :** Schéma probable de l'hydrodynamisme dans la zone d'étude (Mouhoubi et Ouabel, 2012).

### III.5. Etude sédimentaire

Suite à l'observation de la carte obtenue (Fig N°18) par le LEM, on note que :

- 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  $\mu\text{m}$ .
- 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 plaqués contre la côte aux niveaux des profondeurs comprises entre les isobathes 0 et -5m.



**Fig N°18** : Répartition spatiale de la médiane granulométrique entre Cherchell et Sidi Ghiles (LEM, 2004).

---

# **CHAPITRE IV : SOLUTIONS D'AMÉNAGEMENT**

---

## Chapitre IV : Solutions d'Aménagement

Ce chapitre comporte les ouvrages et solutions techniques proposées en fonction des résultats obtenus dans le troisième chapitre. Plusieurs variantes adaptées aux particularités du site sont définies, bien entendu pour chaque variante, les critères et paramètres d'implantation sont explicités en plus des impacts que cette dernière peut engendrer.

### IV.1. Nécessité d'une étude d'aménagement

La zone d'étude est en état d'érosion, compte tenu des études démontrées auparavant. Une étude d'aménagement alors s'impose, elle doit être cependant conduite avec rigueur afin d'obtenir la meilleure synthèse possible pour notre site.

### IV.2. Les ouvrages de protection envisageables

La plage, absorbant graduellement l'énergie de la houle par les déferlements successifs qu'elle provoque, constitue le meilleur ouvrage de défense du littoral contre l'érosion. C'est en effet la dynamique naturelle des plages qui est fondamentale pour la survie physique de la plage et pour la diversité de ses habitats biologiques (Ramoge, 2002).

Pour toute défense contre l'érosion, il est donc plus efficace de se tourner vers des ouvrages de défense souples qui travaillent en harmonie avec les dynamiques naturelles en jeu. Toutefois, la diversité des phénomènes à l'origine de l'érosion, conduit à une diversité de réponses techniques. Ainsi, pour améliorer l'efficacité des interventions de protections, on adopte souvent des défenses de natures mixtes.

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

#### IV.2.1. Variante n°1

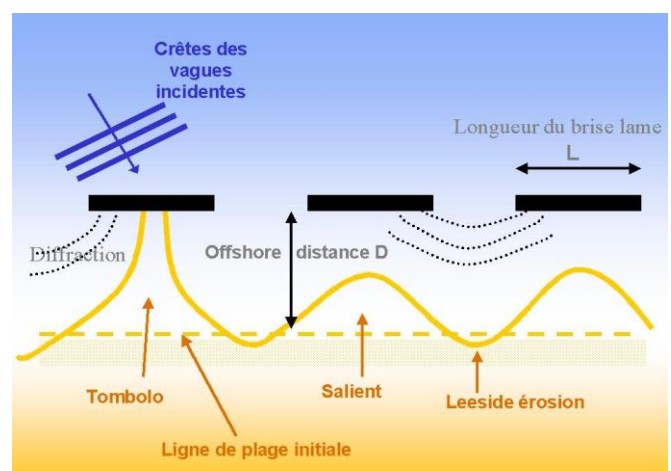
Elle comporte des brise-lames immergés en enrochement avec un apport artificiel de sable.

##### IV.2.1.1. Brise-lames immergés en enrochement

###### IV.2.1.1.1. Principe

Des brise-lames en enrochement peuvent être la solution dans notre cas, en provoquant une dissipation de l'énergie de la houle avant son déferlement sur la plage, ce qui va créer une opposition à l'entraînement des matériaux vers le large, il peut même y avoir un réengraissement naturel de cette dernière.

Les brise-lames agissent selon deux modes. Le premier réside dans la diminution de l'énergie des lames, qui arrivent au rivage, consécutive à la réflexion et au déferlement de la houle. Le second réside 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. Il en résulte de ces modes de fonctionnement que l'action des brise-lames reste limitée à leur voisinage (Fig N°19).



**Fig N°19** : Schématisation de l'action des brise-lames (Caminade, 1995).

### IV.2.1.1.2. Paramètres d'implantation

Ce sont les caractéristiques des brise-lames à savoir sa longueur, sa largeur, sa hauteur ; ils sont déterminés en utilisant les résultats de l'étude de la réfraction, donc en utilisant le  $T_p = 8s$  et son  $H_s$  correspondant de la direction la plus défavorable la  $N315^\circ$  (Nord-Ouest) , en plus de la profondeur d'implantation qui est choisie à 3 m de profondeur et les formules proposées par LCHF et d'autres auteurs spécialisés dans ce domaine. Le calcul des paramètres d'implantation des brise-lames s'est effectué selon les étapes suivantes :

#### a)- Longueur d'onde $L_0$ (à la côte)

En prenant  $T_m = T_{\text{large}} = 8s \Rightarrow T_m = T_p/1,1$

Avec la formule :  $L_0 = g T_m^2 / 2\pi$  (Où :  $g$  = gravité) la longueur d'onde  $L_0$  au large est déterminée :

#### • Application numérique

$$L_0 = 9,81 \times (8)^2 / 2 \times 3,14 = 99,97 \text{ m} \approx 100 \text{ m.}$$

En utilisant par la suite l'abaque dans l'annexe IV, on détermine la longueur d'onde au pied de l'ouvrage : on veut l'implanter à  $h = 3m$  de profondeur et  $\lambda_0 = 100 \text{ m}$  :

Donc le rapport  $h/L_0 = 3/100 = 0,03$  ; En projetons cette valeur sur l'abaque, on trouve :  $h/L = 0,06 \Rightarrow L = h / 0,06 \Rightarrow L = 42 \text{ m}$

#### b)- Longueur du brise-lames

La longueur du brise-lames est le paramètre qui conditionne le plus directement la longueur de rivage protégée, elle est liée à deux autres longueurs qui sont la distance à la plage  $l_c$  et la longueur d'onde de la houle  $L$ .

Selon les auteurs, différentes formules sont proposées pour choisir la longueur globale à donner à un brise-lames, Charpentier (1920) propose la relation<sup>(2)</sup> qui est en accord avec le fait que la formation des tombolos dépend de la distance relative et de la longueur d'onde relative :

$$l \geq 1,2 (l_c + 0,3L) \dots\dots\dots(2)$$

Avec :

$l$  = longueur du brise-lames

$l_c$  = distance du brise-lames à la côte.

$L$  = longueur d'onde de la houle au point considéré.

Sogreah propose de rattacher la longueur d'onde du brise-lames à la longueur d'onde de la houle (dans le cas de petits fonds) par une expression<sup>(3)</sup> de la forme :

$$l = 1,25 L \dots\dots\dots(3)$$

Par contre, Chapon (1987) conseille de donner au brise-lame une longueur équivalente à plusieurs longueurs d'ondes ce qui recoupe les idées de Toyoshima (1984) où il préconise les longueurs suivantes en fonction de la profondeur d'implantation des brise-lames :

**Tab N°17** : Propositions pour la longueur des brise-lames (Chapon et al, 1987)

Ouvrage	Près de la côte	Faible profondeur	Moyenne profondeur	Grande profondeur
Profondeur $d$ (en m)	< 1	1 à 2	1 à 6	> 6
Longueur $l$ (en m)	2 à 3L	3 à 5 L	3 à 10 L	3 à 10 L

• **Application numérique**

Puisqu'on va implanter le brise-lames à -3 m,  $l_c$  est égale à 110 m (trouvée par Mapinfo) et en utilisant la formule de LCHF :  $l \geq 147,12$  m. Ce qui fait que la longueur du brise-lames est égale à 150 m.

**c)- Largeur de la berme**

Briganti et al. (2004) ont calibré la relation élaborée par d'Angremond et al. (1997), il en résulte la formule<sup>(4)</sup> conçu pour les ouvrages larges (B qui met en relation le coefficient de transmission du brise-lames ( $C_t$ ), la largeur de sa berme (B), le coefficient de Battjes ( $\zeta_p$ ), ainsi que la hauteur de la surface d'eau libre du brise-lames ( $R_c$ ) et l'amplitude de la houle au pied de l'ouvrage ( $H_s$ ) ; puis c'est à l'ingénieur de fixer une valeur pour la transmission qui lui convient :

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

Le coefficient de Battjes peut se calculer à l'aide de la relation<sup>(5)</sup> :

$$\zeta_p = \tan \alpha / \sqrt{S_p} \dots\dots\dots(5)$$

Avec :

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

$S_p$  = cambrure typique (hauteur de la houle au pied de l'ouvrage/ longueur d'onde pic ;  $S_p = H_s / L_p$ )

La valeur optimale de transmission est généralement prise entre 40 à 50%.

• **Application numérique**

On les valeurs suivantes :

- $C_t = 0,50$ .
- $R_c = -1$  m.
- $H_s = 2,84$  m.
- $\tan \alpha = 2/3 \sim 0,67$ .
- $L_0 = 100$  m.

Donc :  $\zeta_p = \tan \alpha / \sqrt{S_p} = 0,67 / \sqrt{(H_s / L)} = 3,94 \sim 4$  (Une transition entre un déferlement gonflant et à effondrement)

$\implies B = 11,37$  m  $\sim 12$  m ; la largeur de la berme correspondante à une transmission de 50% est de 12 m.

**d)- Influence des distances entre brise-lames**

En considérant que la limite d'expansion de la houle se croise sur le trait de côte, Carpentier (1987) préconise la relation<sup>(6)</sup> qui donne un espace 'e' entre deux brise-lames tel que :

$$e \leq 0,83 l_c + \frac{L}{2} \dots\dots\dots(6)$$

- **Application numérique**

$$l_c = 110 \text{ m et } L = 42 \text{ m} \implies e \leq 112,3 \text{ m}$$

Donc :  $e \sim 110 \text{ m}$

**e)- Conclusion**

Les brise-lames immergés qu'on va implanter sont au nombre de deux, espacés de 110 m et ayant chacun les caractéristiques suivantes :

- Une longueur de 150 m
- Une largeur de 12 m
- Une distance par rapport à la côte de 110 m

**IV.2.1.1.3. Paramètres structuraux (stabilité de l'ouvrage)**

Dans tous ce qui va suivre, l'amplitude de la houle considérée est celle de la houle vingtennale, du secteur le plus défavorable « N315° », les calculs vont se faire en utilisant  $H = 3 \text{ m}$  ; c'est l'amplitude maximale de la houle réfractée au pied de l'ouvrage.

**a)- Carapace**

Pour le dimensionnement des ouvrages de défense en enrochement (ou éventuellement en blocs artificiels en béton), Hudson (1958-1959) a donné une formule<sup>(7)</sup> basée sur les résultats des travaux de l'U.S.Army Engineer Waterways Experiment Station à Vicksbury (Chapon, 1978), il s'agit de la formule la plus utilisée :

$$W_{50} = \frac{1}{K_D} \cdot \frac{\rho_s H^3}{\left(\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1\right)^3 \cot \alpha} \dots\dots\dots(7)$$

Où :

$W_{50}$  = poids moyen du bloc/enrochement (en tonnes).

$H$  = hauteur significative de la houle incidente au pied de l'ouvrage (houle de projet en mètres).

$\rho_s$  = masse volumique du matériau.

$\rho_w$  = poids spécifique de l'eau de mer égale à 1,028 t/m<sup>3</sup>.

$\cot \alpha$  = pente du talus avec l'horizontal.

$K_D$  = coefficient de stabilité sans dimension qui tient compte de la nature et de l'arrangement des enrochements ou des blocs.

Et pour l'épaisseur de la carapace, on utilise généralement la formule<sup>(8)</sup> :

$$E = n K_t \sqrt[3]{\frac{W_{50}}{\rho_s}} \dots\dots\dots(8)$$

Où :

E = épaisseur de la carapace.

n = nombre de couches hormis la carapace, n doit être supérieure ou égale à 2 ( $n \geq 2$ ).

$K_t$  = coefficient des couches (égale à 1,15 pour les enrochements et 1 égale à 1 pour le béton).

Dans cette étude, nous avons fait l'hypothèse que la masse volumique des enrochements est de  $\rho_s = 2,65 \text{ t/m}^3$ , le coefficient de dommage  $K_D = 3,5$  (ce  $K_D$  correspond à un dommage situé entre 0-5 % et ceci pour une forme angulaire et rugueuse des blocs et pour un emplacement aléatoire) et la pente de l'ouvrage est égale à 3/2. Ainsi qu'un coefficient de couches  $K_t = 1,15$  ; tout en utilisant  $n = 2$  couches.

• **Application numérique**

En prenant :

H = 3 m.

$\cot \alpha = 3/2$ .

$K_D = 3,5$

$$W_{50} = \frac{1}{3,5} \cdot \frac{2,65 \times (3)^3}{\left(\frac{2,65}{1,028} - 1\right)^3 \times (1,5)} = 3,47 \text{ t} \Rightarrow 0,75 \times W_{50} < W < 1,25 \times W_{50} \Rightarrow 2,60 \text{ t} < W < 4,33 \text{ t}$$

Le tonnage moyen de la carapace sera égal à 3,47 tonnes, donc :  $W_{50} \in [3 - 5\text{t}]$ .

Et pour l'épaisseur de la carapace :

$W_{50} = 3,5 \text{ t}$  (puisque'on fait toujours la moyenne des enrochements disponible dans les carrières ainsi :

$$W_{50} = \frac{2+5}{2} = 3,5 \text{ t})$$

$n = 2$ .

$\rho_s = 2,65 \text{ t/m}^3$ .

$$E = 2 \times 1,15 \times \sqrt[3]{\frac{4}{2,65}} = 2,65 \text{ m.}$$

**b)- Premier filtre et noyau**

On utilise les deux formules suivantes pour déterminer le tonnage<sup>(9)</sup> du premier filtre qui fonction du poids moyen de la carapace  $W_{50}$ , ainsi que son épaisseur<sup>(10)</sup> :

$$0,04 W_{50} < W_{\text{filtre}} < 0,1 W_{50} \dots\dots\dots(9)$$

$$E = 1,6 \sqrt[3]{W_{\text{filtre}}} \dots\dots\dots(10)$$

• **Application numérique**

En utilisant les résultats obtenus pour la carapace, on obtient les valeurs suivantes :

$$0,14 < W_{\text{filtre}} < 0,35 \text{ t.}$$

$$E = 1,6 \sqrt[3]{0,375} = 1,15 \text{ m}$$

Donc : le premier filtre a un tonnage  $\in [140 - 350 \text{ kg}]$  d'une épaisseur de 1,15 m

Il appartient déjà à la catégorie du tonnage traditionnel du noyau  $W_{\text{filtre}} < 750 \text{ kg}$  ; donc il est inclus dans le noyau. Pour notre brise-lame, on n'a pas besoin de sous-couche.

Le noyau est constitué généralement de sédiments du Tous venant Carrière (TVC), pour notre ouvrage ; le diamètre moyen sera compris entre  $[1 - 500 \text{ kg}]$ .

Mais pour sécuriser l'ouvrage, on rajoute une de géotextile de filtration, qui admet les infiltrations des l'eau de mer, tout en protégeant le TVC du noyau, surtout les particules fines.

### c)- 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  $K_D$  utilisée précédemment par celle de 2,5.

#### • Application numérique

$$W_{50} = \frac{1}{2,5} \cdot \frac{2,65 \times (3)^3}{\left(\frac{2,65}{1,028} - 1\right)^3 \times 1,5} = 4,85 \text{ t} \Rightarrow 0,75 \times W_{50} < W < 1,25 \times W_{50} \Rightarrow 3,64 \text{ t} < W < 6,06 \text{ t}$$

Ainsi le tonnage du musoir appartient au domaine  $[4 - 6\text{t}]$

$$\text{Et pour son épaisseur : } E = 2 \times 1,15 \times \sqrt[3]{\frac{5,5}{2,65}} = 2,93 \text{ m}$$

Ainsi, le premier filtre aura le tonnage et l'épaisseur suivants :

$$0,117 < W_{\text{filtre}} < 0,293 \text{ t.}$$

$$E = 1,6 \sqrt[3]{0,205} = 0,94 \text{ m}$$

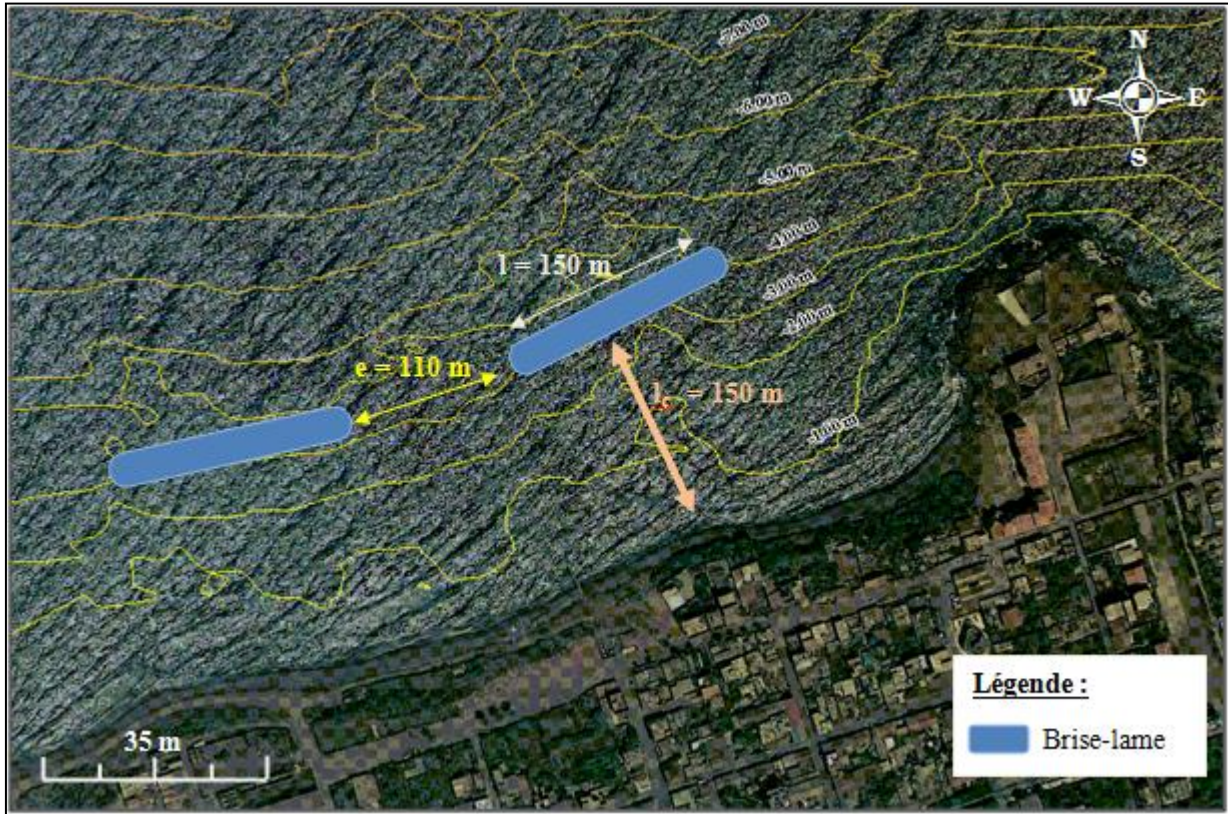
Donc : le premier filtre a un tonnage  $\in [1-300 \text{ kg}]$  d'une épaisseur de 0,94 m

Il appartient déjà à la catégorie du tonnage traditionnel du noyau  $W_{\text{filtre}} < 750 \text{ kg}$  il est inclus dans le noyau. Pour le musoir, on n'a pas besoin de sous-couche.

Le noyau est constitué généralement de sédiments du Tous venant Carrière (TVC) de diamètre moyen compris entre  $[1 - 500 \text{ kg}]$ .

Afin d'optimiser la protection proposé, deux brise-lames vont être implantés ayant les mêmes caractéristiques.

Le profil-type de la partie courante du brise-lame ainsi que son plan de masse sont illustrés dans les figures suivants :



**Fig N°20** : Implantation des brise-lames immergés (Mouhoubi et Ouabel, 2012).

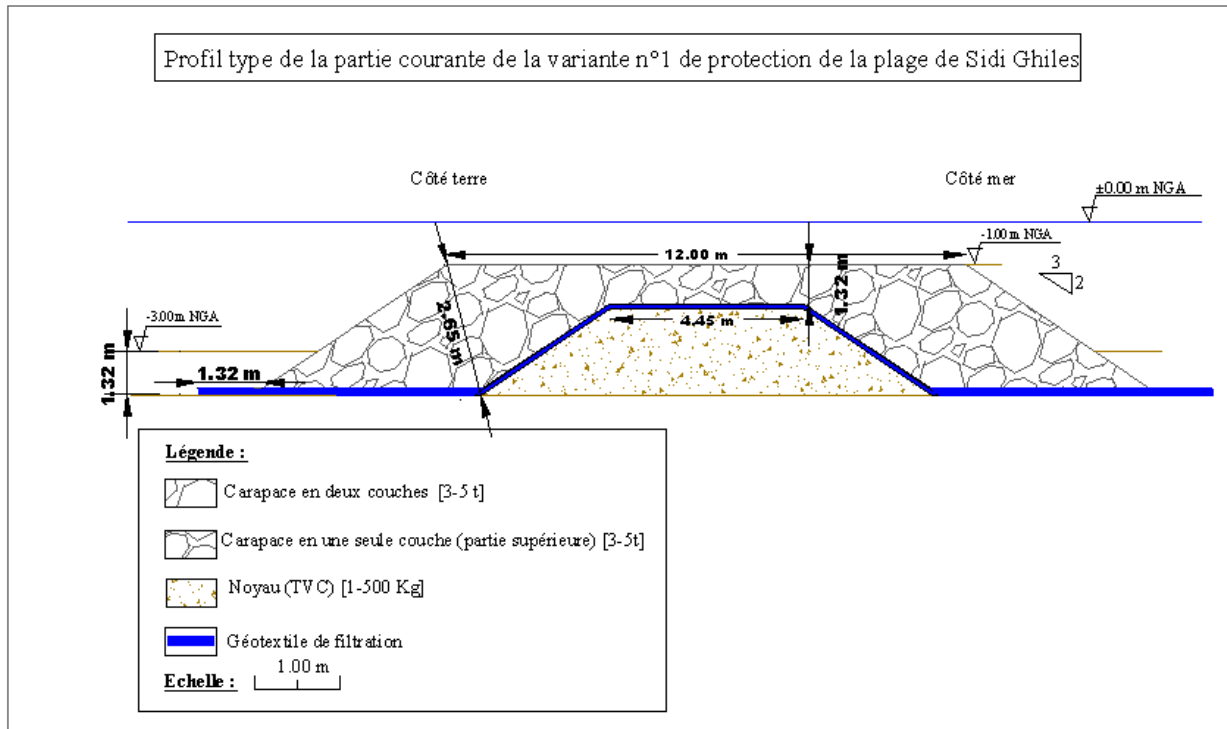


Fig N°21 : Profil de la partie courante des brise-lames immergés (Mouhoubi et Ouabel, 2012).

