

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**

**OPTION : AMENAGEMENT DU LITTORAL**

**Thème:**

**Etude de protection du rivage du Bois Sacré  
À Gouraya - Wilaya de Tipaza-**

Présenté par :

- **DAHMANI Abd El Alim.**
- **ZENATI Ayoub.**

Soutenu le 12/07/2012 devant le jury suivant :

Mr	SEFIANE.M	Maître de conférences (ENSSMAL)	Président
Mr	HABED.D.H	Ingénieur Chef de Projet (LEM)	Promoteur
Mme	AMARA.Z	Ingénieur Senior (LEM)	Co-promotrice
Mr	HEMDANE. Y	Maître de conférences (ENSSMAL)	Examineur
Mr	GUERFI. M	Maître de conférences (ENSSMAL)	Examineur

**Promotion: (2012)**

## Remerciements

Au terme de ce travail, nous remercions Dieu le tout puissant pour nous avoir donné la santé, le courage et la volonté, pour réaliser ce modeste travail.

Nous remercions Monsieur SEFIANE.M, maître de conférences (ENSSMAL), qui nous avait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury.

Nous remercions Monsieur HABED.D.H, Ingénieur Chef de Projet (LEM) pour avoir accepté d'encadrer ce travail , pour sa confiance, sa disponibilité, ses encouragements et ses précieux conseils au cours de la réalisation de ce mémoire.

Madame AMARA. Z, Ingénieur senior (LEM) pour avoir accepté de nous recevoir au sein du laboratoire (LEM) et de Co-encadrer ce travail.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à monsieur HEMEDANE.Y Maître de conférences (ENSSMAL), et monsieur GUERFI.M Maître de conférences (ENSSMAL), pour leurs aides et leurs soutiens et pour avoir accepté d'examiner ce manuscrit et de participer à ce jury.

Nos profondes reconnaissances au personnel de la bibliothèque de l'ENSSMAL, du service de la documentation du LEM, du service d'APC de Gouraya, 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.

Nous somme reconnaissant à tous nos enseignants qui ont contribué à notre formation et à toute personne qui nous a appris une lettre ou une phrase, qu'ils trouvent ici notre reconnaissance et un petit fruit de leurs sueurs.

# SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION GENERALE .....</b>	<b>2</b>
<b>CHAPITRE I</b>	
<b>CADRE GENERAL ET PRESENTATION DU SITE</b>	
<b>1 - CADRE GEOGRAPHIQUE DE LA WILAYA DE TIPAZA .....</b>	<b>4</b>
<b>2 - CADRE ADMINISTRATIF .....</b>	<b>4</b>
2-1 - Limites Communales .....	5
2-2 - Historique de la Ville de Gouraya .....	5
2-3 - Secteur Bois Sacré .....	6
<b>3 - LE RELIEF DE GOURAYA .....</b>	<b>7</b>
3-1 - Le Cadre Géologique .....	8
3-2 - Morphologie du plateau continental .....	9
<b>4 - REGION DE GOURAYA .....</b>	<b>10</b>
4-1 - Les plages .....	10
4-1-1 - Plages autorisées .....	10
4-1-2 - Plages non autorisées .....	11
<b>5 - CADRE CLIMATOLOGIQUE .....</b>	<b>11</b>
5-1 - Le climat et la température .....	11
5-2 - La pluviométrie .....	11
5-3 - Le vent .....	12
5-3-1 - Observation des vents aux larges .....	12
5-3-2 - Données locales .....	13
<b>6 - CADRE HYDROGRAPHIQUE .....</b>	<b>14</b>
<b>7 - CADRE OCEANOGRAPHIQUE .....</b>	<b>14</b>
7-1 - La Houle .....	14
7-2 - Les courants .....	16
7-3 - La marée .....	16
<b>8 - PROBLEMATIQUES DE LA COMMUNE .....</b>	<b>17</b>
<b>9 - ENQUETE SUR TERRAIN .....</b>	<b>18</b>
<b>10 – ASPECT ET EVOLUTION DU TRAIT DE COTE.....</b>	<b>19</b>
10-1 - Evolution de trait de côte .....	19

10-2 - Interprétation .....	20
<b>11 - LES CAUSES D'ÉROSION .....</b>	<b>21</b>
11-1 – Généralité et principes.....	21
11-2 - Les facteurs d'érosion des plages .....	21
11-3 - Les facteurs d'érosion les plus prépondérants à Bois sacré.....	24