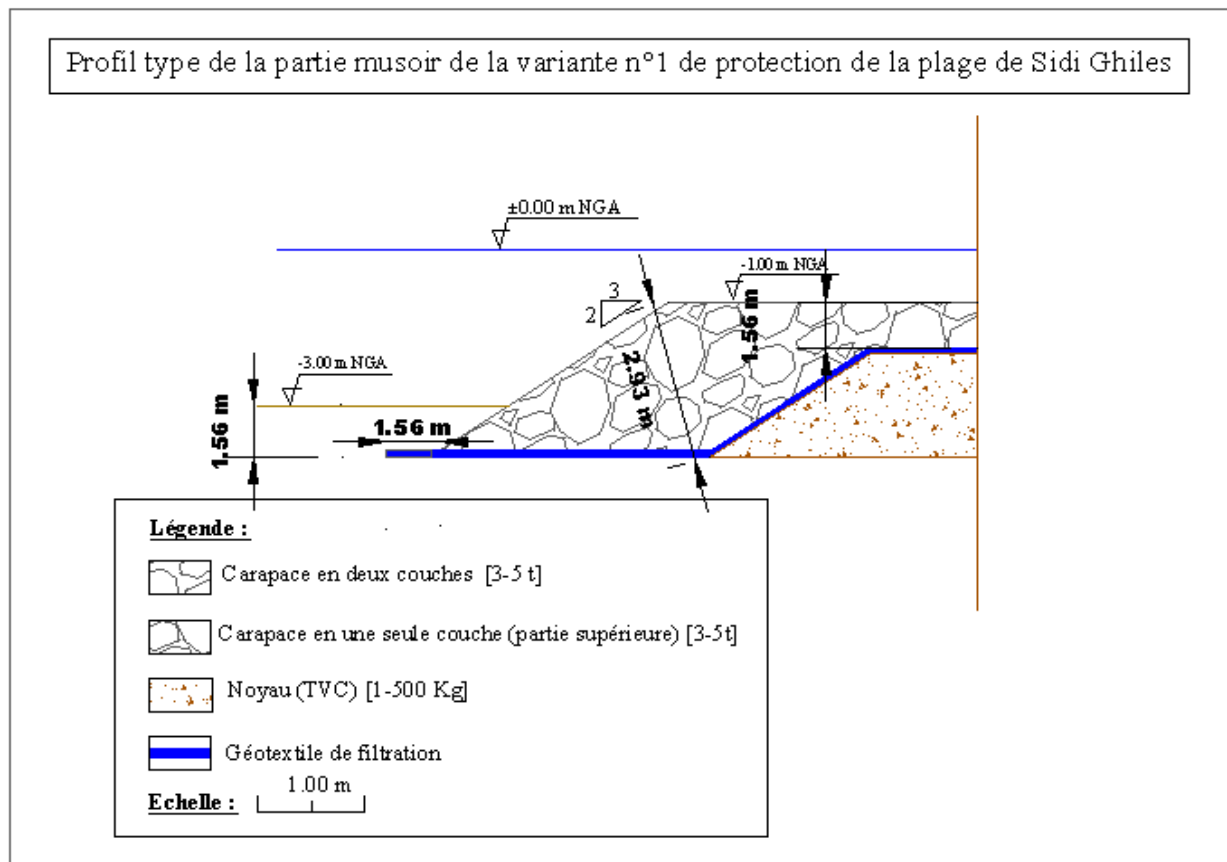


Fig N°22 : Profil du musoir des brise-lames immergés (Mouhoubi et Ouabel, 2012).

#### **IV.2.1.1.4. Les impacts d'un brise-lames**

Les ouvrages de type brise-lames sont bien au site d'étude car ils permettent de créer un gradient longitudinal des hauteurs des houles tout en atténuant l'agitation, de plus les sables ramenés par la mer vont s'accumuler derrière ces ouvrages, ce qui résout les problèmes d'érosion rencontrés dans cette plage.

Toutefois, il faut s'assurer que sa mise en place ne présente pas d'inconvénient rédhibitoire pour l'environnement. En vérifiant l'agitation résiduelle suite à son implantation par des logiciels spécialisés (tel que Mike 21...), ainsi il sera possible d'évaluer l'impact du brise-lames sur l'ensablement du site ; à partir de grandeurs caractéristiques globales dépendant des vitesses de chute des sédiments et de la capacité des houles résiduelles et des courants à les mettre en suspension et à les transporter ; tout au moins lorsque les sédiments sont non cohésifs et le système des courants est suffisamment bien connu et n'est pas trop complexe.

#### **IV.2.1.2. Apport artificiel**

##### **IV.2.1.2.1. Principe et provenance**

Le déversement sur le rivage de quantités importantes de sédiments provenant de carrières de prélèvement situées en mer ou sur terre, ou de déblais de construction, permet de stabiliser ou d'agrandir une plage menacée d'érosion ou de créer une nouvelle plage (Ramoge, 2002).

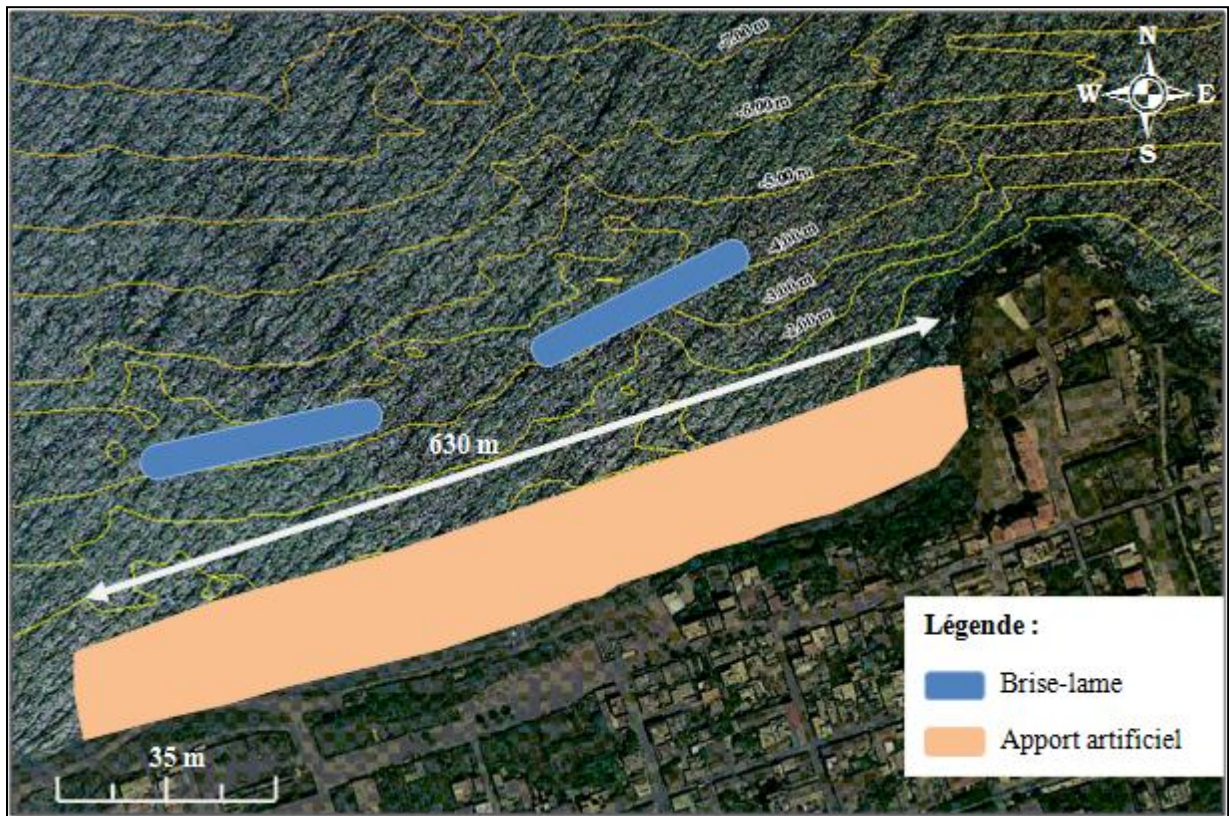
Outre l'évaluation de la compatibilité du sédiment d'un point de vue physique, il faut également évaluer les qualités chimiques et bactériologiques.

##### **IV.2.1.2.2. Procédés et mise en place des sédiments**

Dans le cadre de l'étude bathymétrique, nous avons vu que les différents profils étudiés sont presque tous similaires avec une pente de l'ordre de 0,5 à 2%.

L'objectif est celui de couvrir toute la plage sur 630 m, jusqu'à une profondeur de 1m (ayant une pente de 1/30) nécessitant un volume de rechargement estimé à 20 000 m<sup>3</sup>. A l'aide des ouvrages proposés et des mouvements de la mer, le sable va être redistribué sur toute la zone à protéger, c'est protection à long terme.

Pour les rechargements ponctuels de sables, le matériau d'apport doit avoir une médiane plus forte que les matériaux naturels, ou une granulométrie plus étendue, dans notre cas on prévoit un sable grossier de 1500 à 2000 µm de diamètre pour la zone d'étude (Fig N°23 et N°24) :



**Fig N°23 :** Emplacement de l'apport (Mouhoubi et Ouabel, 2012).

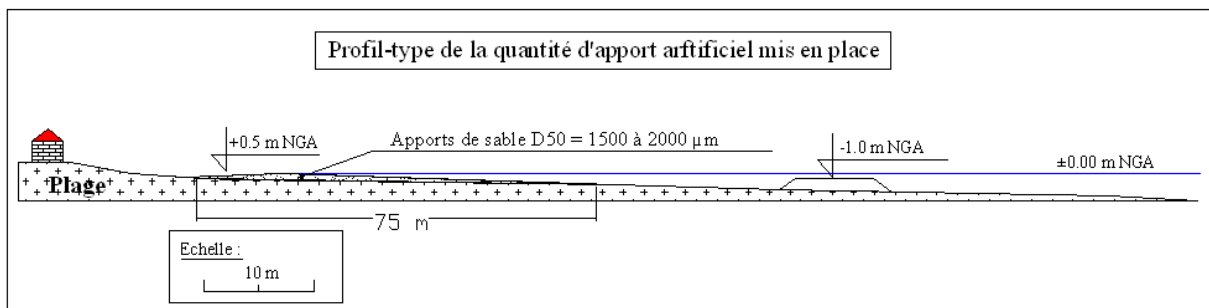
Concernant la source du sable d'apport, le tableau suivant détaille les carrières et sablières à prospector pour cette protection :

**Tab N°18 :** Carrières et sablières à prospector pour la protection de Sidi Ghiles (Directeur des carrières d'exploitation, 2011)

Carrières	Matériaux	Commune	Wilaya	Capacité
Hadjret el Nouss	Granulats concassés	Cherchell	Tipaza	1500 à 1600 t/jr
Azrou Concassage	Granulats concassés	Keddarra	Boumerdes	500 000 t/jr
ENOF	Granulats concassés	Keddarra	Boumerdes	1 000 000 t/jr

**Remarque**

L'estimation du rechargement a été obtenue approximativement en calculant la superficie obtenue par l'Autocad et son volume approximative, on note que la quantité de l'apport de sable trouvée reste constante pour toutes les variantes.



**Fig N°24 :** Profil-type de l'apport artificiel (Mouhoubi et Ouabel, 2012).

**IV.2.2. Variante n°2**

Elle comporte des brise-lames immergé en géotubes avec un apport artificiel de sable.

**IV.2.2.1. Brise-lames immergés en géotubes**

Les géotubes sont des structures tubulaires fabriquées de géotextile, ce sont des mis au point spécialement pour l'érosion. La mise en place du géotube est réalisée par pompage hydraulique avec matériau sableux (grâce à son incompressibilité).

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

**IV.2.2.1.1. Paramètres d'implantation**

On a choisit d'implanter les géotubes à 3 m de profondeur, chaque géotube aura une hauteur de 2 m c'est-à-dire une côte d'arase égale à 1 m. En utilisant le tableau suivant, qui est une référence lors de l'implantation du géotube, on détermine les caractéristiques du géotube qu'on peut utiliser selon la hauteur de l'ouvrage précédemment choisie :

**Tab N°19** : Détermination des caractéristiques des géotubes 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

Donc : la largeur maximale des géotubes utilisés est de 4,2 m.

A ce stade, on va utiliser les caractéristiques des brise-lames immergés en enrochement précédemment dimensionné à savoir :

$\left\{ \begin{array}{l} l_c = 110 \text{ m} \\ l = 150 \text{ m} \\ B = 12 \text{ m} \\ E = 110 \text{ m} \end{array} \right.$ 
 Chaque géotube a une largeur maximale de 4,2 m donc pour obtenir un brise-lame de 12 m de largeur il faut poser trois géotubes. Pour la longueur, le brise-lame conçu a 150 m de longueur et chaque géotube a une longueur standard de 50 m ; ce qui nous oblige à mettre plusieurs boudins avec une couverture de 1 à 2 m l'une devant l'autre pour arriver à 150 m de longueur.

**IV.2.2.1.2. Paramètres de stabilité**

Pour vérifier la stabilité des géotubes, on utilise la formule<sup>(11)</sup> de Pylarczyk (2000) :

$$\frac{H_s}{\Delta B} < 1 \dots\dots\dots(11)$$

Avec :

$H_s$  = amplitude de la houle au pied de l'ouvrage (en mètres).

$B$  = largeur maximale du géotube (en mètres).

$\Delta$  = qui s'écrit sous la forme suivante :  $\Delta = (1 - n) \times \left( \frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w} \right)$  où :

$n$  = porosité du sable égale à 0,5

$\rho_s = 2,65 \text{ t/m}^3$ .

$\rho_w = 1,028 \text{ t/m}^3$ .

- **Application numérique**

En prenant :

$H_s = 3 \text{ m}$ .

$B = 4,2 \text{ m}$ .

$n = 0,5$ .

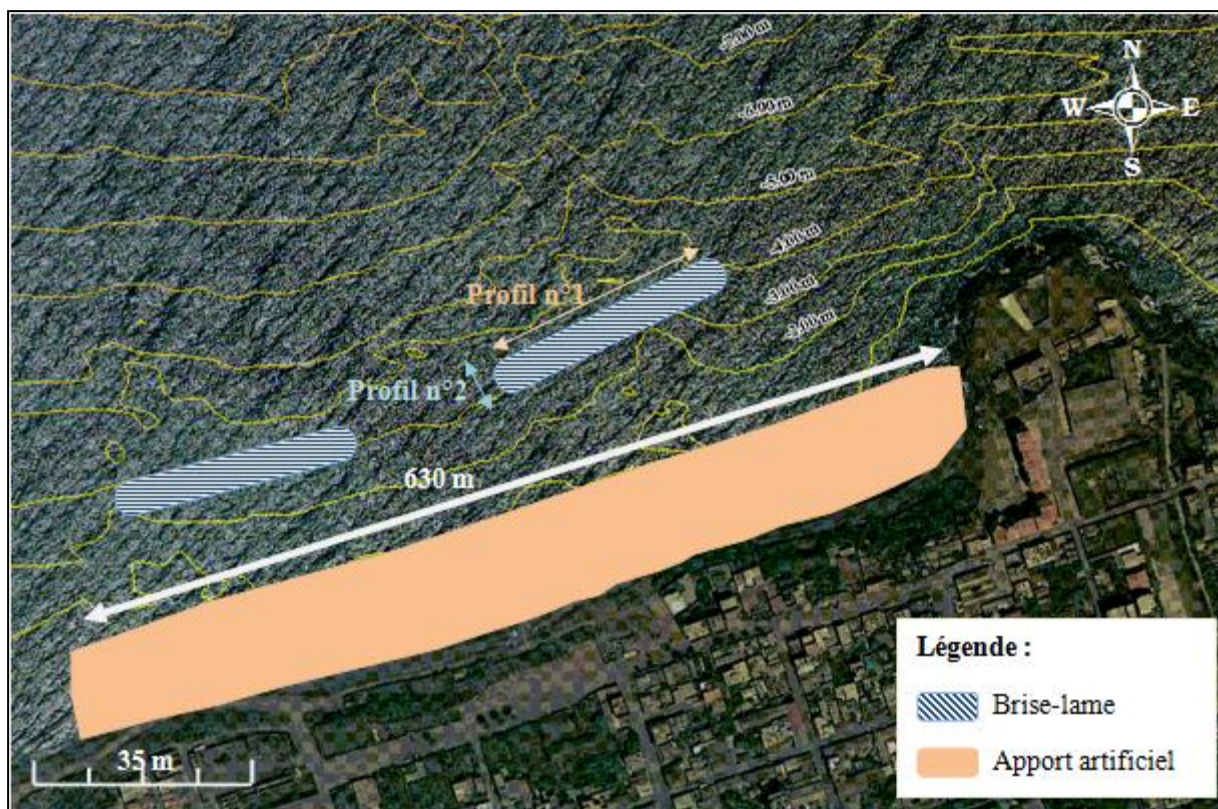
On trouve que :  $\Delta = (1 - 0,5) \times \left( \frac{2,65 - 1,028}{1,028} \right) = 0,78$

Ce qui fait que le rapport  $\frac{H_s}{\Delta B} = \frac{3}{0,78 \times 4,2} = 0,90$

Donc :  $\frac{H_s}{\Delta B} < 1 \Rightarrow$  les géotubes sont stables.

#### IV.2.2.1.3. Conclusion

Pour concevoir un ouvrage assez efficace, il nous faut trois géotubes implantés comme suit (Fig N°25) ; en plus ce nombre se multiplie par deux ; pour concevoir le deuxième brise-lame à côté, on rajoute aussi un tapis anti-affouillement et des petites défenses en géotubes aussi agissant comme des butées en pied de part et d'autre l'ouvrage (l'espacement ainsi que les dimensions de ces derniers sont bien illustrés dans les figures suivantes) :



**Fig N°25 :** Emplacement des brise-lames en géotubes (Mouhoubi et Ouabel, 2012).

### Remarque

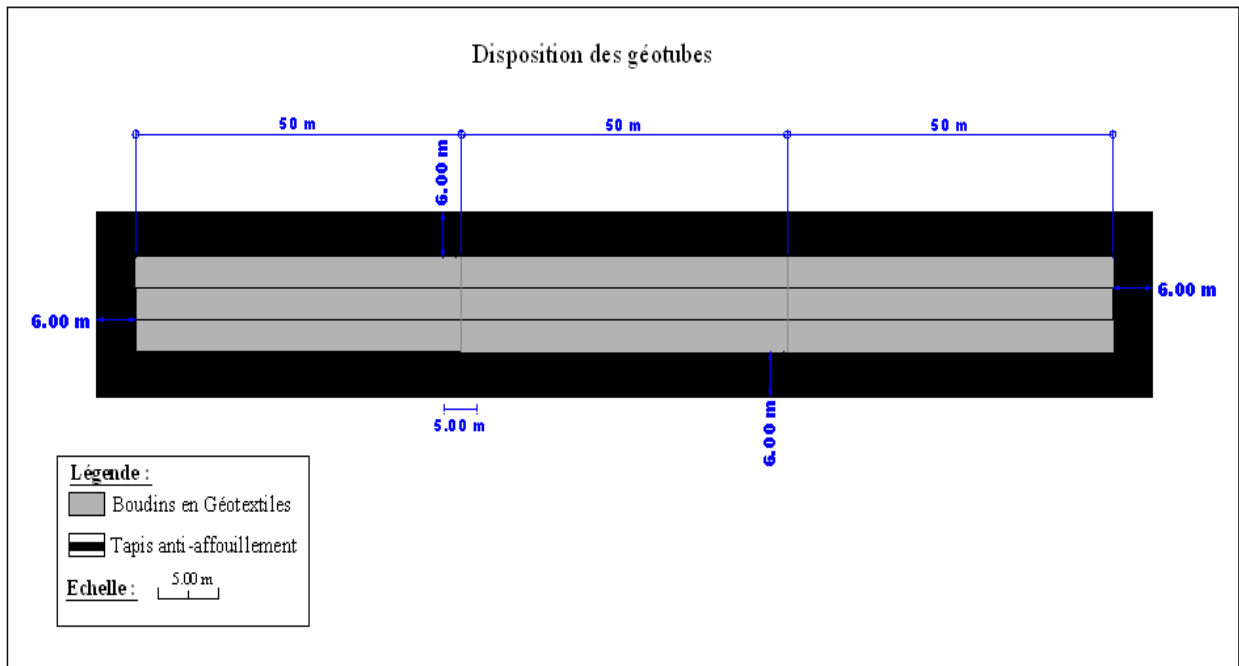
Les profils N°1 et N°2 sont identiques dans les deux brise-lames.

#### IV.2.2.2. Impacts des géotubes

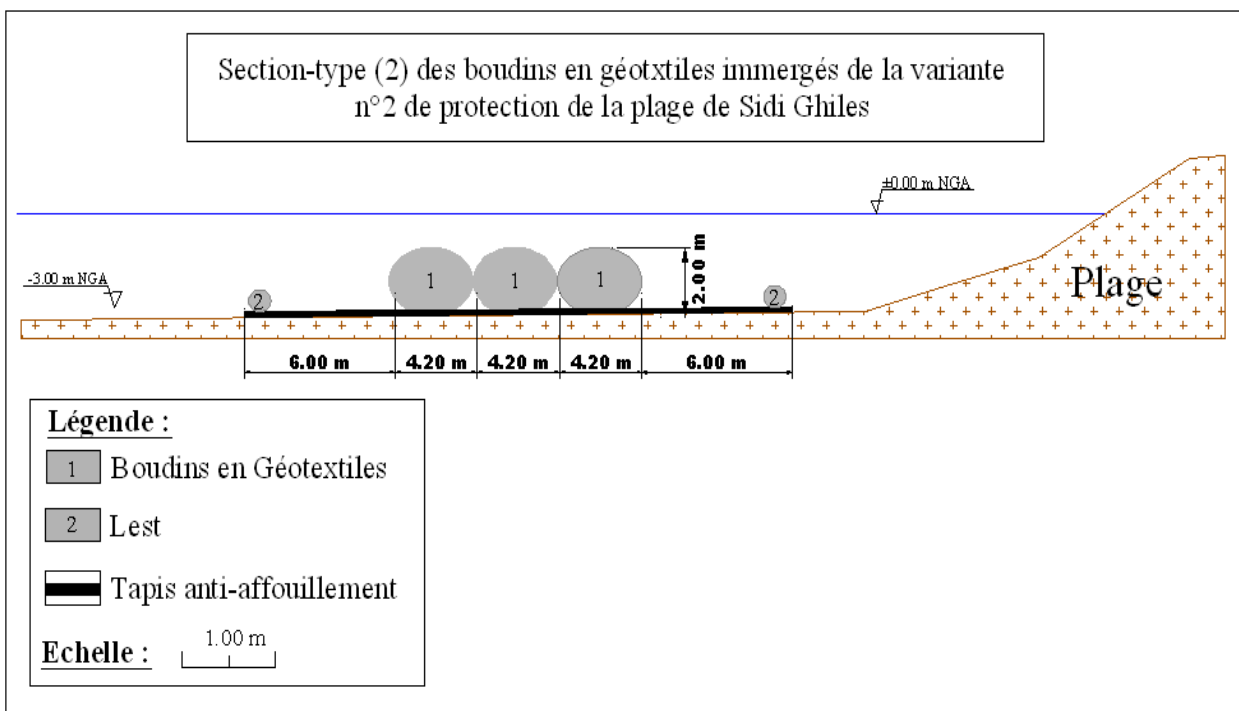
Ils offrent de nombreux avantages, parmi lesquels :

- Remplacement de tout ou partie des enrochements et des matériaux de carrière ;
- Utilisation du sable comme matériau principal (sable de dune, résidus de certaines carrières, sable de dragage etc.) ;
- 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 ;
- Solution environnementale.

Cependant, le géotextile peut être endommagé volontairement par des objets tranchants (vandalisme), ou même accidentellement par les bateaux....



**Fig N°26 :** Profil N°1 du brise-lame (Mouhoubi.N et Ouabel.K, 2012).



**Fig N°27 :** Profil N°2 du brise-lame (Mouhoubi et Ouabel, 2012).

### IV.2.3. Variante n°3

Elle comporte un épi en arc associé à un brise-lame et un apport artificiel de sable.

#### IV.2.3.1. Épi en arc

##### IV.2.3.1.1. Principe

Les ouvrages perpendiculaires au rivage, généralement appelés épis, ont pour fonction de réduire, voire d'interrompre, le transit hydrosédimentaire. Les épis les plus courts n'agissent que sur le transport par jet de rive, tandis que les plus longs agissent également sur le transport par courant littoral s'ils barrent la zone de déferlement.

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 ou des courants sagittaux qui opèrent dans la section verticale normale au trait de côte.

Ainsi, ces ouvrages en forme d'arc peuvent constituer une solution adéquate pour notre site d'étude, de plus le fait qu'il existe un saillant à l'Est de la plage qui constitue une sorte d'obstacle naturel, ainsi il fonctionnera comme un épi et aidera ainsi à préserver le sable mis en place.

Le dimensionnement de la section des différentes parties d'un épi en arc implique une combinaison des concepts abordés ci-dessus.

##### IV.2.3.1.2. Paramètres d'implantation

###### a)- Hauteur

Dans le but de contourner le sable, on adopte une hauteur de l'épi entre 0,5 et 1 m du niveau moyen de la mer. Dans notre cas on prend :  $h = 0,5$  m

###### b)- Longueur

La longueur d'un épi en arc pour former une plage en poche et couvrir toute notre plage (de 300 m de longueur) va être calculée de la manière suivante :

- La longueur représente le quart d'un cercle d'un diamètre D de 300 m ;
- Le périmètre (p) de ce cercle égale  $\pi \cdot D$  :  $P=942$  m
- On prend alors :  $L = 942/4 = 235,5$  m.

L'épi aura donc une longueur égale à 250 m, on arrondit puisque dans le génie côtier il n'existe pas des valeurs avec une précision pareil, donc de préférence on arrondit pour ne pas rencontrer de soucis lors des constructions.

##### IV.2.3.1.3. Paramètres structuraux

Pour la partie courante des épis en arc ; ainsi que pour sa partie musoir on va utiliser les mêmes relations prises pour les brise-lames, en prenant une amplitude égale à  $H_s = 3,00$  m, puisque c'est la hauteur réfractée au pied de l'ouvrage ( $d= 3$  m).

###### a)- Conception de la carapace

L'application numérique a donné les résultats suivants :

En prenant :

$$H = 3,00 \text{ m.}$$

$$\cot \alpha = 3/2.$$

$$K_D = 3,5$$

$$W_{50} = \frac{1}{3,5} \cdot \frac{2,65 \times (3,00)^3}{\left(\frac{2,65}{1,028} - 1\right)^3 \times (1,5)} = 3,47 \text{ t} \Rightarrow 0,75 \times W_{50} < W < 1,25 \times W_{50} \Rightarrow 2,60 \text{ t} < W < 4,33 \text{ t}$$

Le tonnage moyen de la carapace sera égale à 3,465 tonnes, ce qui fait que :  $W_{50} \in [3 - 5\text{t}]$ .

Et pour l'épaisseur de la carapace :

$$W_{50} = 3,465 \text{ t.}$$

$$n = 2.$$

$$K_t = 1,15.$$

$$E = 2 \times 1,15 \times \sqrt[3]{\frac{3,465}{2,65}} = 2,51 \text{ m.}$$

#### **b)- Conception du premier filtre et du noyau :**

En utilisant les résultats obtenus pour la carapace, on obtient les valeurs suivantes :

$$0,18 < W_{\text{filtre}} < 0,45 \text{ t.}$$

Le premier filtre a un tonnage  $\in [180 - 450 \text{ kg}]$ .

Il appartient déjà à la catégorie du tonnage traditionnel du noyau  $W_{\text{filtre}} < 750 \text{ kg}$  ; donc il est déjà inclus dans le noyau. Pour la partie courante de l'épi, on n'a pas besoin d'un filtre, le noyau est déjà suffisant.

Le noyau est constitué généralement de sédiments du Tous venant Carrière (TVC) de diamètre moyen compris entre  $[1 - 500 \text{ kg}]$ .

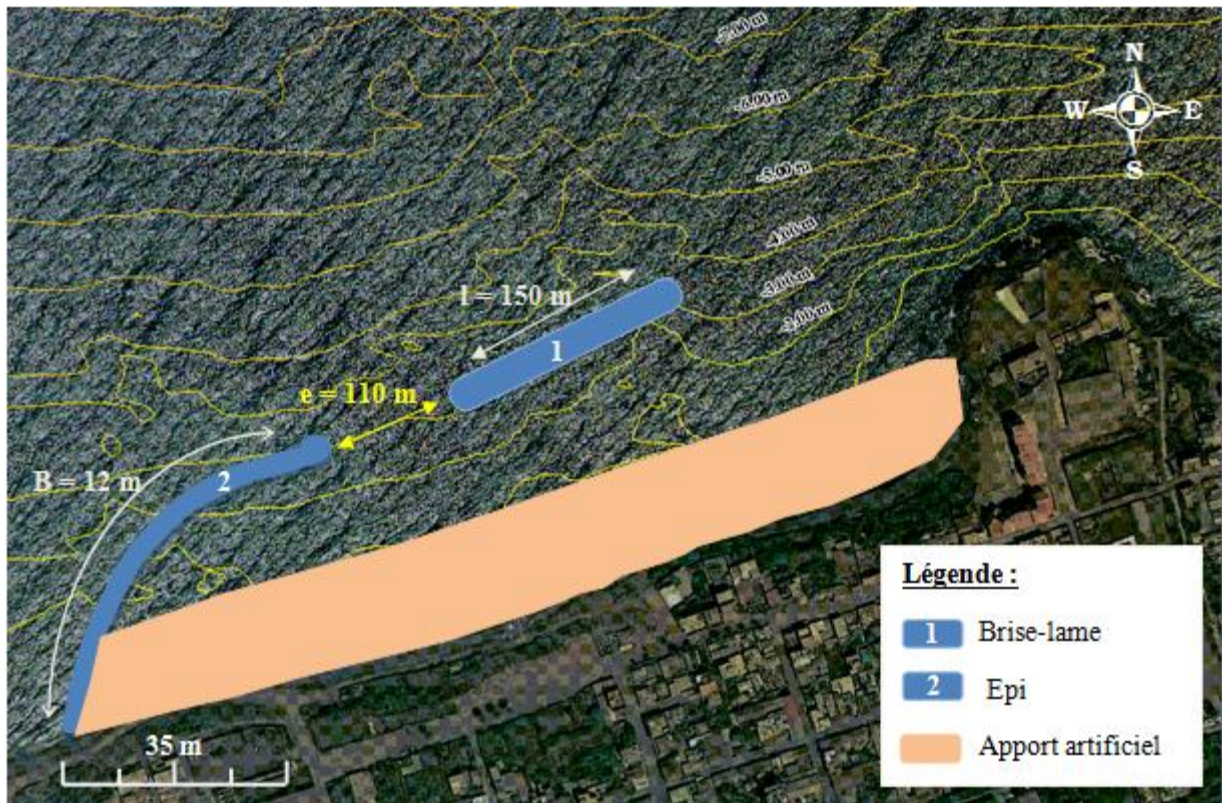
#### **c)- Conception du musoir et de la partie coude**

Le musoir protège l'ouvrage des houles frontales et le coude le protège des houles obliques, leurs stabilités peut être vérifiées par la formule de Hudson, et un  $K_D$  égal à 2,5 ; les calculs obtenus pour les paramètres structuraux sont résumés dans le tableau suivant :

**Tab N°20 :** Résultats obtenus pour le dimensionnement de la stabilité de carapace (partie musoir et coude de l'épi)

Partie de l'ouvrage	Symbole	Application numérique	Résultats	
			Catégorie	
Carapace	$W_{\text{carapace}}$	$W_{\text{carapace}} = \frac{2,65 \times 3,00^3}{2,5 \left( \frac{2,65}{1,028} - 1 \right)^3 \times 1,5}$	$W_{50} = 4,85 \text{ t}$	[4-6 t]
	Épaisseur (E)	$E = 2 \times 1,15 \times \sqrt[3]{\frac{5}{2,65}}$	E=2,84	
Le premier filtre et noyau	$W_{\text{filtre}}$ Épaisseur (E)	$0,04 \times 5 < W_{\text{filtre}} < 0,1 \times 5$ $0,20 < W_{\text{filtre}} < 0,50$	$W_{\text{filtre}} = 0,35 \text{ t}$ $W_{\text{filtre}} < 750 \text{ kg}$ Donc pas de filtre	[1-500 kg]
La largeur en crête	$B = 4 \times H_s$	4 x 3,00 m	B = 12 m	

Les figures suivantes illustrent le plan de masse des épis en arc et de l'apport artificiel considéré ainsi les profils de sa partie courante et du musoir :



**Fig N°28 :** Implantation de l'épi en arc et de l'apport artificiel (Mouhoubi et Ouabel, 2012).



### IV.2.3.2. Impacts des épis

Les épis en arc associent les caractéristiques des brise-lames à la fonction classique de barrière des épis. Ils peuvent également être considérés comme un type de cap artificiel. Leur utilisation est fréquente lorsque le marnage est faible (p. ex. en Méditerranée) dans le but de créer des plages de poche (baie ou crique), par association à un rechargement de plage.

### IV.2.4. Variante n°4

Elle repose sur le système d'Ecoplage.

#### IV.2.4.1. Définition et principe

Il s'agit d'un système mécanique qui absorbe, à l'aide d'une pompe, l'énergie de la houle (Fig N°31). Il draine ainsi l'eau par dépression dans une canalisation souterraine et permet l'engraissement de la plage par les sables en suspension portés par la houle. Il présente l'avantage d'être invisible car il est enterré sous la plage (Ramoge, 2002). Il constitue ainsi un frein au processus d'érosion et permet la reconstitution plus rapide de la plage après une tempête.

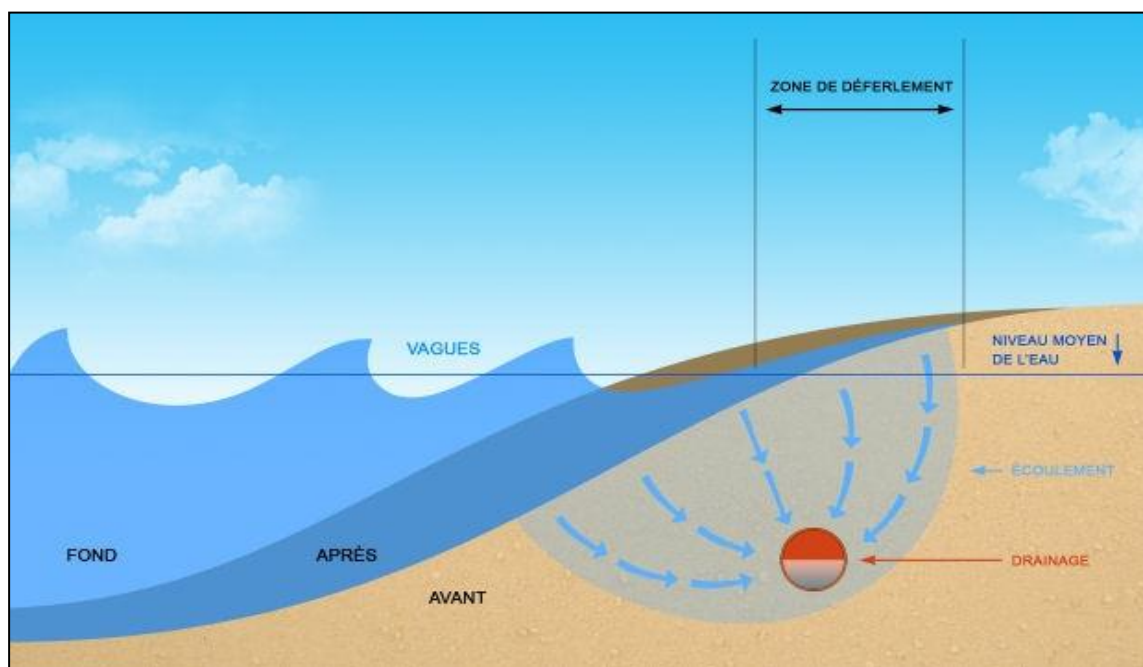
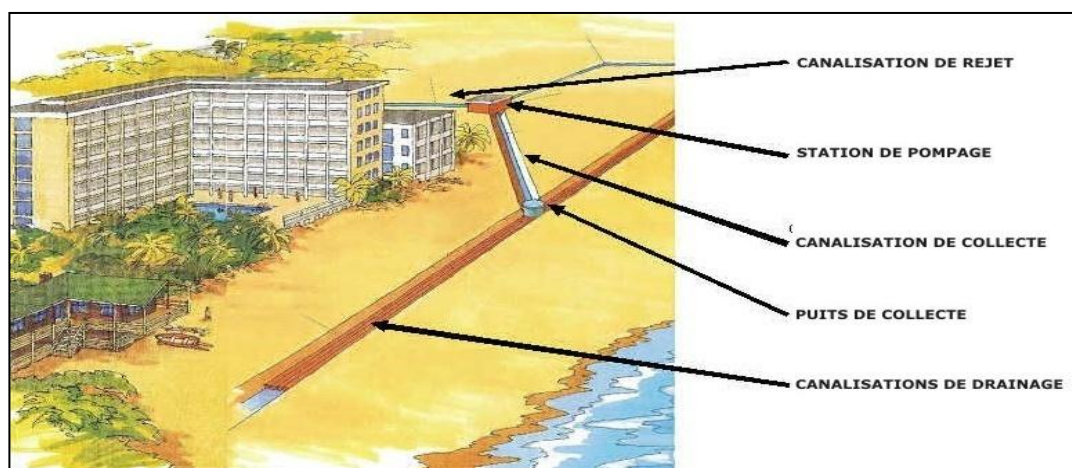


Fig N°31 : Principe de fonctionnement du système Ecoplage (Ecoplage ©, 2012).

#### IV.2.4.2. Mis en œuvre

Le système se compose de :

- Un ou plusieurs drains: installés parallèlement au trait de côte, ils permettent à l'eau de la vague de s'infiltrer par dépression, assurant ainsi une désaturation du sable et permettant ainsi une bonne captation des sédiments sur le haut de plage ;
- De puits collecteurs et canalisations de transports qui permettent à l'eau captée par les drains de s'écouler, par gravité, jusqu'à une station de pompage ;
- Une station de pompage: elle a pour rôle d'évacuer l'eau de mer filtrée. Cette eau, parfaitement propre, peut être, selon le cas, rejetée à la mer ou bien utilisée pour des activités situées à proximité et nécessitant un approvisionnement en eau de mer filtrée (unité de dessalement, piscine, aquarium, thalasso, pisciculture, ...).



**Fig N°32 :** Schématisation de la mise en œuvre du système Ecoplage (Ecoplage ©, 2012).

#### IV.2.4.3. Applicabilité au site d'étude

Le système Ecoplage est adapté au site de Sidi Ghiles Centre et pourrait avantageusement venir compléter une défense de haut de plage qui permettrait de fixer le rivage aux endroits les plus menacés.

#### IV.2.4.4. Impacts du système Ecoplage

Il possède énormément d'avantages, on cite :

- Stabilisation des sédiments sur la surface de la plage : les sédiments sont "plaqués au sol" ;
- Diminution de la force de reflux des vagues (les vagues repartent avec moins d'énergie, puisqu'une partie de l'eau est absorbée par la plage) ;
- Diminution des exports de sédiments causés par les écoulements des eaux issues de la nappe phréatique (des terres vers la mer) ;
- Augmentation des dépôts de sédiments transportés par les vagues sur la plage

Ainsi, le procédé permet l'arrêt de l'érosion et favorise même, selon les conditions, un engraissement de la plage, ce qui enrichit le "cercle vertueux" de deux effets positifs supplémentaires :

- Création d'une pente plus longue sur laquelle les vagues perdront encore plus de leur énergie ;
- Constitution d'une réserve de stock sableux qui constituera une zone "tampon" contre l'érosion lors de la tempête suivante.

Cependant son coût reste assez élevé vu que c'est une nouvelle technique qui n'a vu le jour que depuis quelques années, il est estimé à 1 300 000 euros en plus de son entretien annuel qui revient aussi à 10 000 euros. Elle reste donc une solution qui ne peut être utilisée que lorsqu'on est face à une protection d'une plage touristique qui pourrait nous faire bénéficier des rentrés très importants ; ainsi on pourra couvrir son coût d'installation.

#### IV.2.5. Conclusion générale

Toutes les variantes proposées précédemment aident dans la lutte contre le phénomène d'érosion, avec des principes différents l'une de l'autre, le choix de l'une ou de l'autre dépend des moyens du chef de l'ouvrage ainsi que de l'objectif final à rechercher. Si on prévoit encore le réaménagement de l'avant plage, tout en déplaçant les déchets accumulés à son niveau, en plus de l'élimination du rejet ou à défaut son réorientation pour l'éloigner le maximum de la côte.

L'aménagement de la plage de Sidi Ghiles est une étape importante dans l'évolution de cette commune, qui reste jusqu'alors une commune très modeste aux richesses non négligeables. Ainsi, il faut choisir un aménagement qui lui convient tout en préservant ses potentialités.

---

**CHAPITRE V :**  
**GESTION INTÉGRÉE DES**  
**ZONES CÔTIÈRES**

---

### **V.1. Gestion Intégrée des Zones Côtières (GIZC)**

Sidi Ghiles englobe un écosystème hautement diversifié, de plus de sa position géostratégique qui lui confère une sensibilité particulière ; vis-à-vis des aléas à l'environnement (pollution, érosion, surexploitation des ressources vivantes marines, détérioration de l'habitat, changements climatiques,..). De ce fait, une gestion intégrée de la zone côtière (GIZC) représente une approche qui doit permettre à la fois la préservation de cet espace ainsi que la gestion durable de ces ressources.

D'après la définition de l'Ifremer ; la gestion intégrée des zones côtières est une approche de la gestion intégrée de l'espace et des ressources prenant simultanément en compte tous les enjeux terrestres et marins, naturels économiques et sociaux d'une zone littorale définie comme territoire cohérent de réflexion et d'action.

L'objectif final d'une GIZC est de construire des instruments de régulation permettant de garantir les équilibres entre activités humaines et ressources humaines et naturelles, afin notamment de ne pas surexploiter les ressources pas, peu, difficilement, lentement ou coûteusement renouvelables, halieutiques et touristiques en particulier, dans un but général de développement durable. Nous allons dans un premier temps élaborer un bilan des différentes atteintes au milieu côtier, pour en déduire l'état global des lieux.

### **V.2. L'élaboration du bilan des atteintes aux milieux**

Le linéaire côtier étudié occupe 85 km environ, il englobe les côtes des communes suivantes : Cherchell, Sidi Ghiles, Hadjret el Nouss et Gouraya. L'évaluation de cette portion côtière nous a permis de ressortir les menaces potentielles et les pressions environnementales examinées (aussi bien anthropiques que naturelles) exercées ; ainsi que les solutions probables qui doivent être prévues dès aujourd'hui.