## **CHAPITRE II**

### **ETUDE DU MILIEU**

<b>1 - LA REFRACTION DE LA HOULE.....</b>	<b>28</b>
1-1 - introduction .....	28
1-2 – Principe de calcul de la réfraction de la houle .....	28
1-3 - Donnée de base.....	28
1-3-1 - Données bathymétriques .....	28
1-3-2 - données de houles au large.....	29
1-3-3 - Choix du secteur angulaire .....	29
1-4 Déroulement des étapes de la réalisation de la réfraction .....	29
1-5 – Etude de la réfraction de la houle .....	31
1-5-1 - les houles de large de direction Nord Est .....	31
1-5-2 - les houles de large de direction Nord .....	33
1-5-3 - les houles de large de direction Nord-Ouest.....	35
1-6 - Conclusion sur l'étude de la réfraction de la houle .....	37
<b>2 - TRANSIT LITTORAL.....</b>	<b>38</b>
2-1 - Calcul de transit .....	38
2-2 - Conclusion .....	39
<b>3 - ETUDE BATHYMETRIQUE.....</b>	<b>40</b>
3-1 - La Morphologie Sous-Marine .....	40
3-2 - Les profils.....	41
<b>4 – ETUDE SEDIMENTAIRE .....</b>	<b>44</b>
4-1 – Positionnement des points de prélèvement .....	44
4-2 – Méthode d'analyse au laboratoire.....	45
4-3 La fraction fine .....	45
4-4 - la fraction grossière .....	45
4-4-1 - Les paramètres de position .....	45
4-4-2 - Les indices granulométriques.....	46
4-4-3 – Analyse modale .....	46
4-5 - Analyse des fractions .....	47

4-5-1 - Analyse de la fraction fine .....	47
4-5-2 - Analyse de la fraction grossière .....	48
4-5-3 – Les indices granulométriques .....	55
4-5-4 – Analyse modale .....	56
4-5-5 – Conclusion sur l'étude sédimentaire.....	56

### **CHAPITRE III**

#### **SOLUTIONS D'AMENAGEMENT ET OUVRAGES DE PROTECTION**

<b>1- LES BRISE-LAMES EMERGES .....</b>	<b>58</b>
1-1 - Définition.....	58
1-2 - Prédimensionnement de l'ouvrage .....	59
1-2-1 – Longueur de l'ouvrage par rapport à la côte.....	60
1-2-2 - Longueur et espacement .....	60
1-2-3 – hauteur de la houle de dimensionnement (H <sub>b</sub> ) .....	61
1-2-4 - La hauteur de brise-lame.....	61
1-2-5 - La Largeur de la crête .....	61
1-2-6 - Stabilités des ouvrages de protection .....	62
<b>2 - LES BRISE-LAMES IMMERGEES .....</b>	<b>67</b>
2-1 - Prédimensionnement .....	67
2-1-1 - La hauteur de la crête (h) .....	67
2-1-2 - Caractéristiques du brise-lames immergés .....	69
<b>3 - GEOTUBES .....</b>	<b>70</b>
3-1 - Définition.....	70
<b>4 - COMPARAISON ENTRE LES VARIANTES .....</b>	<b>73</b>
4-1 - Avantages et inconvénients des Brise-lames .....	73
4-2 - Avantages et inconvénients des géotubes .....	73
4-3- Estimation de cout pour les différents ouvrages de protection.....	75
4-3 - Analyse comparative entre les variantes .....	76
<b>5 - AMENAGEMENT DE LA PARTIE TERRESTRE .....</b>	<b>77</b>
<b>6 - ETUDE D'IMPACT .....</b>	<b>78</b>
<b>CONCLUSION GENERALE .....</b>	<b>80</b>

**Annexe I : Tableau de Transit littoral.**

**Annexe II : Tableaux des caractéristiques de la houle au large.**

**Annexe III : Les courbes granulométriques.**

## LISTE DES ABREVIATIONS

<b>A.F.N.O.R:</b>	Association Française de Normalisation.
<b>A.N.R.H :</b>	Agence Nationale Ressource Hydraulique.
<b>C.N.L :</b>	Commissariat Nationale Littoral.
<b>Dn :</b>	Diamètre nominal.
<b>D<sub>s</sub> :</b>	Profondeur au pied de l'ouvrage.
<b>H<sub>b</sub>:</b>	Hauteur de la houle de dimensionnement.
<b>Hi:</b>	Hauteur incidente.
<b>Hs:</b>	Hauteur significative.
<b>Ht:</b>	Hauteur transmise.
<b>I.N.C.T</b>	Institut nationale de cartographie et télédétection.
<b>Kd :</b>	Coefficient du dommage.
<b>L.C.H.F:</b>	Laboratoire Central Hydraulique de France.
<b>LEM:</b>	Laboratoire d'étude maritime.
<b>O.N.M:</b>	Office National de Météorologie.
<b>S<sub>0</sub> :</b>	Sorting de trask.
<b>S<sub>K</sub> :</b>	Skewness de Trask.
<b>S.S.M.O:</b>	Summary of Synoptic Meteorological Observations.
<b>S.W.A.N:</b>	Simulating Waves Nearshore.
<b>T.V.C:</b>	Tout venant de carrière.
<b>Y<sub>s</sub> :</b>	La masse volumique de solide.
<b>Y<sub>w</sub> :</b>	La masse volumique de l'eau de mer.