En effet plusieurs paramètres interviennent dans l'évolution de cette zone et dégradent d'une manière directe ou indirecte le milieu et les ressources qui le recèlent. Les différentes pressions aussi bien anthropiques que naturelles qu'on peut recenser au niveau de ces zones, ainsi que les solutions prévues dès aujourd'hui sont résumées dans le tableau suivant :

**Tab N° 21** : Récapitulatif des menaces sur l'écosystème des zones étudiées (Cherchell, Sidi Ghiles, Hadjret el Nouss et Gouraya)

Thèmes du littoral, problèmes	Indicateurs	Solutions à proposer
Erosion	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Très significative ces dernières années estimée à : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cherchell = 0,45 M/an.</li> <li>- Sidi Ghiles = 0,51 m/an.</li> <li>- Hadjret el Nouss = 0,65 m/an.</li> <li>- Gouraya = 0,50 m/an.</li> </ul> </li> <li>• Prélèvement abusifs de sable de l'Oued Messelmoune et Oued et Sebt réduisant les apports en particules solides et accentuant le recule du trait de côte.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconstitution de la plage par rechargement naturel.</li> <li>• Protection du pied de la falaise.</li> <li>• La maîtrise de l'urbanisation et de l'artificialisation.</li> <li>• Rétablir toute la végétation sur la zone en y semant de l'herbe ou en y plantant des arbres et des arbustes.</li> <li>• Préservation des sites naturelles et leur mise en valeur par des aménagements intégrés.</li> </ul>
Hydrodynamique	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les houles frontales et obliques sont les plus dominants ; le recul du trait de côte on en témoigne clairement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Préservation des sites naturelles et leur mise en valeur par des aménagements intégrés.</li> </ul>
Plage	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Piétinement de la végétation du haut de plage.</li> <li>• L'extraction abusive du sable de plage et des oueds.</li> <li>• L'afflux de visiteurs met en péril les équilibres géomorphologiques des lieux les plus sensibles.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reboisement et restauration des habitats forestiers.</li> <li>• Surveillance du bâti illégal près des plages</li> <li>• Contrôle extractions illicites de sable.</li> </ul>
Composante socio-économique et constructions illégales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Phénomène de littoralisation, 48% de la population des communes côtières, dont la majorité se concentre dans la partie Est.</li> <li>• Urbanisation non réglementée et extension des douars.</li> <li>• Des constructions illicites sur la bande de servitudes des 300 m.</li> <li>• Extension des douars et des petits villages.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evacuation des habitations existantes à l'intérieur de la zone des 300 m ainsi qu'une interdiction de construction près des plages et dans cette zone.</li> <li>• Démolition des constructions dégradées.</li> <li>• Prévoir des habitations dans des zones adéquates, suffisantes pour tous ces gens.</li> <li>• La maîtrise de l'occupation du sol en mettant en conformité les instruments d'urbanisme et de gestion avec les dispositions de la loi 02-02 du littoral.</li> </ul>

Pêches artisanales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La wilaya de Tipaza compte 9 sites soit 14% du total des sites de pêche : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Deux ports de pêche un à Cherchell et un autre à Gouraya.</li> <li>- Une plage ouverte à Sidi Ghiles.</li> <li>- Un site d'abris naturel à Hadjret el Nouss.</li> <li>- La présence des engins de pêche composés de trémail sont dominant.</li> <li>- Les espèces ciblées sont le Rouget, Mustel et le Pagre.</li> <li>- La pêche sur les herbiers arrachant des mattes entières de phanérogames</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'exploitation des ressources halieutiques sur la base d'une meilleure connaissance des stokes, d'un effort de pêche adapté et des aménagements appropriés en amont et en aval de ce secteur d'activité.</li> <li>• Sauvegarder les écosystèmes d'importance cruciale dans la zone (aires de reproduction et de nutrition) et les stocks halieutiques menacés par une exploitation intensive des ressources et par la pollution.</li> <li>• Interdiction de toutes formes de pêches, de la chasse sous-marine et de toutes autres activités qui perturbent les milieux.</li> </ul>
Pollution	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Activités portuaires polluantes : entretien (peinture), navigation (hydrocarbures) au niveau du port de Cherchell.</li> <li>• Rejets d'eaux usées domestiques et de macro déchets polluant le bassin de plusieurs communes (surtout Sidi Ghiles photo 1 et 2). Plusieurs rejets sont recensés (un rejet principal à Sidi Ghiles...)</li> <li>• Ecoulement des eaux fluviales durant le période des pluies.</li> <li>• Rejets d'eaux industriels : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Au niveau de Hadjret el Nouss par la centrale électrique et au niveau de Cherchell par la biscuiterie (nouvelle biscuiterie de Cherchell....)</li> </ul> </li> <li>• Insuffisance de stations d'épuration pour les eaux usées domestiques et industriels, cas de Cherchell, Sidi Ghiles et Gouraya</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'épuration des eaux usées est d'une nécessité primordiale pour éviter toutes les incidences sur l'écologie du milieu marin.</li> <li>• Mise en marche des stations d'épuration qui prendront en charge les rejets du Nador et de Tipaza.</li> <li>• Toute activité industrielle doit effectuer le traitement de ces eaux usées avant qu'elles soient acheminées vers la mer.</li> <li>• L'usage de techniques plus propres pour l'entretien des ouvrages portuaires.</li> <li>• Emploi de technique de pompage et de dépollution.</li> <li>• Prévoir des Reniflards pour l'aération des eaux.</li> <li>• Aménagements légers du port permettant plus d'échange entre les eaux des bassins et les eaux du large.</li> <li>• Prévoir de nouvelles STEP (une STEP est une station d'épuration des eaux usées)</li> </ul>
Agriculture	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cherchell et ses communes adjacentes sont connus par leurs terres fertiles couvrant une superficie de 170700 ha.</li> <li>• Lessivage de ces terres entraine des pesticides vers la mer et créent ainsi une pollution.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'usage de techniques plus propres pour l'entretien et la fertilisation des terres agricoles.</li> <li>• La réglementation des quantités utilisées.</li> </ul>

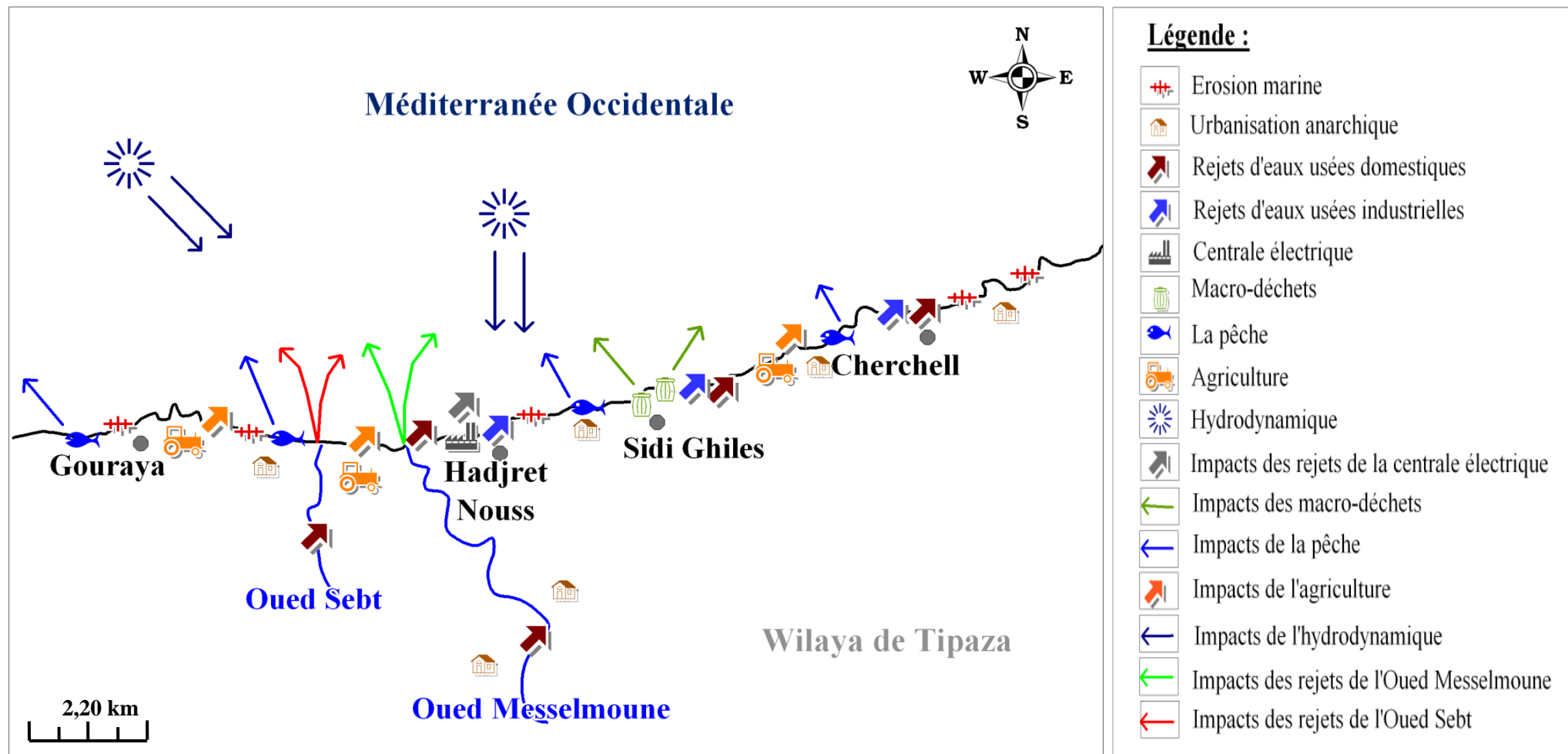


Fig N°33 : Pressions naturelles et anthropiques dans Sidi Ghiles et les communes adjacentes (Mouhoubi et Ouabel, 2012).

---

# CONCLUSION

---

## Conclusion

L'étude sur l'érosion côtière de la plage Centre de Sidi Ghiles nous a permis de dégager les points suivants :

Le recul annuel moyen du trait de côte estimé à 0.25 m/an depuis 1960.

La carte bathymétrique montre des isobathes régulières, espacées et présentant des fonds assez réguliers avec une pente moyenne de l'ordre de 2,5 % et ne montrent pas d'accidents topographiques majeurs.

L'étude de la réfraction avec le logiciel Swan a montré que le site d'étude est exposé aux houles du secteur Nord, Nord-Est et 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.

La plage Ouest de Sidi Ghiles est caractérisée par la présence de plusieurs types de matériaux variant du moyen vers le grossier. C'est une plage sableuse à gravillons et galets, présentant quelques végétations du type halophiles.

Le transit littoral a été estimé à 23676 m<sup>3</sup>/an, dirigé de l'Est vers l'Ouest.

Les travaux d'ingénierie pour protéger les plages font aujourd'hui l'objet d'une réévaluation critique à la lumière des travaux des naturalistes. L'évolution naturelle d'une plage, qui n'est soumise à aucune contrainte d'aménagement, serait le moyen de défense le plus efficace, mais la forte anthropisation de la bande littorale a rendu nécessaire la lutte contre le phénomène érosif pour protéger les infrastructures construites à proximité des rivages.

Pour toute défense contre l'érosion, il est donc plus efficace de se tourner vers des ouvrages de défense souples qui travaillent en harmonie avec les dynamiques naturelles en jeu et ont ainsi un moindre impact sur le littoral, plutôt que d'utiliser des ouvrages de défense rigides qui tendent à réprimer les processus côtiers.

Cependant, la diversité des phénomènes à l'origine de l'érosion littoral conduit à une diversité de réponse techniques qui ne s'opposent pas forcément les unes aux autres, mais qui sont souvent complémentaires. En effet, pour améliorer l'efficacité des interventions de protection sur le site de Sidi Ghiles, on a opté pour des défenses de natures mixtes à savoir :

Des brise-lames immergés en enrochement avec un apport artificiel de sable :

Des brise-lames immergés en géotubes avec un apport artificiel de sable :

Epi en arc associé à un brise-lame et un apport artificiel de sable.

En plus d'une nouvelle méthode nommée « Ecoplage »

Pour mieux apprécier les avantages et les inconvénients de chaque méthode, un tableau récapitulatif a été élaboré :



**Tab N°22 :** Comparaison des variantes proposées.

Variantes	Avantages	Inconvénients	Coût
Variante N°1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Création d'un gradient longitudinal des hauteurs des houles du côté de la plage.</li> <li>- Favorisation de l'engraissement du trait de côte.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Impacts environnementaux négatifs par l'augmentation de la turbidité.</li> <li>- L'agitation est réduite du côté de la plage ce qui défavorise le renouvellement des eaux.</li> </ul>	X
Variante N°2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Facilité d'exécution.</li> <li>- Intégration facile dans le paysage.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Le géotextile peut être facilement endommagé volontairement ou involontairement.</li> <li>- Les conditions du vieillissement du géotextile ne sont pas convenablement connues.</li> </ul>	X/5
Variante N°3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Minimisation des effets de la réflexion des houles sur le côté concave de l'épi.</li> <li>- La plage est accessible même lorsque la mer est agitée.</li> <li>- Les risques des pertes du sable injecté sont minimes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Impact sédimentaire possible sur les zones avoisinantes.</li> <li>- Affectation de la qualité du paysage naturel.</li> <li>- Le renouvellement des eaux est défavorisé.</li> </ul>	3X
Variante N°4	<ul style="list-style-type: none"> <li>- l'esthétique de la plage est conservée.</li> <li>- Utilisation de l'eau drainée dans plusieurs domaines (Agriculture, aquaculture, piscine, consommation humaine).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vu que c'est méthode récente, son impact sur l'écosystème marin n'est pas encore déterminé.</li> </ul>	30X



La variable retenue étant celle de deux brise-lames immergés en géotubes, vu que c'est la plus économique, celle qui s'intègre le mieux au paysage, étant immergée elle ne modifie pas l'esthétique de la plage. C'est une technique récente qui a prouvé son efficacité à plusieurs reprises, dans des projets de grandes envergures (Lac Waterloo...). Les géotubes sont même utilisables en avant-plage pour sécuriser la pente, ou sur la plage pour remodeler directement le trait de côte à l'aide d'un apport artificiel ; c'est la méthode « stabiplage ».

Comme toute la côte algérienne est soumise à ce genre de phénomène ; dont les origines peuvent venir de très loin, la zone de Sidi Ghiles n'y échappe pas, il est donc souhaitable que des études GIZC soient effectuées pour non seulement trouver des solutions adéquates mais aussi harmoniser le type de protection ou proposer des solutions à la hauteur du phénomène observé.

---

# ANNEXES

---

## ANNEXE I

**Tab I.1** : Répartition des précipitations cumulées mensuelles en fonction des années (1994-2005)

	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
1994	36,70	60,00	43,50	9,70	0,00	23,00	0,00	40,00	44,00	21,70	30,00	25,20
1995	18,20	25,00	25,00	57,50	2,90	9,70	2,50	1,60	45,40	13,00	50,20	19,50
1996	28,00	38,00	4,00	32,50	6,50	0,00	2,50	1,00	42,20	49,00	8,00	7,80
1997	6,20	14,30	14,50	22,60	57,00	0,00	1,20	2,50	8,00	26,20	32,70	20,00
1998	45,50	27,00	32,20	4,50	0,00	0,00	0,00	0,00	13,00	14,00	20,00	17,50
1999	12,20	0,00	7,00	1,40	36,50	0,00	0,30	0,00	12,00	9,70	39,00	89,90
2000	12,70	18,90	0,00	44,00	6,00	0,00	0,00	0,00	0,40	20,00	49,50	18,50
2001	10,50	10,80	44,20	12,80	14,60	0,80	13,60	8,80	28,50	1,00	207,30	23,40
2002	36,00	19,60	7,60	11,20	8,20	0,30	2,20	6,10	18,50	13,10	28,90	22,30
2003	23,70	14,60	20,10	52,20	28,70	10,20	1,20	6,40	11,70	6,80	40,30	16,20
2004	16,20	27,20	27,00	15,40	1,10	0,00	0,00	0,40	25,60	11,20	35,60	19,10
2005	28,40	12,70	2,70	1,50	70,40	3,20	0,00	0,60	2,10	18,00	30,30	52,60
Moyenne	22,86	22,34	18,98	22,11	19,33	3,93	1,96	5,62	20,95	16,98	47,65	27,67

## ANNEXE II

**Tab II.2 :** Amplitudes de la houle et de la fréquence d'apparition par direction et par période

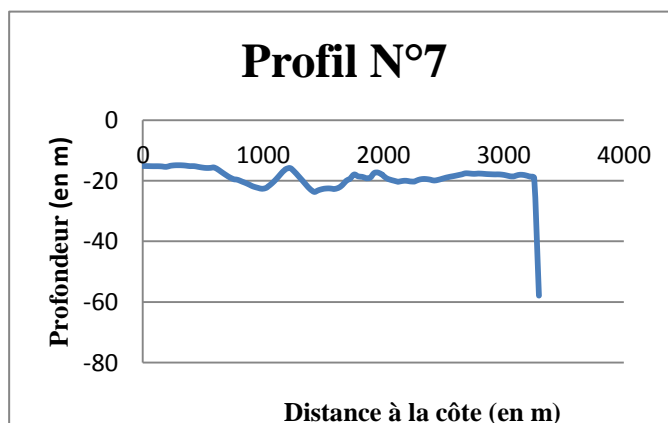
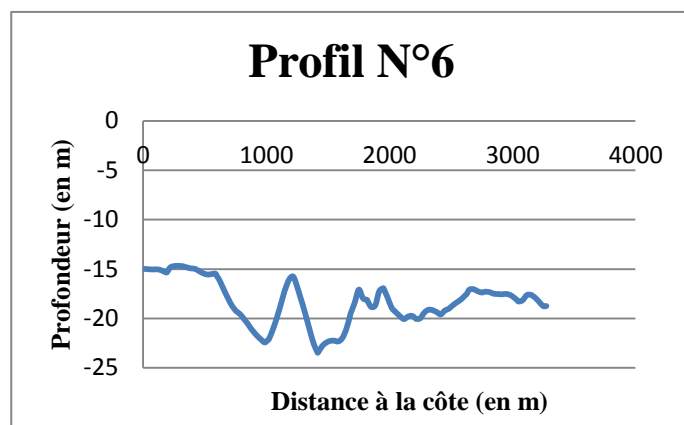
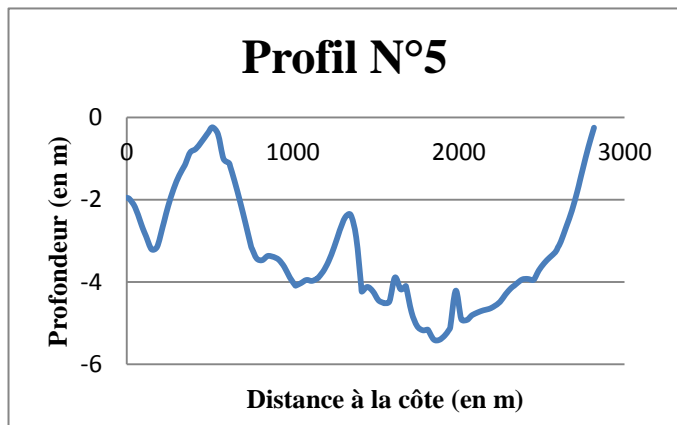
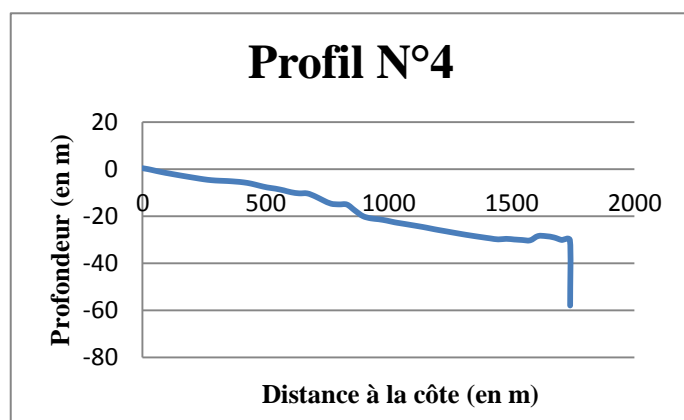
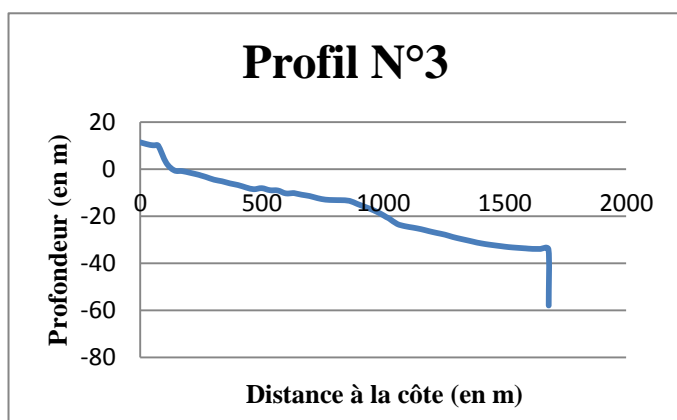
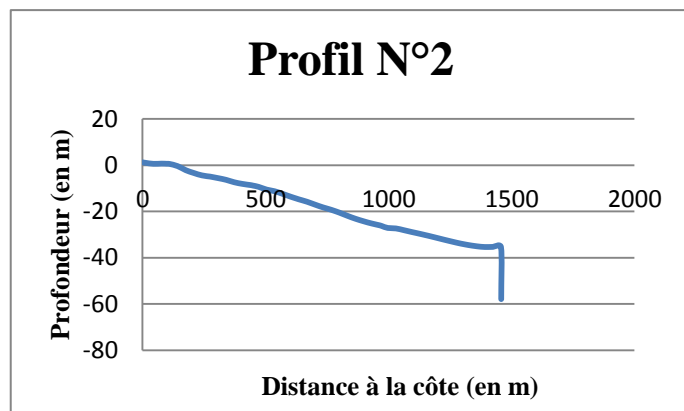
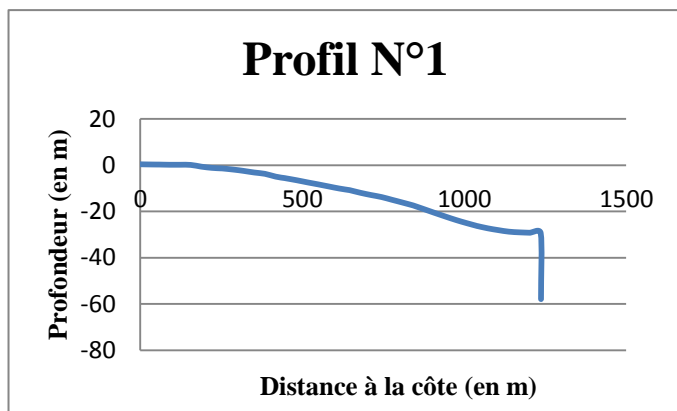
Période	Amplitude au large		Arrondie	Les fréquences l'apparition							
	foot	mètre		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
	6	<1		<0,305	0	23,61	14,51	17,19	28,42	27,91	14,42
6	1-2	0,457	0,5	34,70	37,80	39,84	47,48	44,44	30,78	24,54	31,27
6	3-4	1,067	1	19,53	28,40	27,96	18,71	17,34	27,61	27,28	25,26
6	5-6	1,676	1,5	10,16	12,11	11,01	3,60	7,86	16,05	16,31	13,92
6	7	2,134	2	5,41	4,24	2,39	1,08	1,63	5,62	10,07	7,04
8	8-9	2,591	2,5	3,30	1,54	1,22	0,36	0,81	2,97	4,81	3,26
8	10-11	3,2	3	1,85	0,49	0,29	0,36	0,00	1,53	2,38	1,20
8	12	3,658	3,5	0,40	0,31	0,05	0,00	0,00	0,51	1,39	0,86
8	13-16	4,42	4	0,66	0,31	0,00	0,00	0,00	0,31	1,08	0,52
10	17-19	5,486	5	0,40	0,31	0,00	0,00	0,00	0,20	0,22	0,00
10	20-22	6,4	6	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,27	0,00
10	23-25	7,315	7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00
10	26-32	8,839	9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00

**Tab II.3 :** Amplitudes de houle par direction et par périodicité d'apparition

Direction	Amplitude de houles					
	Biannuelle	Quinquennale	Décennale	Vingtennale	Cinquantennale	Centennale
N	4,07	4,90	5,53	6,16	7,00	7,63
NE	4,06	4,75	5,27	5,79	6,47	6,99
E	3,06	3,50	3,83	4,17	4,61	4,94
SE	1,98	2,44	2,78	3,13	3,59	3,93
S	-6,14	-6,65	-7,03	-7,41	-7,91	-8,30
SW	3,97	4,71	5,27	5,84	6,58	7,14
W	6,34	7,45	8,29	9,13	10,24	11,08
NW	3,64	4,41	4,99	5,58	6,35	6,93
Périodicité d'apparition	0,00046	0,00018	0,00009	0,00005	0,00002	0,00001

## ANNEXE III

### Profil III.1 : Les profils bathymétriques de la zone d'étude



**Tab III.4** : Résultats de la réfraction du secteur N45°, T=6s et H<sub>s</sub> = 1,09 m

Caractéristiques de la houle au large Dir: N45° Tp= 6s H=1,09 m							
N ° point	X(utm)	Y(utm)	Hs	Tp	Kr	Angle d'arrivé	Prof.(m)
1	421533	4049381	0,80129	4,89	0,74	20	-3,0
2	421424	4049354	0,80861	4,90	0,74	20	-3,1
3	421360	4049327	0,80975	4,91	0,74	19	-3,2
4	421271	4049292	0,81105	4,91	0,74	18	-3,2
5	421126	4049286	0,80832	4,83	0,74	25	-3,1
6	421177	4049276	0,80144	4,86	0,74	21	-3,0
7	421129	4049370	0,83421	4,75	0,77	29	-5,0
8	421189	4049355	0,82541	4,76	0,76	26	-4,9
9	421290	4049379	0,82806	4,77	0,76	25	-5,0
10	421366	4049412	0,8357	4,78	0,77	26	-4,9
11	421509	4049453	0,82704	4,77	0,76	27	-5,0
12	421551	4049674	0,90184	4,72	0,83	37	-10,0
13	421466	4049661	0,90386	4,72	0,83	37	-10,0
14	421339	4049633	0,90639	4,73	0,83	37	-9,9
15	421147	4049607	0,91952	4,75	0,84	37	-9,9
16	421266	4049615	0,90847	4,73	0,83	37	-9,9
17	421126	4049241	0,71701	4,88	0,66	23	-2,1
18	421186	4049233	0,69821	4,93	0,64	19	-2,0
19	421285	4049252	0,73919	4,99	0,68	15	-2,2
20	421471	4049306	0,74727	5,03	0,69	16	-2,0
21	421382	4049279	0,78201	5,05	0,72	14	-2,1
22	421549	4049332	0,73002	4,99	0,67	16	-2,1
23	421123	4049332	0,82396	4,78	0,76	27	-4,1
24	421188	4049317	0,81594	4,81	0,75	23	-4,0
25	421300	4049344	0,82153	4,84	0,75	22	-4,1
26	421375	4049375	0,82472	4,82	0,76	23	-4,0
27	421518	4049417	0,81543	4,83	0,75	24	-4,0

**Tab III.5** : Résultats de la réfraction du secteur N45°, T=8s et H<sub>s</sub> = 2,56 m

Caractéristiques de la houle au large Dir: N45° Tp= 8s H=2,56 m							
N ° point	X(utm)	Y(utm)	Hs	Tp	Kr	Angle d'arrivé	Prof.(m)
1	421533	4049381	1,61701	6,8267	0,63	16	-3,0
2	421424	4049354	1,63945	6,815	0,64	16	-3,1
3	421360	4049327	1,63063	6,8194	0,64	15	-3,2
4	421271	4049292	1,63239	6,8634	0,64	14	-3,2
5	421126	4049286	1,63507	6,8008	0,64	20	-3,1
6	421177	4049276	1,6203	6,8583	0,63	16	-3,0
7	421129	4049370	1,91548	6,6072	0,75	23	-5,0
8	421189	4049355	1,86041	6,6359	0,73	20	-4,9
9	421290	4049379	1,88169	6,6518	0,74	18	-5,0
10	421366	4049412	1,85931	6,6275	0,73	19	-4,9
11	421509	4049453	1,84636	6,5735	0,72	21	-5,0
12	421551	4049674	1,96801	6,3069	0,77	31	-10,0
13	421466	4049661	1,9702	6,3045	0,77	31	-10,0
14	421339	4049633	1,99021	6,3321	0,78	30	-9,9
15	421147	4049607	2,05406	6,3993	0,80	30	-9,9
16	421266	4049615	2,00626	6,3526	0,78	30	-9,9
17	421126	4049241	1,36356	6,8673	0,53	19	-2,1
18	421186	4049233	1,33295	6,9214	0,52	15	-2,0
19	421285	4049252	1,39749	6,9519	0,55	12	-2,2
20	421471	4049306	1,33439	6,9166	0,52	14	-2,0
21	421382	4049279	1,37174	6,9743	0,54	12	-2,1
22	421549	4049332	1,35016	6,8995	0,53	14	-2,1
23	421123	4049332	1,79455	6,6821	0,70	22	-4,1
24	421188	4049317	1,75343	6,7325	0,68	18	-4,0
25	421300	4049344	1,76909	6,7357	0,69	16	-4,1
26	421375	4049375	1,79495	6,7427	0,70	17	-4,0
27	421518	4049417	1,74227	6,6818	0,68	19	-4,0

**Tab III.6** : Résultats de la réfraction du secteur N45°, T=10s et H<sub>s</sub> = 5,05 m

Caractéristiques de la houle au large Dir: N45° Tp= 10s H=5,05 m							
N ° point	X(utm)	Y(utm)	Hs	Tp	Kr	Angle d'arrivé	Prof.(m)
1	421533	4049381	2,32826	8,9228	0,46	14	-3,0
2	421424	4049354	2,34031	8,9426	0,46	13	-3,1
3	421360	4049327	2,3495	8,9864	0,47	12	-3,2
4	421271	4049292	2,33912	9,0375	0,46	11	-3,2
5	421126	4049286	2,32121	8,9536	0,46	16	-3,1
6	421177	4049276	2,282	9,0173	0,45	13	-3,0
7	421129	4049370	3,05388	8,8687	0,60	18	-5,0
8	421189	4049355	2,97371	8,8955	0,59	15	-4,9
9	421290	4049379	2,9912	8,9008	0,59	13	-5,0
10	421366	4049412	2,98923	8,8151	0,59	15	-4,9
11	421509	4049453	3,02221	8,7526	0,60	17	-5,0
12	421551	4049674	3,7422	8,2656	0,74	25	-10,0
13	421466	4049661	3,75385	8,2663	0,74	25	-10,0
14	421339	4049633	3,83701	8,3319	0,76	24	-9,9
15	421147	4049607	4,00815	8,4077	0,79	23	-9,9
16	421266	4049615	3,88967	8,3648	0,77	23	-9,9
17	421126	4049241	1,87446	8,9876	0,37	16	-2,1
18	421186	4049233	1,84526	9,054	0,37	12	-2,0
19	421285	4049252	1,91449	9,1015	0,38	10	-2,2
20	421471	4049306	1,76077	9,0413	0,35	11	-2,0
21	421382	4049279	1,77154	9,138	0,35	9	-2,1
22	421549	4049332	1,85082	8,9918	0,37	12	-2,1
23	421123	4049332	2,74084	8,8963	0,54	17	-4,1
24	421188	4049317	2,66513	8,944	0,53	14	-4,0
25	421300	4049344	2,69475	8,948	0,53	13	-4,1
26	421375	4049375	2,69356	8,9223	0,53	13	-4,0
27	421518	4049417	2,70527	8,8165	0,54	16	-4,0

**Tab III.7** : Résultats de la réfraction du secteur N45°, T=11,8s et H<sub>s</sub> = 5,79 m

Caractéristiques de la houle au large Dir: N45° Tp= 11,8s H=5,79 m							
N ° point	X(utm)	Y(utm)	Hs	Tp	Kr	Angle d'arrivé	Prof.(m)
1	421533	4049381	2,47187	10,84	0,43	10	-3,0
2	421424	4049354	2,49984	10,85	0,43	10	-3,1
3	421360	4049327	2,4864	10,91	0,43	8	-3,2
4	421271	4049292	2,45749	10,98	0,42	8	-3,2
5	421126	4049286	2,40013	10,92	0,41	12	-3,1
6	421177	4049276	2,37982	10,97	0,41	10	-3,0
7	421129	4049370	3,26315	10,78	0,56	14	-5,0
8	421189	4049355	3,18236	10,82	0,55	11	-4,9
9	421290	4049379	3,21556	10,83	0,56	10	-5,0
10	421366	4049412	3,23787	10,75	0,56	11	-4,9
11	421509	4049453	3,27063	10,67	0,56	13	-5,0
12	421551	4049674	4,283	10,20	0,74	19	-10,0
13	421466	4049661	4,30428	10,21	0,74	20	-10,0
14	421339	4049633	4,42136	10,30	0,76	19	-9,9
15	421147	4049607	4,60989	10,37	0,80	17	-9,9
16	421266	4049615	4,47775	10,34	0,77	18	-9,9
17	421126	4049241	1,92258	11,00	0,33	12	-2,1
18	421186	4049233	1,92521	11,02	0,33	9	-2,0
19	421285	4049252	1,9832	11,06	0,34	6	-2,2
20	421471	4049306	1,86707	10,95	0,32	7	-2,0
21	421382	4049279	1,83583	11,08	0,32	5	-2,1
22	421549	4049332	1,9462	10,92	0,34	8	-2,1
23	421123	4049332	2,89782	10,82	0,50	13	-4,1
24	421188	4049317	2,82797	10,88	0,49	11	-4,0
25	421300	4049344	2,87134	10,88	0,50	9	-4,1
26	421375	4049375	2,88517	10,84	0,50	10	-4,0

**Tab III.8** : Résultats de la réfraction du secteur N315°, T=6s et H<sub>s</sub> = 1,00 m

Caractéristiques de la houle au large Dir: N360° Tp= 6s H=1,00 m							
N ° point	X(utm)	Y(utm)	Hs	Tp	Kr	Angle d'arrivé	Prof.(m)
1	421533	4049381	0,96277	5,1269	0,96	355	-3,0
2	421424	4049354	0,9337	5,101	0,93	354	-3,1
3	421360	4049327	0,90796	5,0781	0,91	354	-3,2
4	421271	4049292	0,90747	5,0496	0,91	357	-3,2
5	421126	4049286	0,90435	5,0248	0,90	2	-3,1
6	421177	4049276	0,90324	5,0315	0,90	0	-3,0
7	421129	4049370	0,90382	4,9386	0,90	1	-5,0
8	421189	4049355	0,90753	4,9545	0,91	360	-4,9
9	421290	4049379	0,91826	4,9643	0,92	357	-5,0
10	421366	4049412	0,93667	4,997	0,94	356	-4,9
11	421509	4049453	0,94479	5,0102	0,94	357	-5,0
12	421551	4049674	0,93299	4,9043	0,93	359	-10,0
13	421466	4049661	0,93801	4,9167	0,94	359	-10,0
14	421339	4049633	0,94432	4,9325	0,94	359	-9,9
15	421147	4049607	0,93259	4,9084	0,93	359	-9,9
16	421266	4049615	0,94011	4,9242	0,94	359	-9,9
17	421126	4049241	0,79467	5,0523	0,79	2	-2,1
18	421186	4049233	0,77474	5,0602	0,77	360	-2,0
19	421285	4049252	0,82128	5,0903	0,82	356	-2,2
20	421471	4049306	0,85123	5,1961	0,85	353	-2,0
21	421382	4049279	0,86892	5,1772	0,87	353	-2,1
22	421549	4049332	0,85671	5,1779	0,86	355	-2,1
23	421123	4049332	0,9043	4,9788	0,90	2	-4,1
24	421188	4049317	0,9087	4,992	0,91	360	-4,0
25	421300	4049344	0,91353	5,0089	0,91	356	-4,1
26	421375	4049375	0,93977	5,0295	0,94	355	-4,0
27	421518	4049417	0,95496	5,0666	0,95	356	-4,0

**Tab III.9** : Résultats de la réfraction du secteur N315°, T=8s et H<sub>s</sub> = 2,64 m

Caractéristiques de la houle au large Dir: N315° Tp= 8s H=2,64 m							
N ° point	X(utm)	Y(utm)	Hs	Tp	Kr	Angle d'arrivé	Prof.(m)
1	421533	4049381	1,8747	7,04	0,71	332	-3,0
2	421424	4049354	1,85403	6,93	0,70	330	-3,1
3	421360	4049327	1,78621	6,84	0,68	331	-3,2
4	421271	4049292	1,72993	6,87	0,66	336	-3,2
5	421126	4049286	1,70796	6,97	0,65	341	-3,1
6	421177	4049276	1,69604	6,96	0,64	341	-3,0
7	421129	4049370	2,0441	6,77	0,77	338	-5,0
8	421189	4049355	2,00411	6,74	0,76	337	-4,9
9	421290	4049379	2,07823	6,71	0,79	332	-5,0
10	421366	4049412	2,12723	6,75	0,81	329	-4,9
11	421509	4049453	2,27213	6,88	0,86	329	-5,0
12	421551	4049674	2,44696	6,63	0,93	325	-10,0
13	421466	4049661	2,43699	6,62	0,92	324	-10,0
14	421339	4049633	2,3732	6,58	0,90	323	-9,9
15	421147	4049607	2,26258	6,49	0,86	325	-9,9
16	421266	4049615	2,31198	6,53	0,88	324	-9,9
17	421126	4049241	1,41663	7,03	0,54	342	-2,1
18	421186	4049233	1,38923	6,99	0,53	341	-2,0
19	421285	4049252	1,46272	6,92	0,55	337	-2,2
20	421471	4049306	1,46892	7,00	0,56	331	-2,0
21	421382	4049279	1,45588	6,92	0,55	332	-2,1
22	421549	4049332	1,52427	7,08	0,58	332	-2,1
23	421123	4049332	1,8973	6,85	0,72	339	-4,1
24	421188	4049317	1,86652	6,83	0,71	338	-4,0
25	421300	4049344	1,93129	6,76	0,73	332	-4,1
26	421375	4049375	2,01602	6,83	0,76	330	-4,0
27	421518	4049417	2,092	6,94	0,79	330	-4,0

**Tab III.10** : Résultats de la réfraction du secteur N315°, T=10s et H<sub>s</sub> = 4,53 m

Caractéristiques de la houle au large Dir: N315° Tp= 10s H=4,53 m							
N ° point	X(utm)	Y(utm)	Hs	Tp	Kr	Angle d'arrivé	Prof.(m)
1	421533	4049381	2,34518	9,12	0,52	334	-3,0
2	421424	4049354	2,38349	8,95	0,53	332	-3,1
3	421360	4049327	2,33289	8,92	0,51	333	-3,2
4	421271	4049292	2,24033	8,93	0,49	337	-3,2
5	421126	4049286	2,17243	8,98	0,48	341	-3,1
6	421177	4049276	2,14956	8,97	0,47	340	-3,0
7	421129	4049370	2,8695	8,88	0,63	339	-5,0
8	421189	4049355	2,82987	8,85	0,62	338	-4,9
9	421290	4049379	2,93781	8,84	0,65	334	-5,0
10	421366	4049412	3,04317	8,84	0,67	331	-4,9
11	421509	4049453	3,18541	8,95	0,70	332	-5,0
12	421551	4049674	4,24237	8,57	0,94	330	-10,0
13	421466	4049661	4,22397	8,56	0,93	328	-10,0
14	421339	4049633	4,11301	8,51	0,91	327	-9,9
15	421147	4049607	3,89683	8,41	0,86	328	-9,9
16	421266	4049615	3,99435	8,45	0,88	327	-9,9
17	421126	4049241	1,75841	9,01	0,39	341	-2,1
18	421186	4049233	1,74291	8,99	0,38	341	-2,0
19	421285	4049252	1,82057	8,98	0,40	337	-2,2
20	421471	4049306	1,70958	9,05	0,38	333	-2,0
21	421382	4049279	1,73522	9,02	0,38	334	-2,1
22	421549	4049332	1,76532	9,17	0,39	335	-2,1
23	421123	4049332	2,57064	8,92	0,57	339	-4,1
24	421188	4049317	2,52762	8,90	0,56	338	-4,0
25	421300	4049344	2,64017	8,87	0,58	334	-4,1
26	421375	4049375	2,71059	8,90	0,60	332	-4,0
27	421518	4049417	2,80635	9,01	0,62	333	-4,0

**Tab III.11** : Résultats de la réfraction du secteur N315°, T=11,6s et H<sub>s</sub> = 5,58 m

Caractéristiques de la houle au large Dir: N315° Tp= 11,60s H=5,58 m							
N ° point	X(utm)	Y(utm)	Hs	Tp	Kr	Angle d'arrivé	Prof.(m)
1	421533	4049381	2,939	10,662	0,53	336	-3,0
2	421424	4049354	2,9942	10,524	0,54	333	-3,1
3	421360	4049327	2,91676	10,4841	0,52	334	-3,2
4	421271	4049292	2,7935	10,4883	0,50	338	-3,2
5	421126	4049286	2,70593	10,5311	0,48	342	-3,1
6	421177	4049276	2,67947	10,524	0,48	341	-3,0
7	421129	4049370	3,59036	10,4434	0,64	340	-5,0
8	421189	4049355	3,54012	10,4221	0,63	339	-4,9
9	421290	4049379	3,68075	10,4123	0,66	335	-5,0
10	421366	4049412	3,83076	10,4212	0,69	333	-4,9
11	421509	4049453	4,01264	10,5231	0,72	334	-5,0
12	421551	4049674	5,4203	10,1489	0,97	332	-10,0
13	421466	4049661	5,4044	10,1473	0,97	331	-10,0
14	421339	4049633	5,26243	10,0966	0,94	329	-9,9
15	421147	4049607	4,97174	9,9916	0,89	330	-9,9
16	421266	4049615	5,09997	10,037	0,91	329	-9,9
17	421126	4049241	2,18543	10,5602	0,39	343	-2,1
18	421186	4049233	2,17139	10,5387	0,39	342	-2,0
19	421285	4049252	2,26657	10,5249	0,41	338	-2,2
20	421471	4049306	2,14463	10,6012	0,38	334	-2,0
21	421382	4049279	2,15238	10,5555	0,39	335	-2,1
22	421549	4049332	2,21864	10,698	0,40	336	-2,1
23	421123	4049332	3,21161	10,4746	0,58	341	-4,1
24	421188	4049317	3,15819	10,4579	0,57	340	-4,0
25	421300	4049344	3,30251	10,4398	0,59	335	-4,1
26	421375	4049375	3,40242	10,471	0,61	333	-4,0
27	421518	4049417	3,52882	10,5706	0,63	335	-4,0

**Tab III.12** : Résultats de la réfraction du secteur N360°, T=6s et H<sub>s</sub> = 1,00 m

Caractéristiques de la houle au large Dir: N360° Tp= 6s H=1,00 m							
N ° point	X(utm)	Y(utm)	Hs	Tp	Kr	Angle d'arrivé	Prof.(m)
1	421533	4049381	0,96277	5,1269	0,96	355	-3,0
2	421424	4049354	0,9337	5,101	0,93	354	-3,1
3	421360	4049327	0,90796	5,0781	0,91	354	-3,2
4	421271	4049292	0,90747	5,0496	0,91	357	-3,2
5	421126	4049286	0,90435	5,0248	0,90	2	-3,1
6	421177	4049276	0,90324	5,0315	0,90	0	-3,0
7	421129	4049370	0,90382	4,9386	0,90	1	-5,0
8	421189	4049355	0,90753	4,9545	0,91	360	-4,9
9	421290	4049379	0,91826	4,9643	0,92	357	-5,0
10	421366	4049412	0,93667	4,997	0,94	356	-4,9
11	421509	4049453	0,94479	5,0102	0,94	357	-5,0
12	421551	4049674	0,93299	4,9043	0,93	359	-10,0
13	421466	4049661	0,93801	4,9167	0,94	359	-10,0
14	421339	4049633	0,94432	4,9325	0,94	359	-9,9
15	421147	4049607	0,93259	4,9084	0,93	359	-9,9
16	421266	4049615	0,94011	4,9242	0,94	359	-9,9
17	421126	4049241	0,79467	5,0523	0,79	2	-2,1
18	421186	4049233	0,77474	5,0602	0,77	360	-2,0
19	421285	4049252	0,82128	5,0903	0,82	356	-2,2
20	421471	4049306	0,85123	5,1961	0,85	353	-2,0
21	421382	4049279	0,86892	5,1772	0,87	353	-2,1
22	421549	4049332	0,85671	5,1779	0,86	355	-2,1
23	421123	4049332	0,9043	4,9788	0,90	2	-4,1
24	421188	4049317	0,9087	4,992	0,91	360	-4,0
25	421300	4049344	0,91353	5,0089	0,91	356	-4,1
26	421375	4049375	0,93977	5,0295	0,94	355	-4,0
27	421518	4049417	0,95496	5,0666	0,95	356	-4,0

**Tab III.13** : Résultats de la réfraction du secteur N360°, T=8s et H<sub>s</sub> = 2,67 m

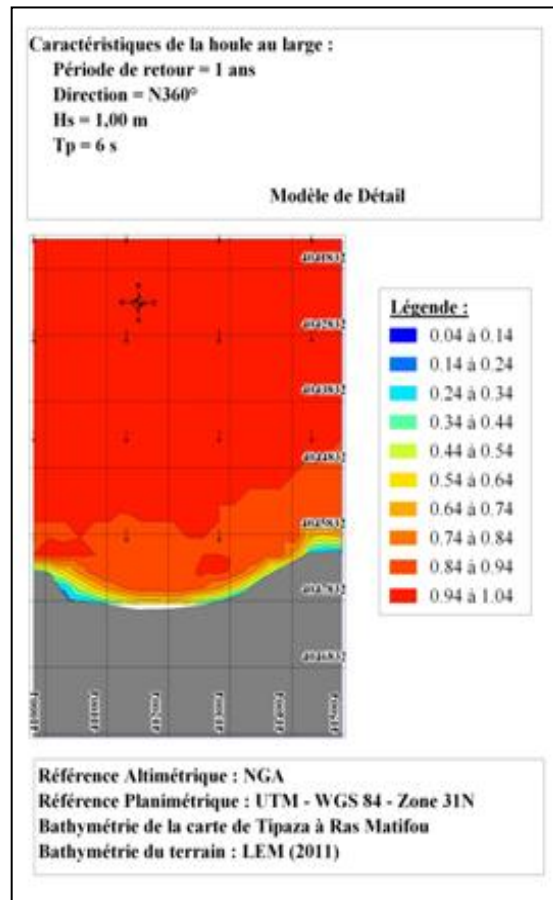
Caractéristiques de la houle au large Dir: N360° Tp= 8s H=2,67 m							
N ° point	X(utm)	Y(utm)	Hs	Tp	Kr	Angle d'arrivé	Prof.(m)
1	421533	4049381	1,95201	6,9405	0,73	356	-3,0
2	421424	4049354	1,97806	6,9752	0,74	354	-3,1
3	421360	4049327	1,95341	6,9378	0,73	355	-3,2
4	421271	4049292	1,91655	6,9081	0,72	357	-3,2
5	421126	4049286	1,86084	6,8727	0,70	1	-3,1
6	421177	4049276	1,85686	6,8992	0,70	359	-3,0
7	421129	4049370	2,28301	6,8091	0,86	1	-5,0
8	421189	4049355	2,26235	6,8252	0,85	359	-4,9
9	421290	4049379	2,33497	6,874	0,87	356	-5,0
10	421366	4049412	2,33799	6,8862	0,88	355	-4,9
11	421509	4049453	2,35556	6,859	0,88	356	-5,0
12	421551	4049674	2,46227	6,5886	0,92	359	-10,0
13	421466	4049661	2,50436	6,6298	0,94	358	-10,0
14	421339	4049633	2,55583	6,6769	0,96	357	-9,9
15	421147	4049607	2,48466	6,6165	0,93	358	-9,9
16	421266	4049615	2,53323	6,6589	0,95	357	-9,9
17	421126	4049241	1,5308	6,8991	0,57	1	-2,1
18	421186	4049233	1,51192	6,9256	0,57	359	-2,0
19	421285	4049252	1,60754	6,9337	0,60	356	-2,2
20	421471	4049306	1,55395	6,9569	0,58	356	-2,0
21	421382	4049279	1,5694	6,9517	0,59	355	-2,1
22	421549	4049332	1,59379	6,9322	0,60	356	-2,1
23	421123	4049332	2,09835	6,8319	0,79	1	-4,1
24	421188	4049317	2,08194	6,8561	0,78	359	-4,0
25	421300	4049344	2,15389	6,8965	0,81	355	-4,1
26	421375	4049375	2,19863	6,9429	0,82	354	-4,0
27	421518	4049417	2,17064	6,8941	0,81	356	-4,0