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure No.01:</b> Limites Administratifs de la Wilaya de Tipaza (Image Google Earth, 2011).	4
<b>Figure No.02 :</b> Limites de secteur de Bois Sacré (Google earth2009).	6
<b>Figure No.03 :</b> La plage Bois Sacré EST (zone d'étude) (Google Earth, 2011).	7
<b>Figure No.04 :</b> Carte géologique de secteur Tipaza-Gouraya, 1/50000e.	8
<b>Figure No.05 :</b> Profil de variation des températures moyennes de l'air (ONM, station de TENES, 1995-2004).	11
<b>Figure No.06 :</b> Précipitations annuelles en mm (ANRH, 1992-2006).	12
<b>Figure No.07 :</b> Roses récapitulatives saisonnières et annuelles des fréquences d'apparition du vent au large. (L'US Naval Weather service, de 1963 à 1970).	12
<b>Figure No.08 :</b> Répartition annuelle des vents en % (ONM, Bou-Smail, 1956-1960).	13
<b>Figure No.09 :</b> Evolution du trait de côte de la zone de Bois sacré a Gouraya entre 1980 et 2011.	19
<b>Figure No. 10 :</b> Courbe de la tendance de l'évolution de trait de côte de Bois sacré.	20
<b>Figure No.11 :</b> Illustration du principe de Brunn.	22
<b>Figure No.12 :</b> Organigramme du déroulement des étapes de la réalisation de la réfraction.	30
<b>Figure No.13:</b> Réfraction de la houle pour une direction 45°N et une houle vingtennale (Par LEM).	32
<b>Figure No.14:</b> Réfraction de la houle pour une direction 360°N et une houle vingtennale (Par le LEM).	34
<b>Figure No.15:</b> Réfraction de la houle pour une direction 315°N et une houle vingtennale (Par le LEM).	36
<b>Figure No.16:</b> Carte bathymétrique et les profils tracés dans le secteur de Bois Sacré.	40
<b>Figure No.17:</b> Carte bathymétrique en 3D de Bois Sacré.	41
<b>Figure No.18 :</b> Situation des stations de prélèvements (Google Earth, 2011).	44
<b>Figure No.19 :</b> Répartition des pélites dans la région de Bois sacré.	47
<b>Figure No.20:</b> Courbe unimodale.	48
<b>Figure No.21:</b> Histogramme unimodale.	48
<b>Figure No.22:</b> Courbe bimodale.	49

<b>Figure No.23:</b> Histogramme bimodale.	49
<b>Figure No.24 :</b> Courbe plurimodale.	50
<b>Figure No.25 :</b> Histogramme plurimodale.	50
<b>Figure No.26 :</b> Répartition des déciles inférieurs (D10) dans la région de Bois sacré.	51
<b>Figure No.27 :</b> Répartition des quartiles inférieurs (Q25) dans la région de Bois sacré.	52
<b>Figure No.28 :</b> Répartition des médianes (M50) dans la région de Bois sacré.	53
<b>Figure No.29 :</b> Répartition des quartiles supérieurs (Q75) dans la région de Bois sacré.	54
<b>Figure No.30 :</b> Répartition des déciles supérieurs (D90) dans la région de Bois Sacré.	55
<b>Figure No.31 :</b> Relation entre l'indice de classement et la médiane.	56
<b>Figure No.32 :</b> Relation entre le coefficient d'asymétrie (SK) et la médiane.	56
<b>Figure No.33 :</b> Fréquences d'apparition modale.	57
<b>Figure No.34 :</b> Fonctionnement des brise-lames.	60
<b>Figure No.35 :</b> Installation des brise-lames sur la zone de Bois Sacré.	63
<b>Figure No.36 :</b> Profil du brise-lames proposé pour la protection de Bois Sacré.	66
<b>Figure No.37 :</b> Schématisation d'un profil de brise-lames immergé.	68
<b>Figure No.38 :</b> Abaque mettant en relation le coefficient de transmission $C_t = H_t/H_i$ avec $F/H_i$ (Van der Meer 1992).	69
<b>Figure No.39 :</b> Profil de brise-lames immergés proposé pour la protection de la plage de Bois Sacré.	70
<b>Figure No.40 :</b> Installation des géotubes dans la zone de Bois Sacré.	71

## LISTE DES PHOTOS

<b>Photo No.01</b> : Etat actuel de la plage de Bois sacré.	25
<b>Photo No.02</b> : Présence d'urbanisation importante à côté de la plage de Bois sacré.	25
<b>Photo No.03</b> : Rejet d'eaux usées au niveau de la plage.	26
<b>Photo No.04</b> : Ecoulement des eaux usées sur la plage.	26
<b>Photo No.05</b> : Granulométrie grossière témoigne la forte Énergie de la houle.	26
<b>Photo No.06</b> : Installation d'un géotube.	72

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau No.01</b> : Fréquence des vents a la station de Bou-Smail (1956-1960).	13
<b>Tableau No.02</b> : Fréquence mensuelle de la houle au large par direction en pourcentage (SSMO, 1963-1970).	15
<b>Tableau No.03</b> : Conditions de houles retenues dans le cadre de cette étude.	29
<b>Tableau No.04</b> : Résultats obtenus pour le dimensionnement de la stabilité de la carapace (Brise-lames).	67
<b>Tableau No.05</b> : Avantages et inconvénients des ouvrages de protection du littoral en enrochements (Brise-lames).	74
<b>Tableau No.06</b> : Avantages et inconvénients des ouvrages de protection du littoral en géotubes.	75
<b>Tableau No.07</b> : Estimation de cout pour les différents ouvrages de protection	76
<b>Tableau No.08</b> : Analyse comparative entre les variantes.	77

# **INTRODUCTION GENERALE**

## INTRODUCTION GENERALE

L'érosion côtière constitue un problème important dans la côte Algérienne, ainsi que tous les pays qui ont une façade maritime souffrent beaucoup de ce phénomène et ses effets sur leurs zones côtières.

Ce phénomène se traduit par une accélération de la dégradation du littoral (dune, plage, falaise...) et de l'écosystème naturel marin (herbiers à posidonie...).

Plus les côtes sont exploitées, plus le problème de l'érosion prend de l'ampleur et de l'importance. L'extraction abusive du sable, la mauvaise occupation du rivage, le piégeage des sédiments par les barrages et les impacts des ouvrages d'aménagement sur l'environnement marin, ainsi que la pollution sous toutes ses formes, contribuent et accélèrent le rythme de l'érosion.

La lutte contre l'érosion exige une compréhension adéquate des processus fondamentaux qui entrent en jeu, tels que l'hydrodynamisme, la morphologie côtière, les facteurs climatiques (températures, pluviométries, vents...), et les facteurs anthropiques.

L'objectif de cette étude est de :

- Exposer les facteurs, naturels et anthropiques, qui agissent sur l'évolution du linéaire de la zone de Bois Sacré à Gouraya. Ainsi que leurs impacts.
- Proposer des solutions à même de réduire le phénomène de l'érosion qui affecte cette zone.
- Orienter l'aménagement, vers une gestion intégrée des zones côtières.

# **CHAPITRE I**

## **CADRE GENERAL ET PRESENTATION DU SITE**

## 1 - CADRE GEOGRAPHIQUE DE LA WILAYA DE TIPAZA (Source APC)

la wilaya de TIPAZA est située dans la partie centrale du sahel (altitude 100-200m) qui représente une région dont l'étendue suivant le littoral de 115km au centre nord de ce territoire, le massif de CHENOUA culmine à 900m d'altitude au sud de la wilaya s'étend la vallée de la MITIDJA et se dresse le massif de BOU\_MAAD appartient a l'atlas BLIDIEN.

Sur le plan géographique la wilaya de Tipaza est limitée :

- A l'Ouest par la wilaya de CHLEF.
- À l'Est par la wilaya d'ALGER, caractérisée par une forte pression d'urbanisation.
- Au Sud par les wilayas D'AIN DEFLA et BLIDA.
- Au Nord par la mer de méditerranée.



**Figure N ° 01:** Limites Administratifs de la Wilaya de Tipaza (Image Google Earth ,2011)

## 2 - CADRE ADMINISTRATIF

La wilaya de Tipaza compte 10 daïra et 28 communes (découpage administratif 1997).

En 2002 la population de la wilaya de Tipaza était de 554 925 habitants.

La wilaya de TIPAZA est caractérisée par un potentiel portuaire important qui contient des différents types de ports implantés de l'Est à l'Ouest :

Abri de pêche de KHEMISTI.

Port de pêche de BOUHAROUN.

Port mixte (pêche et plaisance) de TIPAZA.

Port de pêche de CHERCHELL.

Port de pêche de GOURAYA.

La commune de GOURAYA dépend administrativement de la wilaya de TIPAZA, c'est une ville côtière située à l'ouest de la wilaya de TIPAZA à environ 50 km du chef lieu de la wilaya et à 142 km de la capitale ALGER. Avant la création de la wilaya de TIPAZA, GOURAYA était rattachée successivement à la wilaya de CHLEF (El-Asnam) puis à la wilaya de BLIDA. Actuellement la ville de GOURAYA est le statut d'une Daïra pour les communes suivantes (Gouraya, AGHBAL et MESSELMOUN). (**Source APC GOURAYA**).

La zone d'étude se situe dans la commune de GOURAYA dans la partie ouest de la wilaya de TIPAZA, elle s'étend sur une superficie totale de **9112** ha, qui s'étale donc sur 3 reliefs différents (**Source APC GOURAYA**) :

- 24% de sa superficie se trouve dans la plaine.
- 11,9% de sa superficie se trouve dans les piémonts sillonnés par plusieurs oueds
- 64,1% de sa superficie se trouve dans la zone montagneuse.

## **2-1 - LIMITES COMMUNALES**

D'après les données de Plan d'occupation des sols (**P.O.S**) Délivré par le service technique de l'APC de GOURAYA la commune est délimitée géographiquement par :

Au Nord : la mer méditerranée.

A l'Est : la commune de MESSELMOUN.

Au Sud : la commune de MESSELMOUN.

A l'Ouest : les communes LARHAT et AGHBAL.

## **2-2 - HISTORIQUE DE LA VILLE DE GOURAYA (SOURCE APC)**

La région de GOURAYA fut successivement occupée par les phéniciens, les romains les turcs, et les français en dernier lieu.