**Tab III.14** : Résultats de la réfraction du secteur N360°, T=10s et H<sub>s</sub> = 4,92 m

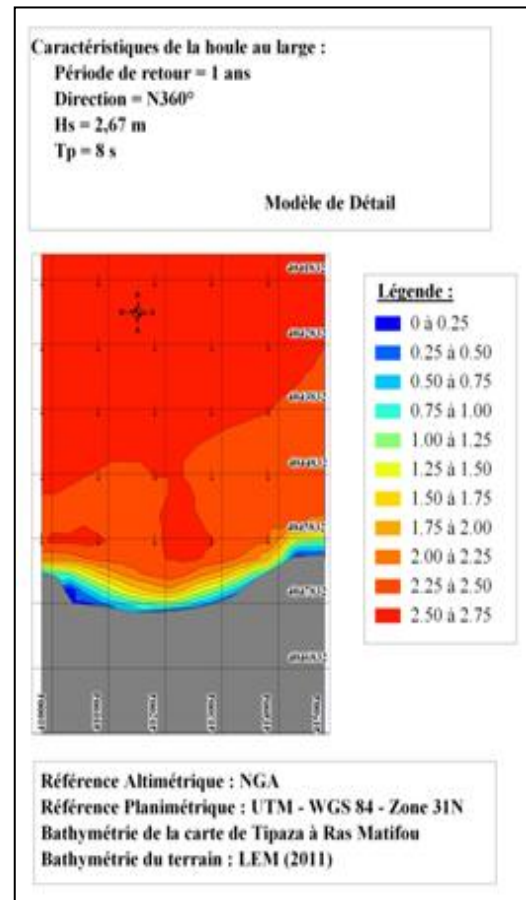
Caractéristiques de la houle au large Dir: N360° Tp= 10s H= 4,92 m							
N ° point	X(utm)	Y(utm)	Hs	Tp	Kr	Angle d'arrivé	Prof.(m)
1	421533	4049381	2,45353	8,81	0,50	356	-3,0
2	421424	4049354	2,49559	8,88	0,51	355	-3,1
3	421360	4049327	2,4829	8,84	0,50	354	-3,2
4	421271	4049292	2,41953	8,79	0,49	357	-3,2
5	421126	4049286	2,31321	8,73	0,47	2	-3,1
6	421177	4049276	2,30301	8,76	0,47	360	-3,0
7	421129	4049370	3,13304	8,74	0,64	360	-5,0
8	421189	4049355	3,10142	8,77	0,63	358	-4,9
9	421290	4049379	3,19233	8,82	0,65	355	-5,0
10	421366	4049412	3,26449	8,84	0,66	354	-4,9
11	421509	4049453	3,3185	8,79	0,67	356	-5,0
12	421551	4049674	4,41747	8,44	0,90	358	-10,0
13	421466	4049661	4,49302	8,51	0,91	357	-10,0
14	421339	4049633	4,56763	8,60	0,93	356	-9,9
15	421147	4049607	4,43761	8,49	0,90	356	-9,9
16	421266	4049615	4,5171	8,57	0,92	356	-9,9
17	421126	4049241	1,85335	8,72	0,38	2	-2,1
18	421186	4049233	1,85902	8,75	0,38	360	-2,0
19	421285	4049252	1,95695	8,78	0,40	357	-2,2
20	421471	4049306	1,83717	8,83	0,37	355	-2,0
21	421382	4049279	1,8204	8,83	0,37	355	-2,1
22	421549	4049332	1,92452	8,77	0,39	357	-2,1
23	421123	4049332	2,78328	8,74	0,57	0	-4,1
24	421188	4049317	2,74942	8,77	0,56	359	-4,0
25	421300	4049344	2,85384	8,82	0,58	355	-4,1
26	421375	4049375	2,88285	8,86	0,59	354	-4,0
27	421518	4049417	2,92514	8,80	0,59	356	-4,0

**Tab III.15** : Résultats de la réfraction du secteur N360°, T=12,17s et H<sub>s</sub> = 6,16 m

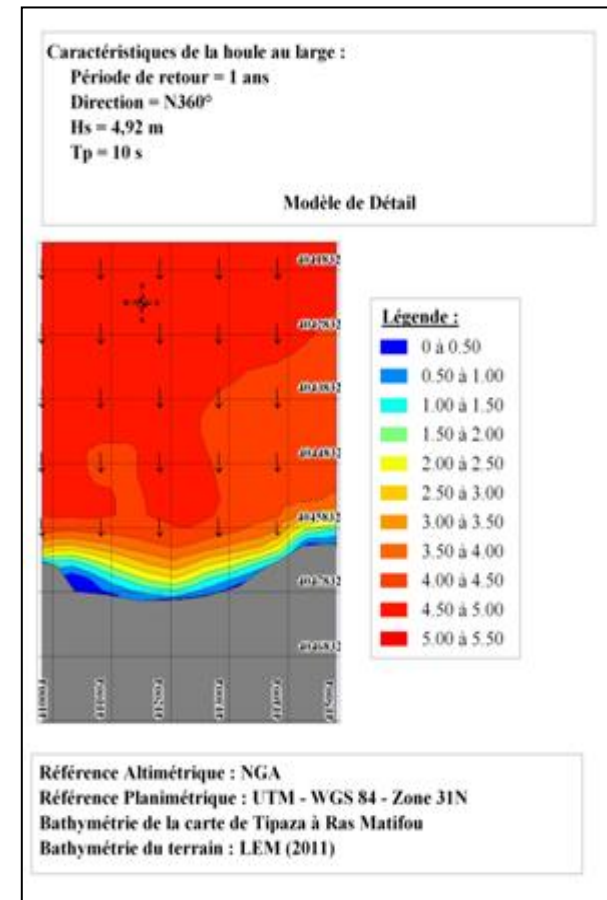
Caractéristiques de la houle au large Dir: N360° Tp= 12,17s H=6,16 m							
N ° point	X(utm)	Y(utm)	Hs	Tp	Kr	Angle d'arrivé	Prof.(m)
1	421533	4049381	2,67736	10,7246	0,43	356	-3,0
2	421424	4049354	2,72372	10,7851	0,44	354	-3,1
3	421360	4049327	2,68604	10,7897	0,44	354	-3,2
4	421271	4049292	2,59562	10,7359	0,42	356	-3,2
5	421126	4049286	2,51318	10,5848	0,41	1	-3,1
6	421177	4049276	2,48793	10,6303	0,40	360	-3,0
7	421129	4049370	3,4323	10,6751	0,56	359	-5,0
8	421189	4049355	3,392	10,7136	0,55	358	-4,9
9	421290	4049379	3,49656	10,781	0,57	355	-5,0
10	421366	4049412	3,60089	10,8219	0,58	354	-4,9
11	421509	4049453	3,66727	10,7779	0,60	355	-5,0
12	421551	4049674	5,24794	10,5471	0,85	357	-10,0
13	421466	4049661	5,32536	10,6382	0,86	356	-10,0
14	421339	4049633	5,37602	10,7216	0,87	355	-9,9
15	421147	4049607	5,24743	10,5741	0,85	354	-9,9
16	421266	4049615	5,30164	10,6855	0,86	354	-9,9
17	421126	4049241	2,00881	10,5402	0,33	2	-2,1
18	421186	4049233	2,00134	10,6127	0,32	0	-2,0
19	421285	4049252	2,07178	10,7307	0,34	356	-2,2
20	421471	4049306	1,98915	10,6858	0,32	355	-2,0
21	421382	4049279	1,93094	10,7311	0,31	354	-2,1
22	421549	4049332	2,07988	10,6852	0,34	356	-2,1
23	421123	4049332	3,04058	10,6448	0,49	360	-4,1
24	421188	4049317	2,99296	10,6882	0,49	358	-4,0
25	421300	4049344	3,10302	10,7811	0,50	355	-4,1
26	421375	4049375	3,1516	10,8003	0,51	354	-4,0
27	421518	4049417	3,21829	10,7564	0,52	356	-4,0



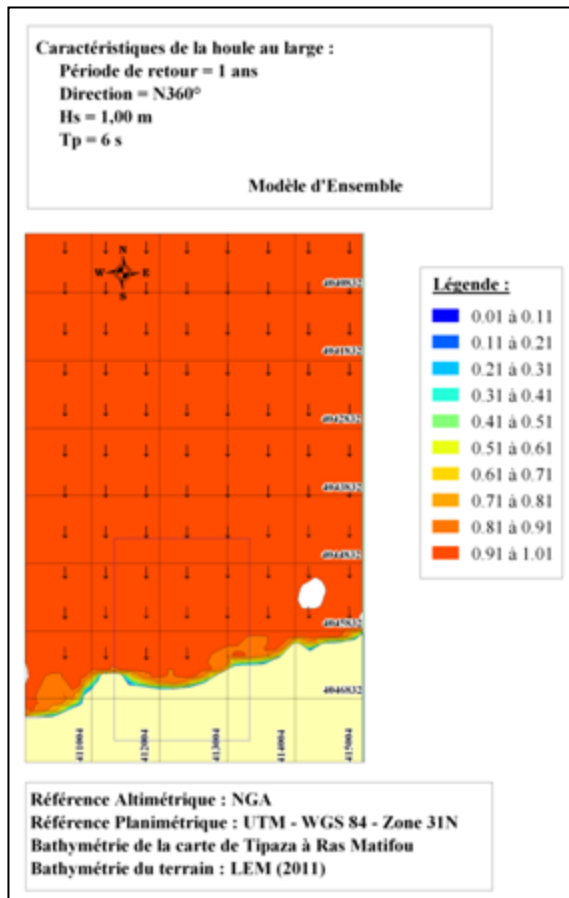
**Fig III.1** : Réfraction de la houle pour une direction N360° et une période de 6s de modèle de détail (Mouhoubi et Ouabel, 2012).



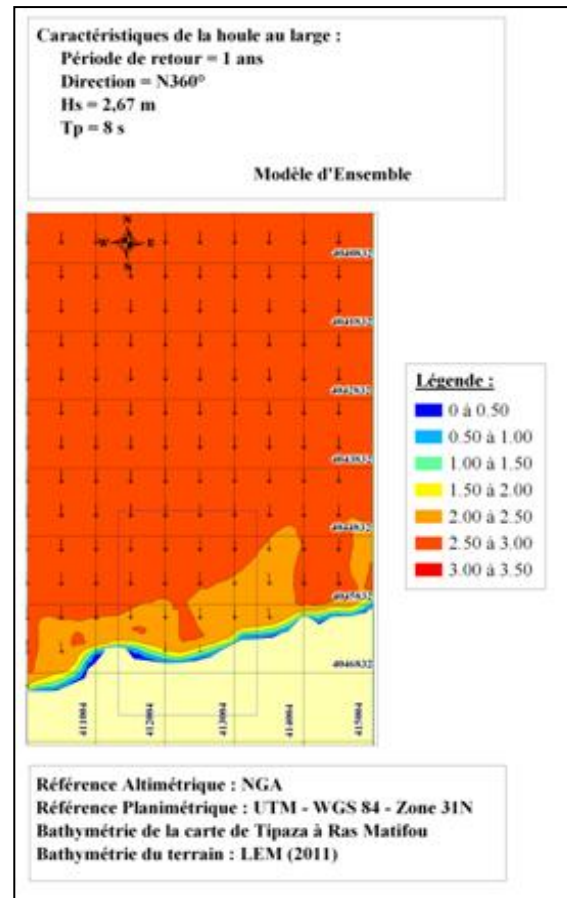
**Fig III.2** : Réfraction de la houle pour une direction N360° et une période de 8s de modèle de détail (Mouhoubi et Ouabel, 2012).



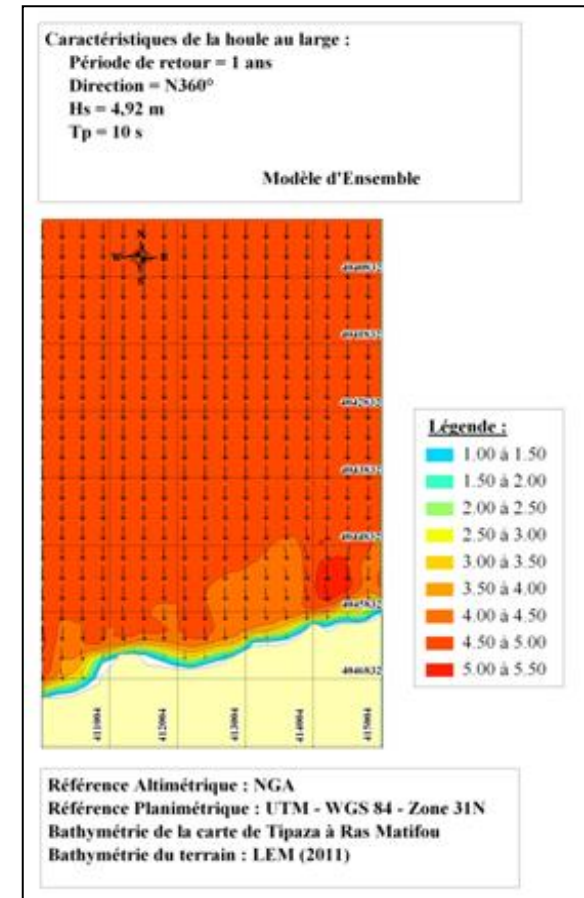
**Fig III.3** : Réfraction de la houle pour une direction N360° et une période de 10s de modèle de détail (Mouhoubi et Ouabel, 2012).



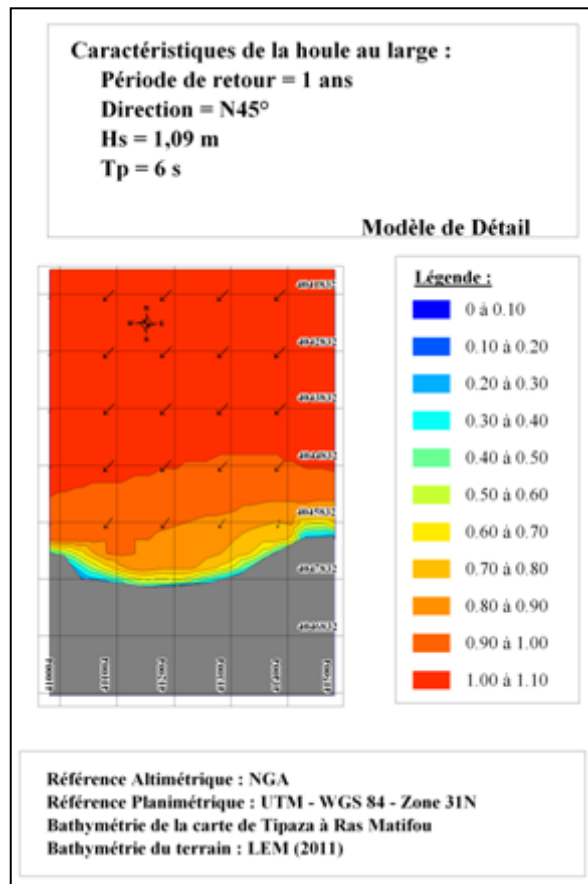
**Fig III.4 :** Réfraction de la houle pour une direction N360° et une période de 6s de modèle d'ensemble (Mouhoubi et Ouabel, 2012).



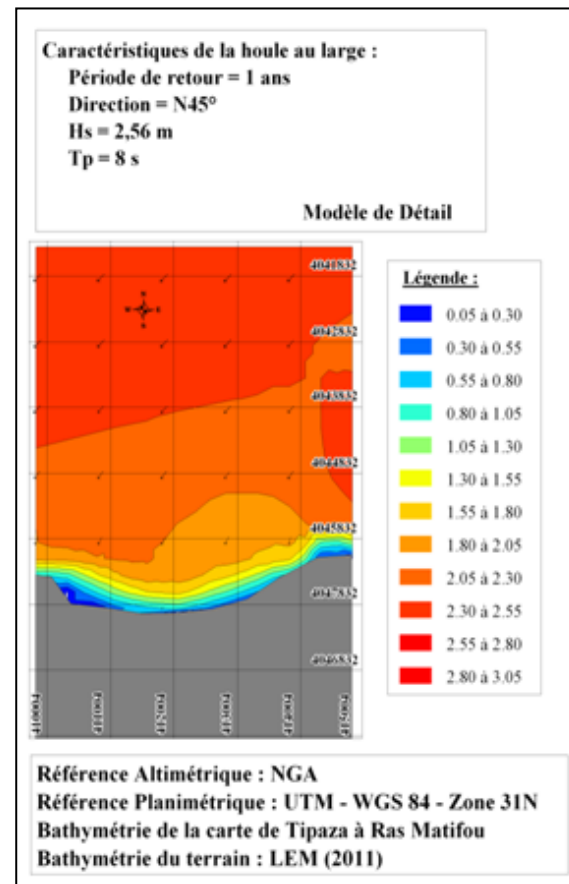
**Fig III.5 :** Réfraction de la houle pour une direction N360° et une période de 8s de modèle d'ensemble (Mouhoubi et Ouabel, 2012).



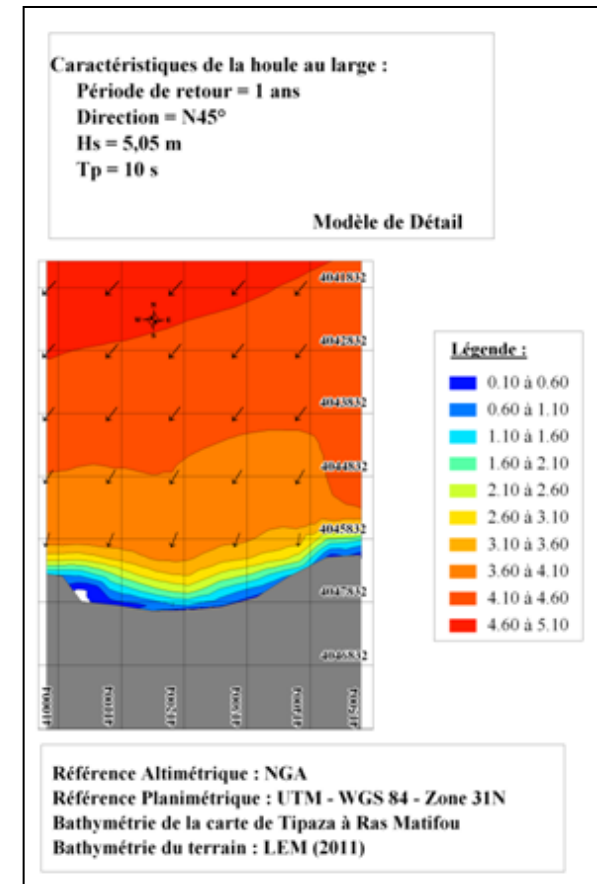
**Fig III.6 :** Réfraction de la houle pour une direction N360° et une période de 10s de modèle d'ensemble (Mouhoubi et Ouabel, 2012).



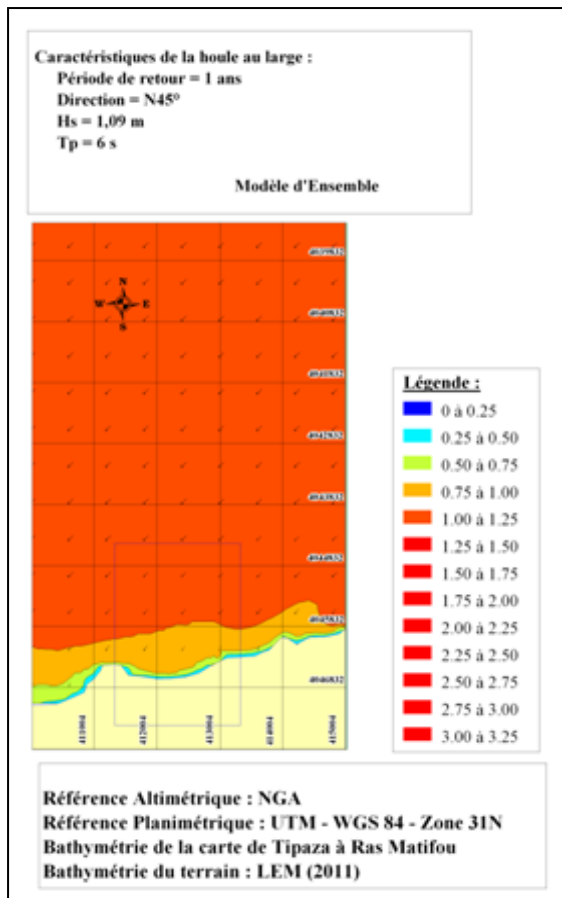
**Fig III.7 :** Réfraction de la houle pour une direction N45° et une période de 6s de modèle de détail (Mouhoubi et Ouabel, 2012).