A l'origine, GOURAYA ancien comptoir commercial phénicien s'appelait **GUNUGUS**

Garnison sous la domination romaine elle s'appelait **GHEYRAH**

GOURAYA s'appelait également **ADDALA**

Une légende que rapporte la nuit des temps nous dit cette dernière appellation tire ses origines du fait que GOURAYA fut un lieu de rencontre ou se réglaient, devant une assemblée de sages les différends qui opposaient ou qui surgissaient entre les habitants de la région.

Certains vestiges témoignent à ce jour du passage des civilisations phénicienne et romaine dans la région, plus particulièrement au lieu dit **SIDI BRAHIM**.

## 2-3 - SECTEUR BOIS SACRE

Le secteur Bois Sacré se situe à l'Ouest de la ville de GOURAYA, il couvre une Superficie de 57 ha.

### Il est délimité :

- Au Nord par la mer méditerranée.
- à l'Est par une piste perpendiculaire à la RN 11 et à la mer distante de 1000m de BOIS SACRE.
- Au Sud par une ligne fictive parallèle à la cote qui passe à une profondeur de 500 m et s'étend sur une distance de 1750m.
- A l'Ouest par oued KALLAL.

La zone d'étude est présentée dans les Figures 2 et 3 ci-après :



**Figure No.02 :** Limites de secteur de Bois Sacré (Google earth2009).



**Figure No.03** : La plage Bois Sacré EST (zone d'étude), (Google Earth, 2011)

### 3 - LE RELIEF DE GOURAYA

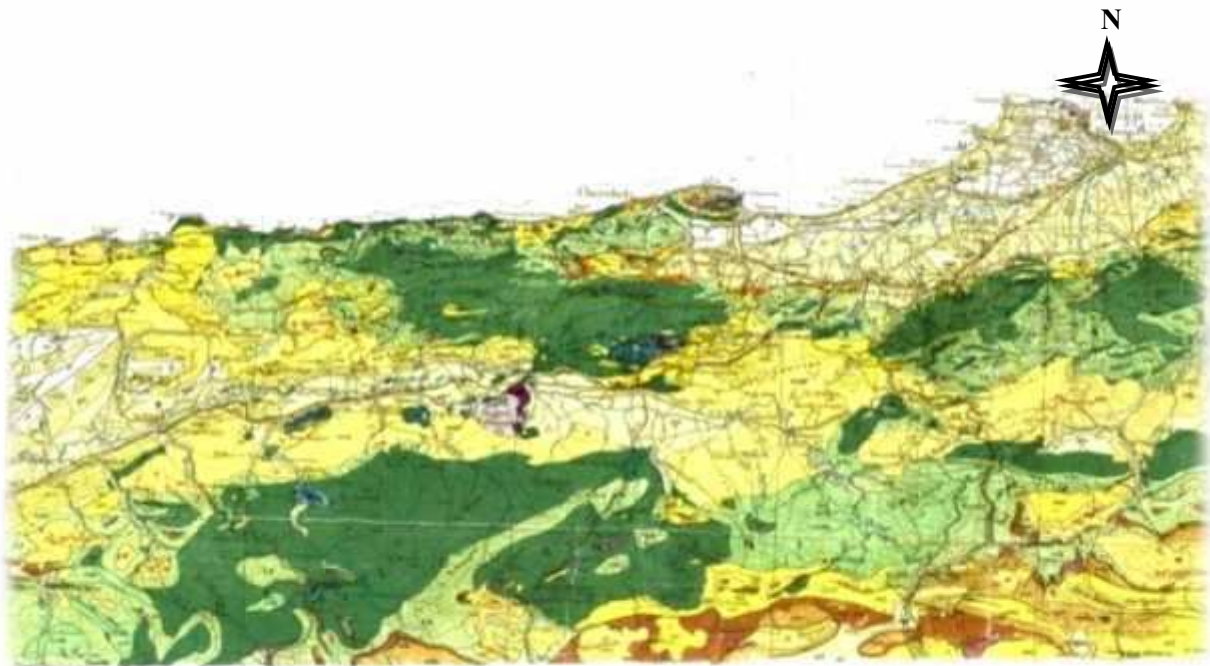
Le territoire communal est occupé par la montagne (64% environ) ou se trouvent le djebel GOURAYA (899m), le djebel el MAHLOUDJ (497m à el KALAA) ainsi que d'autres de moindre envergure.

Les djebels forment des mamelons d'altitude variable.

Il existe aussi la plaine qui occupe environ près de 22% de la superficie totale.

Le reste du relief est constitué de petites clairières éparses dans la zone montagneuse. **(Source URBA BLIDA).**

### 3-1 - LE CADRE GEOLOGIQUE



**Figure No.04 :** Carte géologique de secteur Tipaza-Gouraya, 1/50000e.

Selon la carte géologique que nous avons consultée et la visite effectuée sur terrain, le sol est constitué dans sa plus grande majorité de sédiments d'origine marine et d'alluvions d'oued, Cependant en pleine zone montagneuse nous avons relevé quelques affleurements triasiques du trias marin.

La lithologie des terrains rencontrés s'établit ainsi : (Source URBA Blida)

➤ **Alluvions actuelles**

De limons et de cailloutis des oueds ainsi que du sable des plages.

➤ **Alluvions récentes**

Provenant des oueds, elles forment un remblai de 1 à 2m.

➤ **Miocène inférieur**

C'est un faciès argileux, brunâtre.

➤ **Cénomaniens**

Constitué de calcaires blanchâtres, de brèches, et de poudingues.

➤ **Crétacé supérieur marin**

Dans lequel nous retrouvons des marnes calcaires blanchâtres qui affleurent sur les collines.

➤ **Flysch datant du crétacé**

C'est un faciès marno-gréseux à intercalation de conglomérats calcaires.

➤ **Flysch albo-aptien**

Il existe une alternance des schistes et de grès beiges plus ou moins calcaires.

➤ **Albien**

Constitué d'argiles schisteuses noirâtres parfois gréseuses, blanchâtres alternant avec de minces lits de quartzites.

➤ **Trias**

Représente par des brèches dolomitiques noirâtres, parfois gypseuses.

### **3-2 - MORPHOLOGIE DU PLATEAU CONTINENTAL (SOURCE URBA BLIDA)**

La pente continentale au droit du DAHRA oriental est large, très festonnée par de nombreuses vallées sous-marines : elle se rétrécit et s'incline d'avantage après TENES jusqu'à le méridien de GOURAYA, ces différences peuvent-être imputées soit à des variations d'intensité dans le mouvement de Surélévation des massifs du DAHRA et de béni menacer, soit à un décalage dans le temps de ces mouvements, le plateau continental s'identifié ici à une corniche d'abrasion alors que la pente Matérialise très probablement le passage faillé de la grande flexure continentale, les pentes très fortes observées au nord de GOURAYA font supposer que si la couverture néogène a existée à cet endroit.

## **4 - REGION DE GOURAYA**

La plage à l'ouest de la ville présente un profil curviligne, contenu par des éperons rocheux en ses extrémités et de grande étendue, la longueur de la plage est relativement large d'environ 50m et constituée Principalement de sables grossiers gris/noirs et secondairement de galets, l'oued El KALLAL, de petite importance débouche sur la plage, son cône alluvial n'est que faiblement marqué.

A l'ouest du site portuaire, on rencontre une plage importante sa largeur est inférieure à 20m.

à chaque extrémité de la plage débouche 2 petits oueds, le brassage des sédiments par la houle est important au pied du cordon de galets (parfois de grosse taille) qui constitue l'estran (eaux très Turbides à terre du déferlement), du sable noir borde sur quelque mètres le pied de la frange littorale.

Un port de pêche de faible emprise a été réceptionné en 1999 avec une passe d'entrée située par faible profondeur (entre -2,5 et -3m) à actualiser avec l'extension.

À l'est du port, se succèdent des éperons rocheux plus ou moins importants et des petites plages de faible largeur et constituées de sédiments grossiers installés sur le substratum rocheux, en s'approchant du Ras TESKA, le littoral est à dominance rocheuse, les criques devenant de plus en plus importantes.

### **4-1 - LES PLAGES**

Selon une enquête faite au pris des services de la CNL (Commissariat Nationale Littoral) il a été identifié les plages autorisées et non-autorisées à la baignade.

Cette classification est basée sur la réalisation d'analyse microbiologique conformément à la réglementation Algérienne définissent la qualité des eaux de baignade.

Ils existent à GOURAYA les plages suivantes :

#### **4-1-1 - PLAGES AUTORISEES**

- Plage SI BOUNAAMA 1, elle s'étend sur un linéaire de 1000 ml.
- Plage SI BOUNAAMA 2, elle s'étend sur un linéaire de 1000 ml.
- Plage BOUGARA, elle s'étend sur un linéaire de 900 ml.
- Plage LA POINTE 2, elle s'étend sur un linéaire de 150 ml.
- Plage LA POINTE 1, elle s'étend sur un linéaire de 300 ml.
- Plage LA CRIQUE, elle s'étend sur un linéaire de 400 ml.
- Plage SIDI BRAHIM EST, elle s'étend sur un linéaire de 800 ml.
- Plage SIDI BRAHIM OUEST, elle s'étend sur un linéaire de 500 ml.