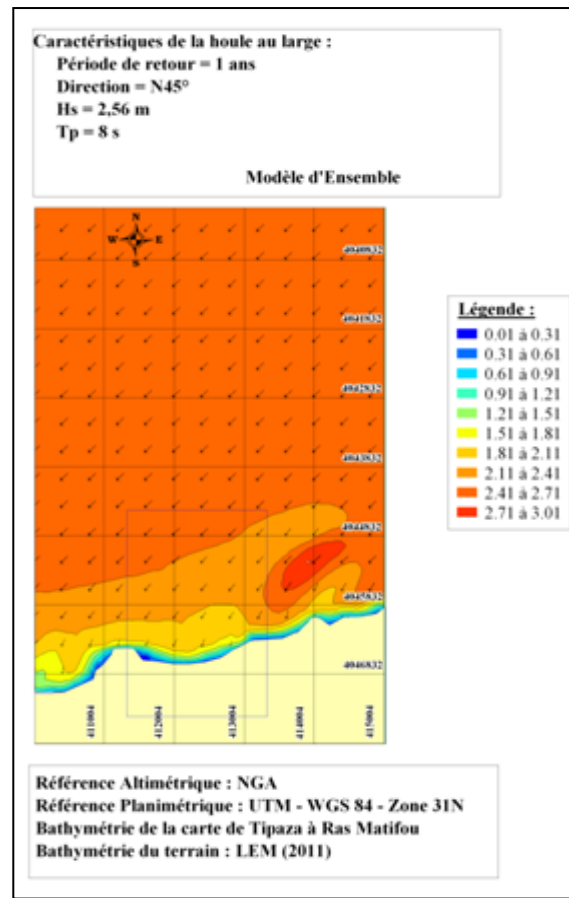
**Fig III.8 :** Réfraction de la houle pour une direction N45° et une période de 8s de modèle de détail (Mouhoubi et Ouabel, 2012).



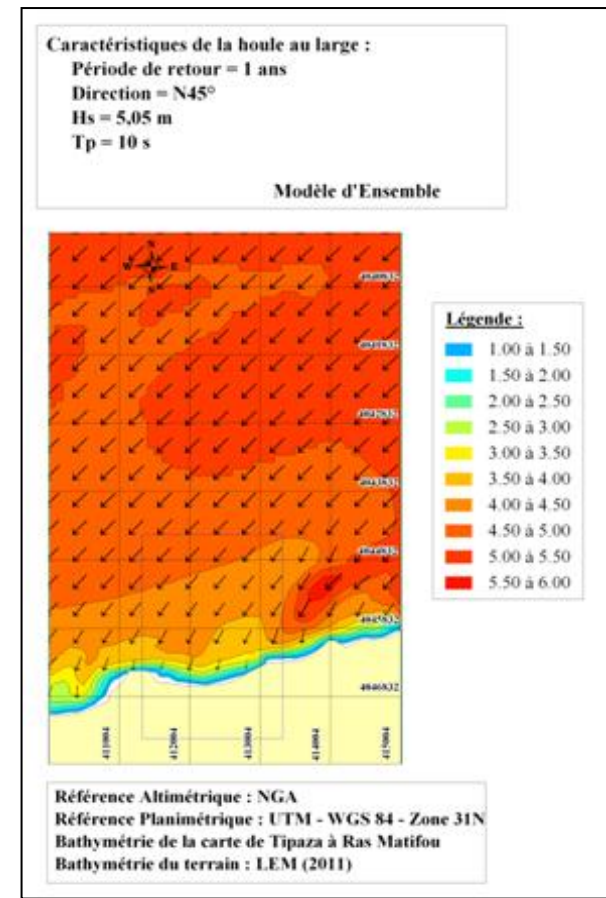
**Fig III.9 :** Réfraction de la houle pour une direction N45° et une période de 10s de modèle de détail (Mouhoubi et Ouabel, 2012).



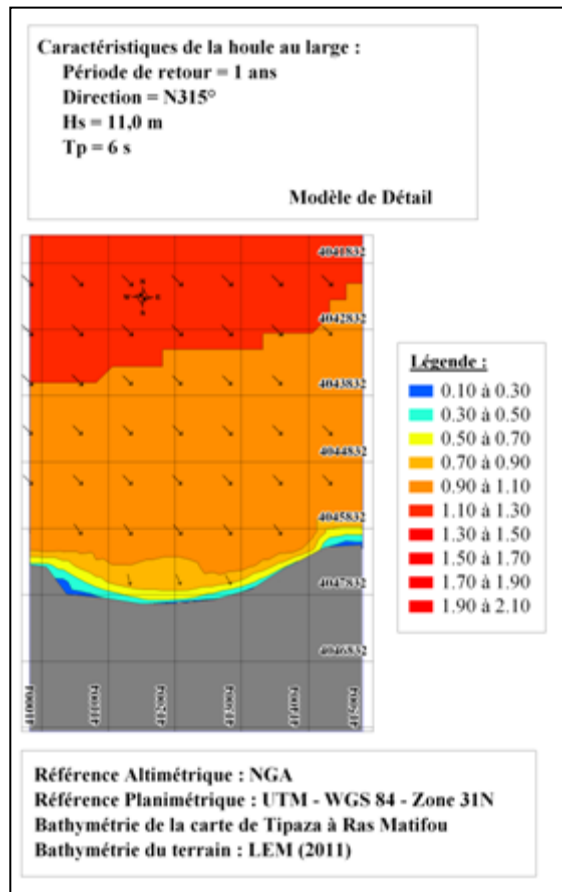
**Fig III.10 :** Réfraction de la houle pour une direction N45° et une période de 6s de modèle d'ensemble (Mouhoubi et Ouabel, 2012).



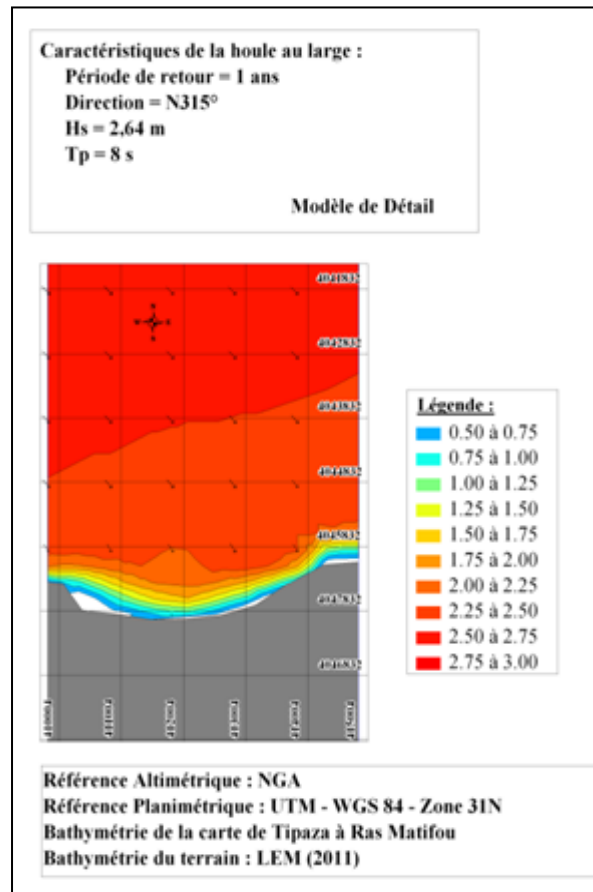
**Fig III.11 :** Réfraction de la houle pour une direction N45° et une période de 8s de modèle d'ensemble (Mouhoubi et Ouabel, 2012).



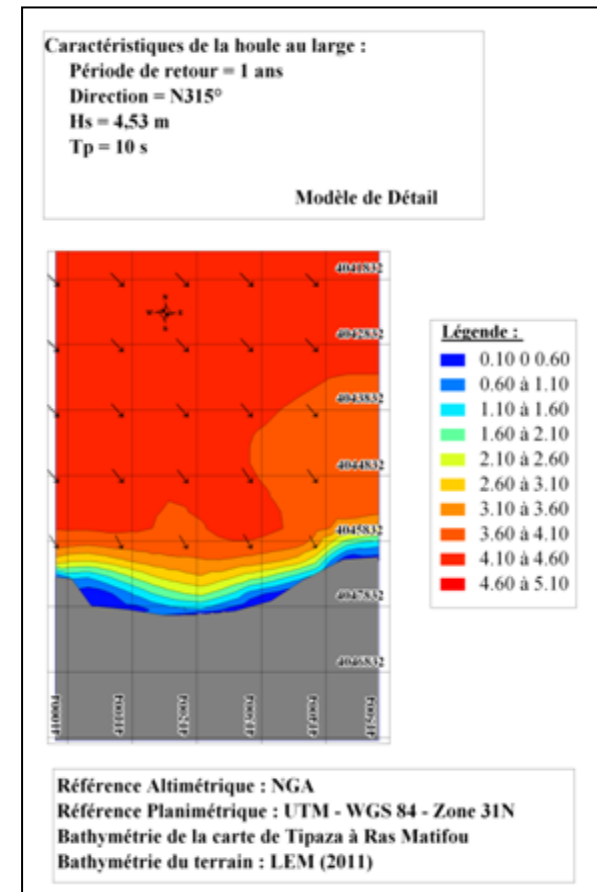
**Fig III.12 :** Réfraction de la houle pour une direction N45° et une période de 10s de modèle d'ensemble (Mouhoubi et Ouabel, 2012).



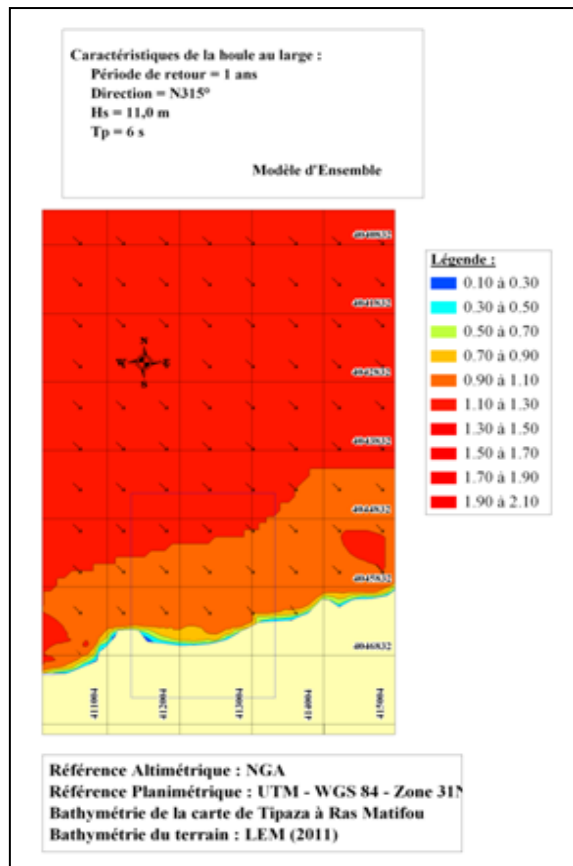
**Fig III.13 :** Réfraction de la houle pour une direction N315° et une période de 6s de modèle de détail (Mouhoubi et Ouabel, 2012).



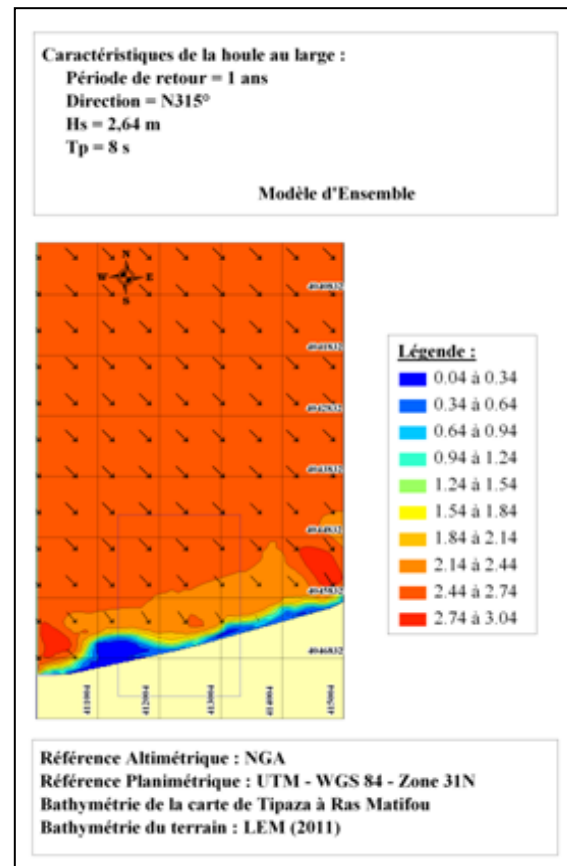
**Fig III.14 :** Réfraction de la houle pour une direction N315° et une période de 8s de modèle de détail (Mouhoubi et Ouabel, 2012).



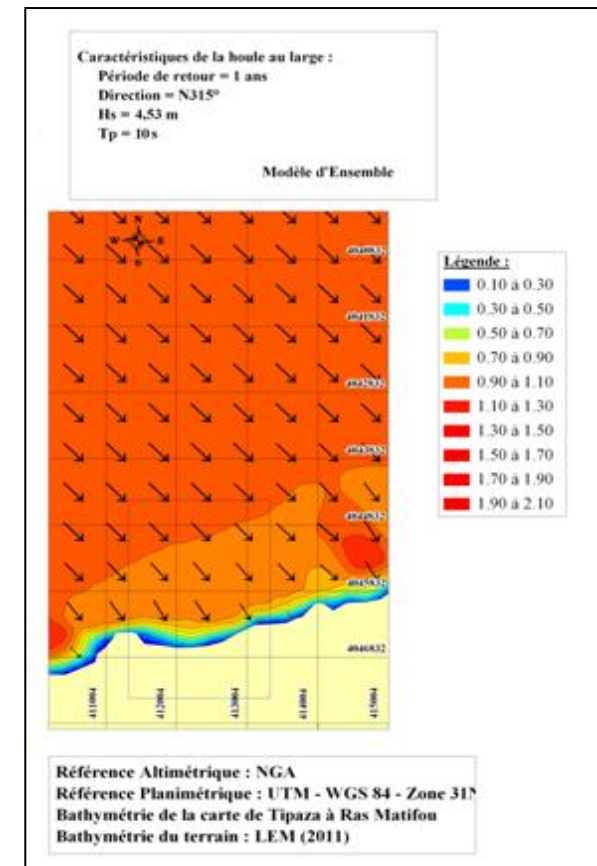
**Fig III.15 :** Réfraction de la houle pour une direction N315° et une période de 10s de modèle de détail (Mouhoubi et Ouabel, 2012).



**Fig III.16 :** Réfraction de la houle pour une direction N315° et une période de 6s de modèle d'ensemble (Mouhoubi et Ouabel, 2012).



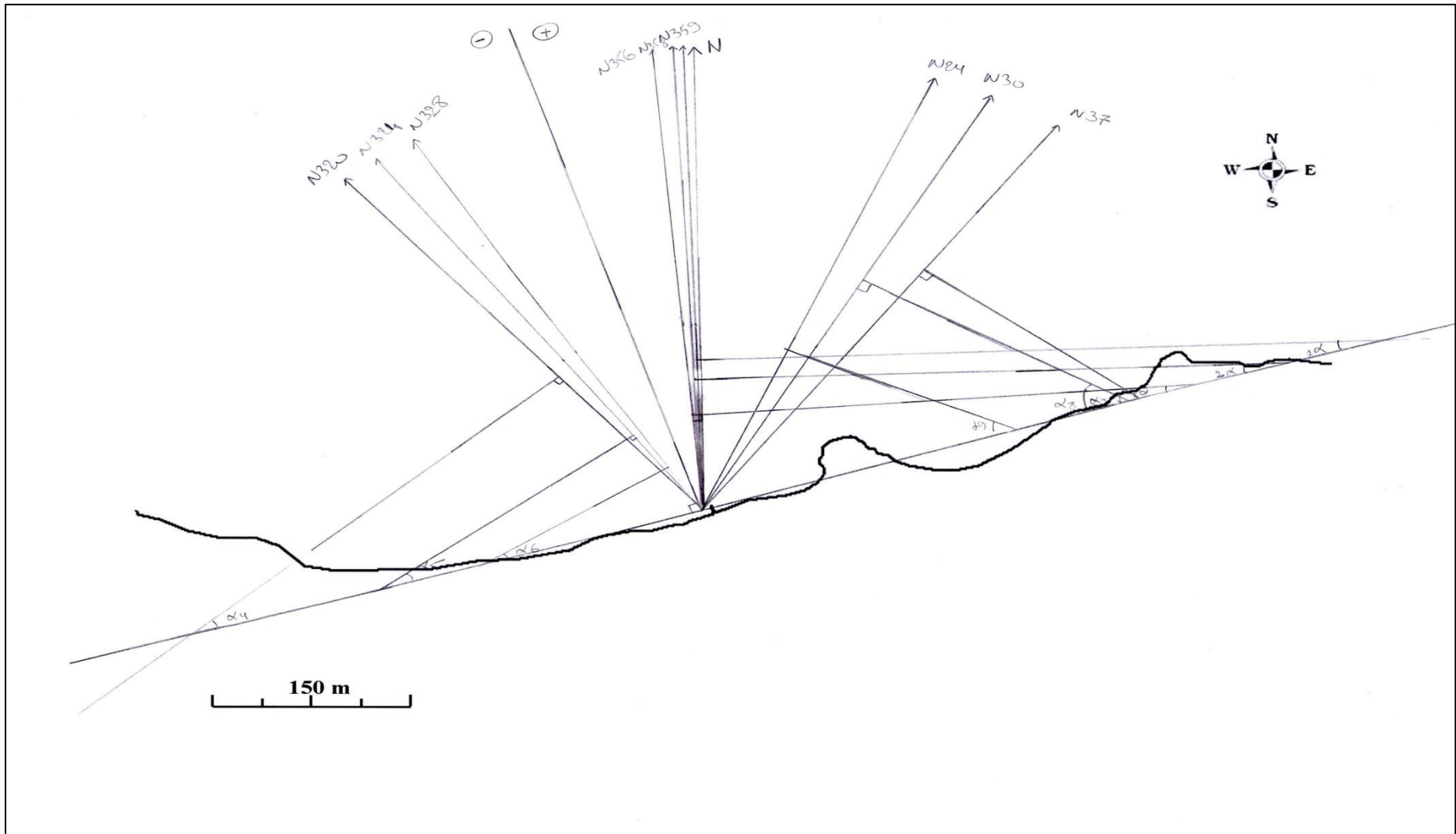
**Fig III.17 :** Réfraction de la houle pour une direction N315° et une période de 8s de modèle d'ensemble (Mouhoubi et Ouabel, 2012).



**Fig III.18 :** Réfraction de la houle pour une direction N315° et une période de 10s de modèle d'ensemble (Mouhoubi et Ouabel, 2012).

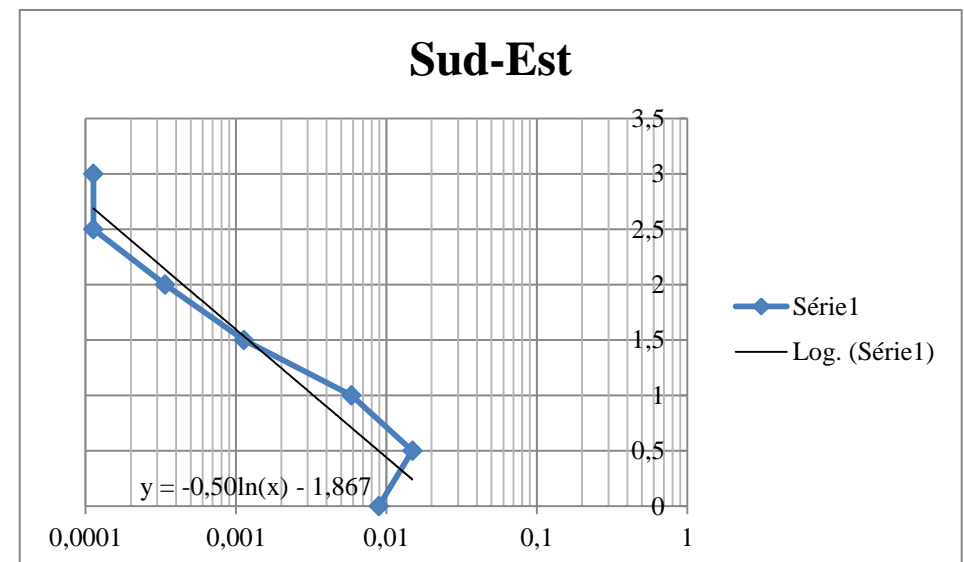
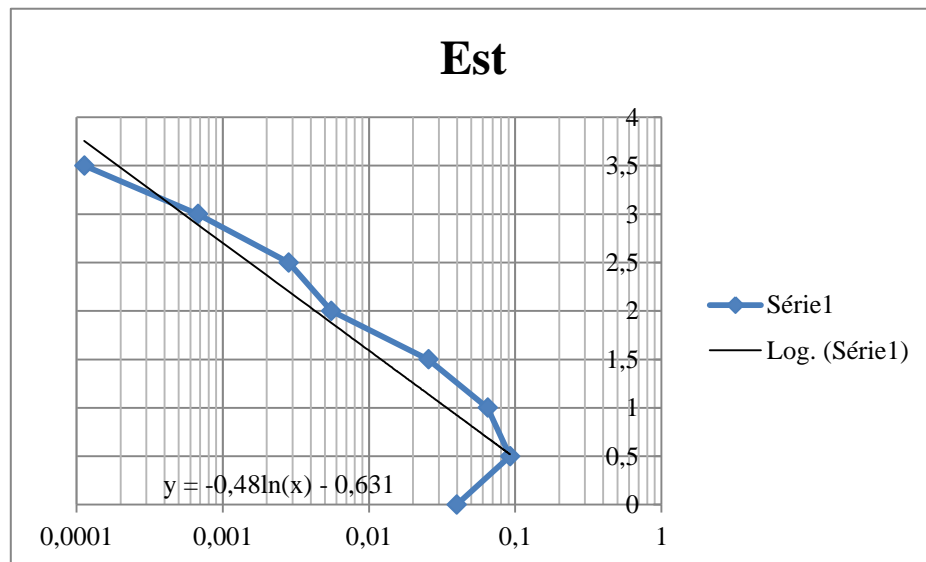
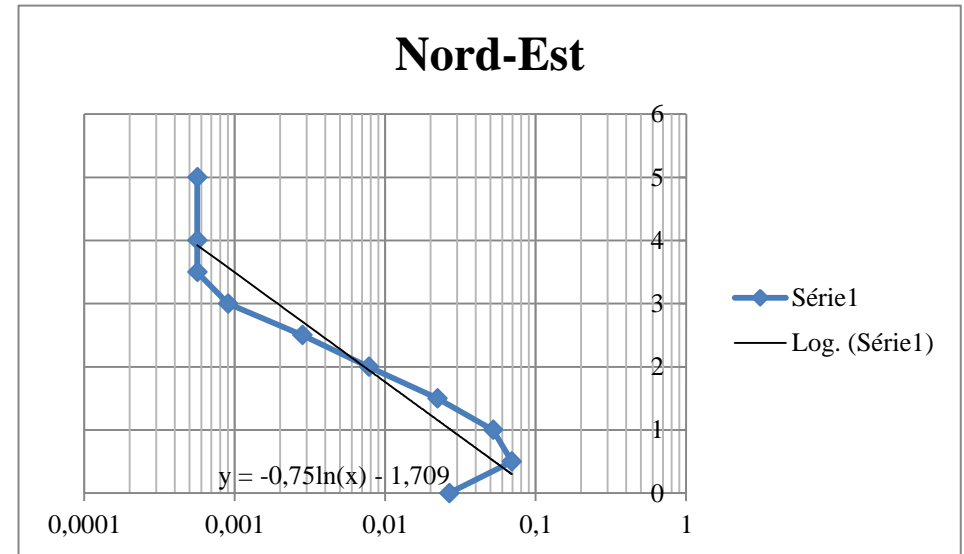
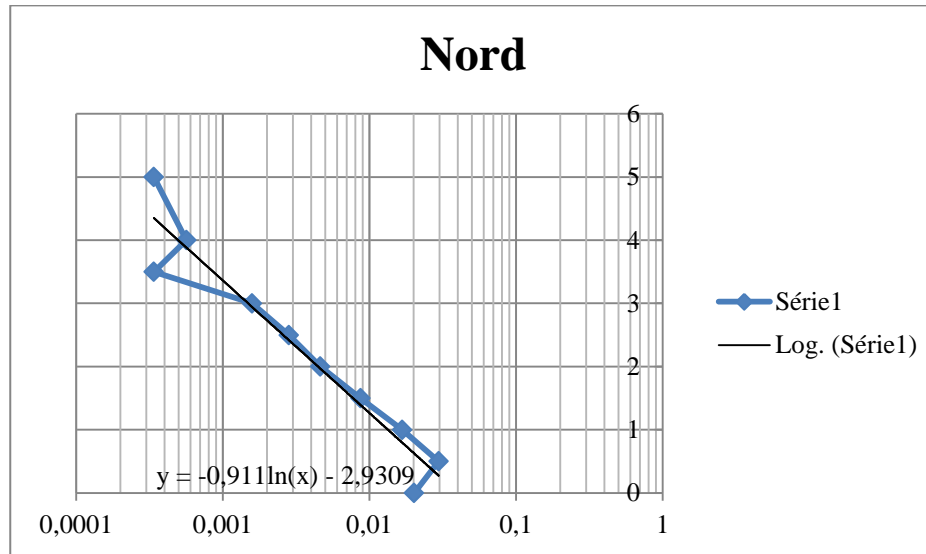
**Tab III.16 : Résultats du traitement des données du SSMO « tome II, Zone Algiers (1963-1970) »**

Périodes (s)	Amplitude au large (m)	Nombre de cas d'apparition :			Kr coefficient de réfraction			Amplitude au voisinage de la côte (m)		
		N 360	N 315	N 45	N360	N315	N45	N360	N315	N45
6	0	179	97	236	0,90	0,82	0,75	0	0,00	0,00
	0,5	263	182	615	0,90	0,82	0,75	0,45	0,41	0,37
	1	148	147	462	0,90	0,82	0,75	0,90	0,82	0,75
	1,5	77	81	197	0,90	0,82	0,75	1,36	1,08	1,00
	2	41	41	69	0,90	0,82	0,75	1,81	1,19	1,07
8	2,5	25	19	25	0,77	0,72	0,67	1,93	1,81	1,67
	3	14	7	8	0,77	0,72	0,67	2,32	2,17	2,00
	3,5	3	5	5	0,77	0,72	0,67	2,70	2,53	2,34
	4	5	3	5	0,77	0,72	0,67	3,09	2,89	2,67
10	5	3	0	5	0,59	0,59	0,53	2,95	2,97	2,67
	6	0	0	0	0,59	0,59	0,53	3,54	3,57	3,20
	7	0	0	0	0,59	0,59	0,53	4,13	4,16	3,73
	8	0	0	0	0,59	0,59	0,53	4,72	4,76	4,27
	9	0	0	0	0,59	0,59	0,53	5,31	5,35	4,80
	TOTAL	758	582	1627						

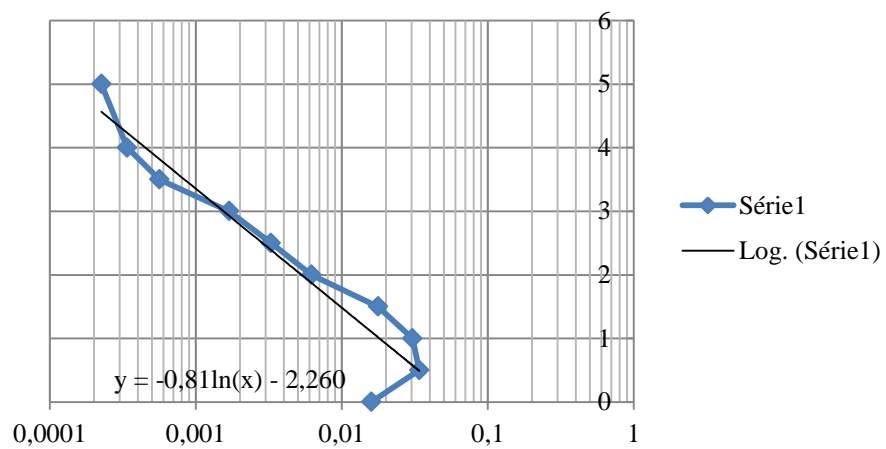


**Fig III.19** : Détermination de l'angle  $\alpha$

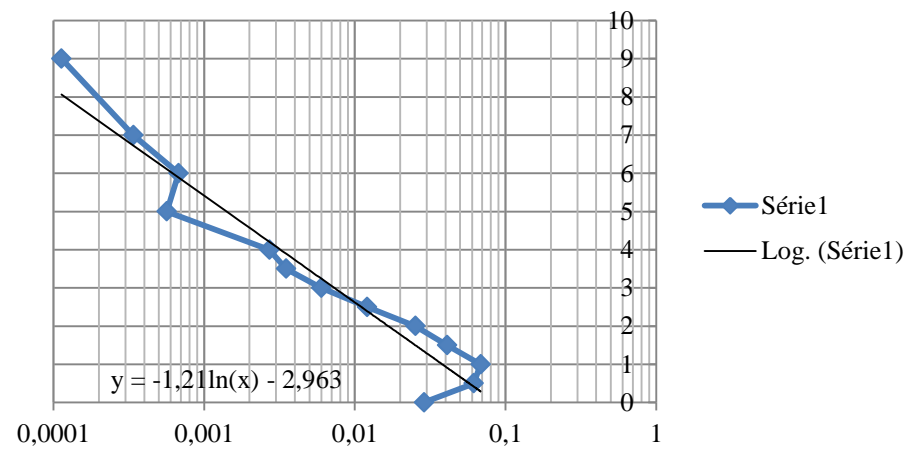
**Profil III.2 : Droites de régression :  $H_s = f(f_{ri})$**



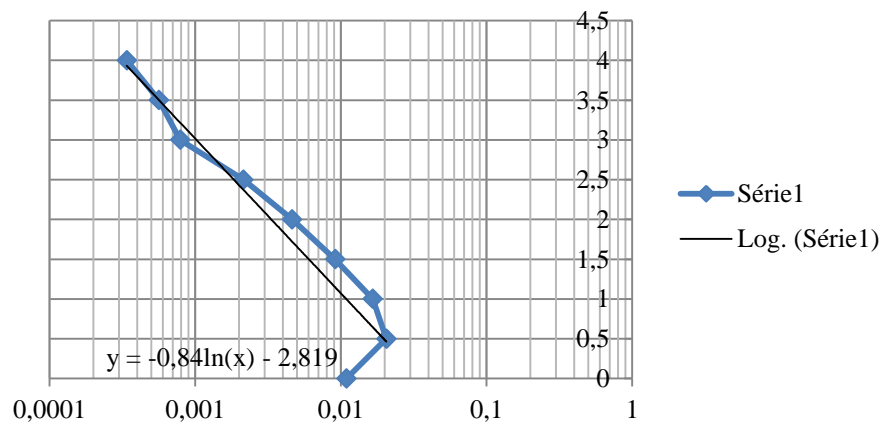
### Sud-Ouest



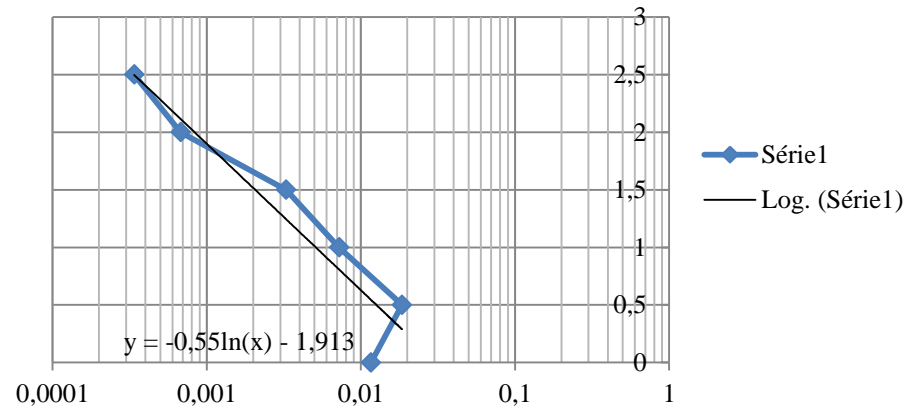
### Ouest



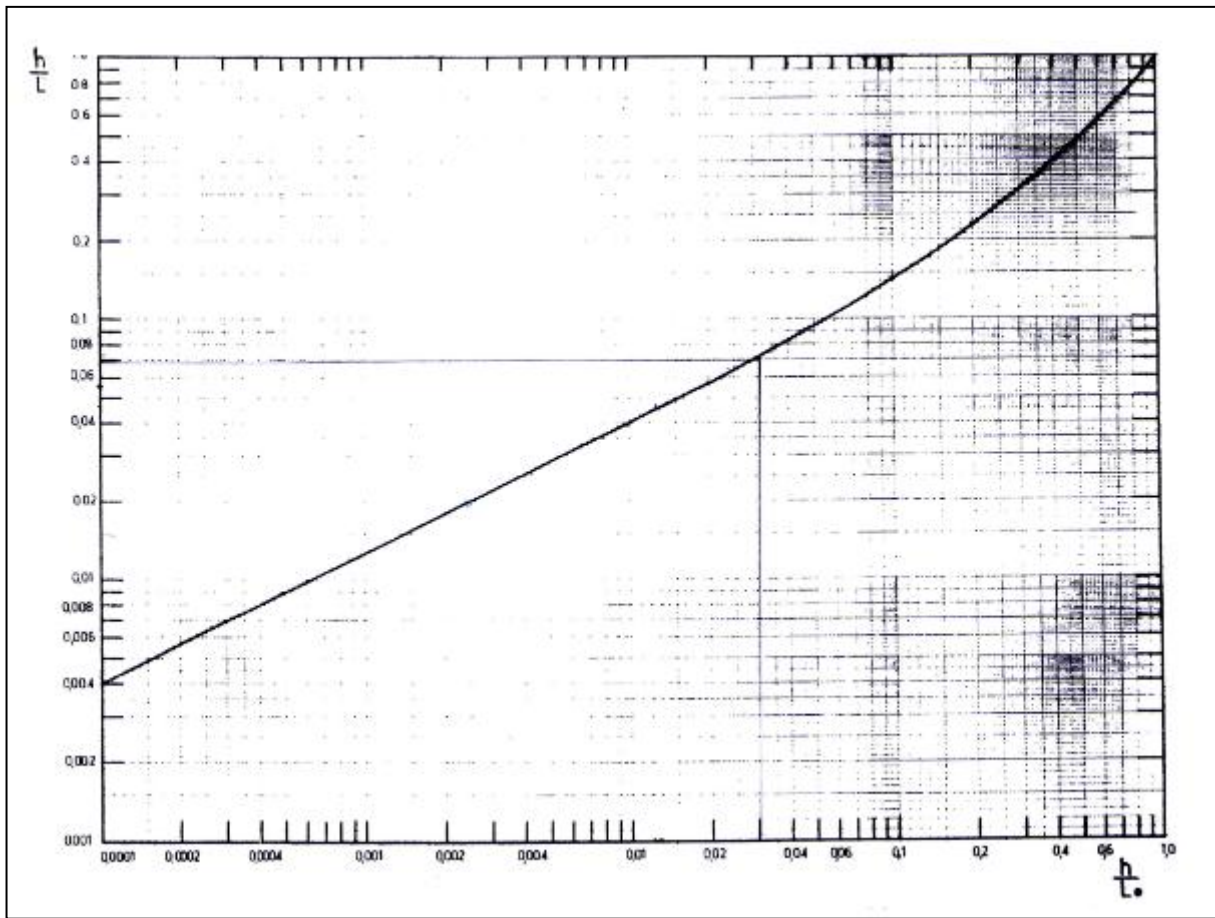
### Nord-Ouest



### Sud



## ANNEXE IV



**Fig VI. 20 :** Abaque pour la détermination de la longueur d'onde  $L$  en fonction de la période  $T$  de la houle et de la profondeur d'eau  $h$ .

---

# **BIBLIOGRAPHIE**

---

**Thèses et ouvrages :**

**Aggad. L, Chebrek. S, 2004.** Les travaux de protection de la côte de ain taya. Mémoire d'ingénieur, ISMAL, p50-60.

**Al Sidshikh. S, 2011.** Etude de protection de la plage de palm azur contre l'érosion recours à la modélisation numérique et physique. *Mémoire de magister, ENSSMAL, p180-183,217, 218-219.*

**Al Sidshikh. S, Lainsier. K, 2008.** Baie de bouismail et baie d'el djamila : paramètres océanographiques, gestion littorale et imagerie bathymétrique. *Mémoire d'ingénieur, ISMAL , p58-77.*

**ANAT, 2012.** Plan d'aménagement du territoire de la wilaya de tipaza, p23-40, 54-58, 70.

**Annane. G, Kemila A, Ladjimi. F ; 2007 -** Inventaire et impacts des ouvrages côtiers sur le milieu marin dans la baie de Bou Ismail. *Mémoire d'ingénieur, ISMAL, p6, 11-15, 38.*

**Bachouche. S , Nacer.L , 2007.** Aménagement des ports de pêche : bouharoun et khemisti. *Mémoire d'ingénieur, ISMAL, p27.*

**Baïri. A, 2005.**Dégradation de la falaise de ain taya causes et solutions de protection. *Mémoire d'ingénieur, ISMAL, p45-60.*

**Belkessa. R, 1991.** Evolution géomorphologique et sédimentologique du bas isser et de son embouchure. *Mémoire de magister, ISMAL, p97-104.*

**Bonnefille. R , 1992 .** Cours D'Hydraulique Maritime. *Edition Masson, 208 pages.*

**Carrega. P, 2007.** Information géographique et climatologie. Lavoisier (2008), p2.

**Centre régionale d'étude côtière DRAE.** Notion d'impact en vue de travaux de protection contre la mer. Université de CAEN.

**Chrakdji. F , Djenidi. R, Ifaidi. F, 2006.** Etat du littoral de l'est algérois bordj el kiffan et bordj el bahri (causes et conséquences de l'érosion). *Mémoire d'ingénieur, ISMAL, p16-24.*

**Christine Clus-Auby, 2003.** La gestion de l'érosion des côtes : l'exemple quitain. Press universitaires de Bordeaux, p19-27.

**Grimes.S, 2004.** Biodiversité marine et littorale algérienne. Djazair, p16-25.

**Jean Chapon , 1984 .**Travaux Maritimes, Tome I, p200, 209-211, 262.

**Juneau. M.N, Bachand. E, Lelièvre Mathieu. A, 2012.** Restauration et aménagement du littoral. Comité ZIP (Sud-de-l'Estuaire), p6-10.

**L.E.M , 1985 -** Etude d'aménagement du port de Cherchell, p8-14.

**LEM, 2004 -** Etude de l'établissement de la carte sédimentaire du littoral Algérien (Mission 3- 1<sup>ère</sup> tranche), p8-13.

**Mignot. C,1990.** Manuel sur l'hydrodynamisme sédimentaire et l'érosion et sédimentation du littoral (2<sup>ème</sup> partie). Centre d'étude techniques maritimes et fluviales, p16.

**Paskoff. R, 1993.** Côtes en danger. Ed Masson. Paris, p250.

**Ramoge, 2002.** La défense des plages contre l'érosion. RAMOGE, p9-10.

**René. E, 1970.** Climatologie générale Tome I. Fondement des équilibres atmosphériques. SNED (Alger, 1971), p27.

**S.S.M.O, 1963-1970.** Tome II. Zone Algérienne.

**Sabri. F ,2004** - Travaux de protection de la côte de Ain Beida (Ex Suffren). *Mémoire d'ingénieur, ISMAL, p33-42,72.*

**Susbielle. G, 1980.** Climatologie de la mer. Edition technip, p10-15

**Tabaud. M, 2000.** La climatologie. Armand Colin, p20.

**Talbi. K, Handis, K , 2003.** Contribution à l'étude de protection et d'aménagement du littoral de bordj el bahri. *Mémoire DEUA, ISMAL, p23-40, 42.*

### Sites web :

« 07CERG0321.pdf (Objet application/pdf) ». [Online]. Available: <http://biblioweb.u-cergy.fr/theses/07CERG0321.pdf>.

« 10WG350\_3\_Fre.pdf (Objet application/pdf) ». [Online]. Available: [http://195.97.36.231/acrobatfiles/10WG350\\_3\\_Fre.pdf](http://195.97.36.231/acrobatfiles/10WG350_3_Fre.pdf).

« 2-B: Le Quotient pluviométrique: for thème steppe s3aida ».

« Anciens noms des communes d'Algérie - Le site de Djamila ». [Online]. Available: <http://users.antrasite.be/ppoisse/Documents/communesanc.htm#z>.

« Sidi Ghiles - Wikipédia ».

« BE HYDRODYNAMIQUE MARINE ». [Online]. Available: <http://hmf.enseiht.fr/travaux/CD9598/travaux/optsee/beisee95/group3/be12/hydrodin/hydrod.htm>

« Des drains filtrants pour bloquer l'érosion du littoral - Techniques de l'Ingénieur ». [Online]. Available: [http://www.techniques-ingenieur.fr/actualite/environnement-securite-energie-thematique\\_191/des-drains-filtrants-pour-bloquer-l-erosion-du-littoral-article\\_7594](http://www.techniques-ingenieur.fr/actualite/environnement-securite-energie-thematique_191/des-drains-filtrants-pour-bloquer-l-erosion-du-littoral-article_7594)

« Le procédé Ecoplage ® ». [Online]. Available: <http://www.ecoplage.fr/fr/solutions/le-procede-ecoplage.htm>

« Cartes Google - Wilaya de Tipaza - Algérie 2012 ». [Online]. Available: <http://fr.mapatlas.org/Alg%C3%A9rie/Division Administrative de Premier Ordre/Wilaya de Tipaza/1502/carte routi%C3%A8re et satellite>.

« ANRH ». [Online]. Available: <http://www.semide.dz/FR/themes/structures/anrh.htm>.

« Erosion manual ch8 site mang pdf free ebook download from [www.sunshinecoast.qld.gov.au](http://www.sunshinecoast.qld.gov.au) ». [Online]. Available: <http://ebookbrowse.com/erosion-manual-ch8-site-mang-pdf-d297677304>.

« Cartographie des Communes - APPL - Protection du Littoral de la Wilaya d'Alger ». [Online]. Available: <http://www.appl.dz/spip.php?article216>.

« Base Documentaire - Document - Documentation technique | Techniques de l'Ingénieur ». [Online]. Available: <http://www.techniques-ingenieur.fr/password.html?execution=els1>.

« Géosphère, le portail sur le monde de la géologie ». [Online]. Available: <http://geosphere.forumactif.com/>.

« Guide de réalisation d'une étude impact sur l'environnement ». [Online]. Available: [http://www.mddep.gouv.qc.ca/evaluations/guide\\_realisation/index.htm](http://www.mddep.gouv.qc.ca/evaluations/guide_realisation/index.htm).

« GIZC - Recherche OpenEdition ». [Online]. Available: <http://search.openedition.org/?q=GIZC>.

« <http://hmf.enseiht.fr/travaux/CD0001/travaux/optsee/hym/8/byblos.htm> ». [Online]. Available: <http://hmf.enseiht.fr/travaux/CD0001/travaux/optsee/hym/8/byblos.htm>.

« Sur l'évolution géomorphologique du grand escarpement côtier du désert chilien | Érudit | Géographie physique et Quaternaire v32 n4 1978, p. 351-360 | ». [Online]. Available: <http://www.erudit.org/revue/gpq/1978/v32/n4/1000333ar.htm>.

« vue sur Cherchell ». [Online]. Available: <http://www.ala-ouzarf-hadjret-ennous.com/cherchell.html>.

« Tipaza: Wilaya de Tipaza ». [Online]. Available: [http://tipaza.typepad.fr/mon\\_weblog/wilaya\\_de\\_tipaza/page/9/](http://tipaza.typepad.fr/mon_weblog/wilaya_de_tipaza/page/9/).

« Présentation des Wilayas ». [Online]. Available: <http://www.interieur.gov.dz/Dynamics/frmItem.aspx?html=44&s=26>

« Gyleen Costal Erosion, Marine and Coastal - Wills Bros Ltd, Civil Engineering Contractors ». [Online]. Available: [http://www.willsbros.com/Marine\\_and\\_Coastal/95/project-page.htm](http://www.willsbros.com/Marine_and_Coastal/95/project-page.htm).

« Rappel des principes de la «gestion intégrée des zones côtières» et des axes de la Recommandation du 30 Mai 2002 ». [Online]. Available: <http://vertigo.revues.org/8222>.

[Online]. Available: <http://hmf.enseiht.fr/travaux/CD0001/travaux/optsee/hym/8/byblos.htm>.

« VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement ». [Online]. Available: <http://vertigo.revues.org/>.

[Online]. Available: <http://hmf.enseiht.fr/travaux/CD9900/travaux/optsee/bei/g20/erosion.htm>.

[Online]. Available: <http://hmf.enseiht.fr/travaux/CD0001/travaux/optsee/hym/8/byblos.htm>.

« Document sans nom ». [Online]. Available: <http://www.nouvelaba.com/histnovhenrider.html>.