#### 4-1-2 - PLAGES NON AUTORISEES

- Plage Bois Sacré,
- Plage du port,

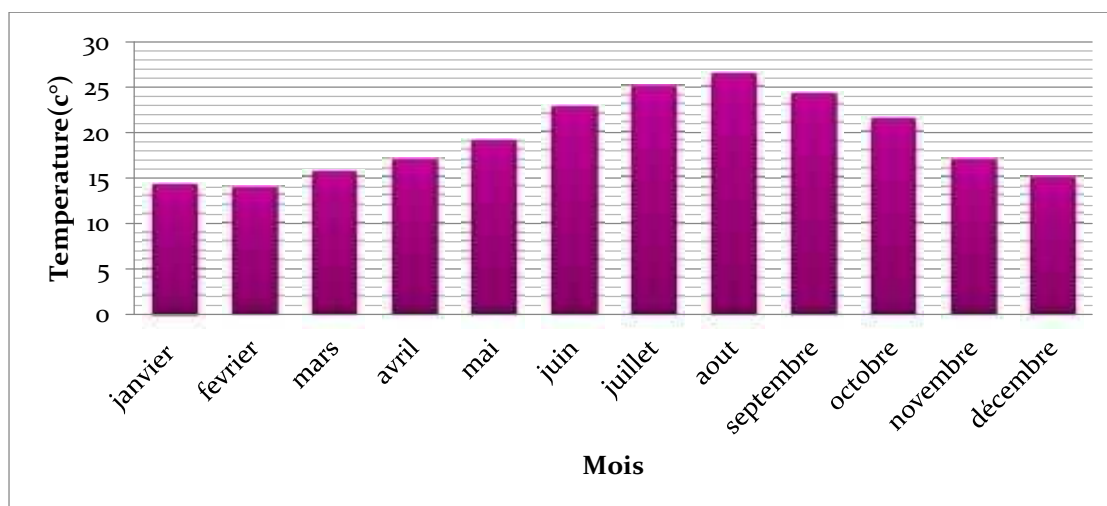
Pour cause de déversement des eaux usées issue de la ville.

### 5 - CADRE CLIMATOLOGIQUE

#### 5-1 - LE CLIMAT ET LA TEMPERATURE (SOURCE ONM)

Le climat est de type méditerranéen caractérisé par un été sec et chaud et un hiver humide et froid, sur le littoral la température ne descend pratiquement jamais en dessous de 0°C et ne dépasse guère 40°C la température moyenne est de 10°C en janvier et 25°C en aout.et la température moyenne annuelle entre 1995 à 2004 et de 19,4°C

Sur la figure suivante nous pouvons apprécier la variation moyenne des températures annuelles entre 1995 et 2004.

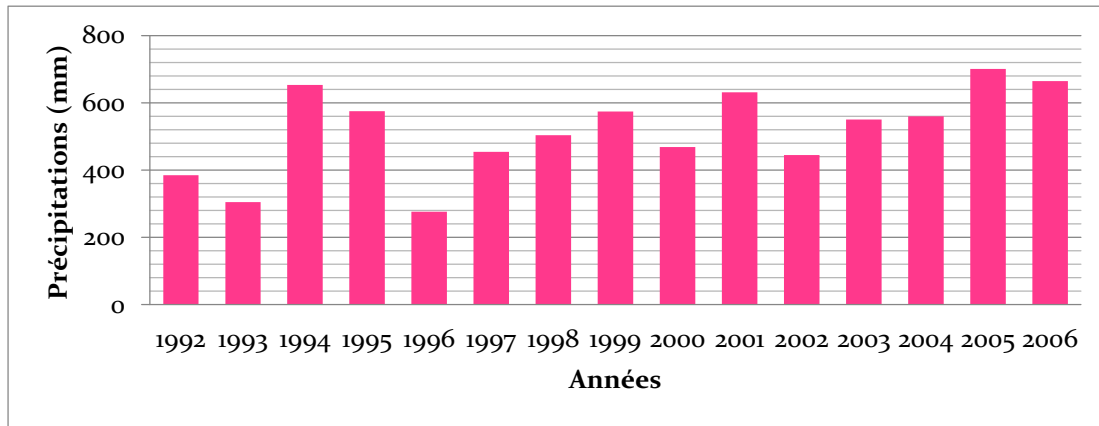


**Figure No.05 :** Profil de variation des températures moyennes de l'air (ONM, station de TENES, 1995-2004).

#### 5-2 - LA PLUVIOMETRIE

Les précipitations sur le littoral contribuent à leur tour à l'érosion des différentes roches par des ravinements intenses et souvent profonds.

Les données de la pluviométrie (pour la période 1992 à 2006) fournies par l'agence nationale des ressources hydrauliques) indique que la région de Gouraya est caractérisée par une pluviométrie importante. La moyenne des précipitations annuelles de 1969 a 2006 est de **569,77 mm**.



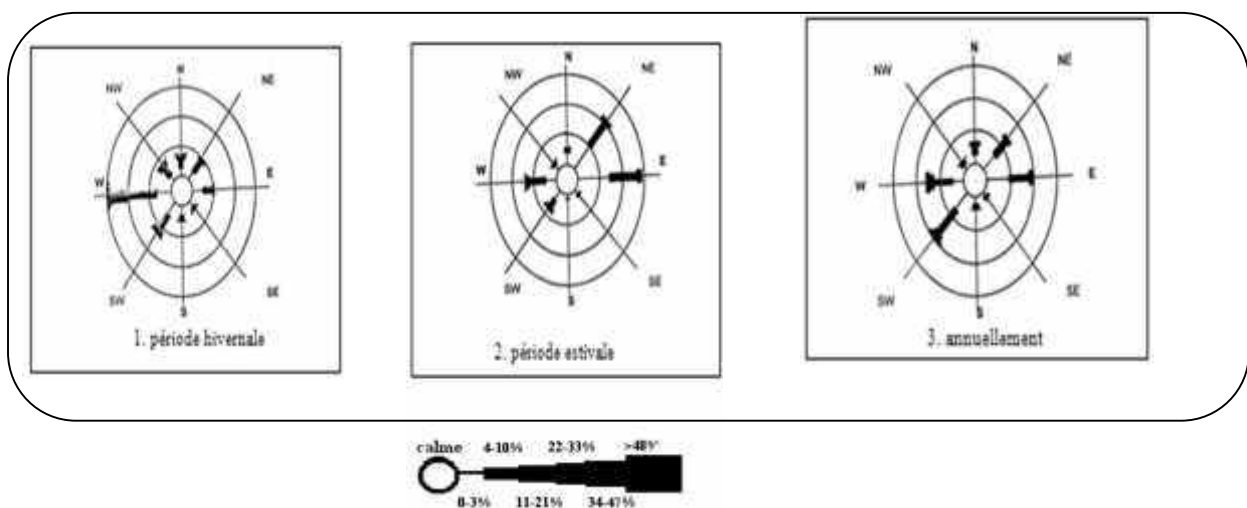
**Figure No.06** : Précipitations annuelles en mm (ANRH, 1992-2006)

### 5-3 - LE VENT

Le vent est élément important dans la dynamique des eaux marines, il est à l'origine de houle et des courants superficiels. Leur caractéristiques peuvent-être déterminantes pour le choix d'un dispositif de protection.

#### 5-3-1 - OBSERVATION DES VENTS AUX LARGES

Les vents sont générateurs de vagues et de courants, leur impact croît avec leur vitesse. Lorsque l'action des vents est continue, elle génère des houles. Dans la plage BOIS SACRE Est, la répartition des vents est parfaitement liée au régime annuel des houles. Les données recueillies par le S.S.M.O (Summary of Synoptic Météorological Observations) au large d'Alger confirment l'existence de deux périodes distinctes :



**Figure No.07** : Roses récapitulatives saisonnières et annuelles des fréquences d'apparition du vent au large. (L'US Naval Weather service, de 1963 à 1970).

-Une période hivernale: (octobre-Mars) avec des vents dominants de secteur Ouest ; avec une fréquence allant de plus de 48%.

-Une période estivale: (Avril-Septembre) les vents dominants sont de secteur Est et Nord-est, avec des Fréquences de 45 à 75% pour le secteur Nord Est.

### 5-3-2 - DONNEES LOCALES

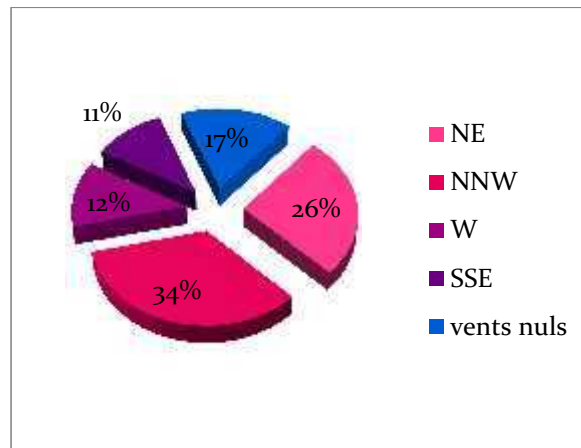
La station météorologique de BOU-SMAIL (1956-1960).

La fréquence des vents sont requises dans le tableau :

**Tableau No.01** :(Fréquence des vents a la station de Bous mail (1956-1960)). (Source ONM)

Direction	annuelle	hivernale	estivale
Nord Est à Est	18,80%	12,2	/
Nord Nord Ouest	23,3	27,5	23,4
Ouest	8,4	8,5	8,2
Sud Sud Est	7,5	2,2	6,3
Vents nuls	11,6	6,4	16,8

On note une prédominance des vents des secteurs Nord Nord Ouest et Nord Est.



**Figure No.08** : Répartition annuelle des vents en % (ONM, Bou-Smail, 1956-1960)

## **6 - CADRE HYDROGRAPHIQUE**

Tous les oueds et leur affluents sont des torrents à débits irrégulier, en été les lits des oueds quasiment à sec ou se réduisent à de simple filet d'eau, par contre ils connaissent des crues très violentes pendant les saisons d'hiver.

Dans le sahel, tous les oueds sont pratiquement perpendiculaires à la cote, ils traversent la plaine de la Mitidja du Sud vers le Nord avant de se jeter en mer.

Ces oueds prennent leurs sources de l'Atlas, la subsidence constante de la Mitidja et l'exhaussement de l'anticlinal du sahel, ont amené le réseau hydrographique à se surimposer.

La commune de Gouraya est traversée par les oueds importants suivants :

**Oued SEBT, Oued KALLAL, Oued SAFI, Oued R'HA, Oued TAMELLAT, Oued BAROUM**

Aucune construction n'est autorisée quelque soit son importance ou sa destination dans la limite périphérique des oueds qui traversent la ville de Gouraya du Sud au Nord d'où il est nécessaire et obligatoire de laisser une bande importante sur les terrains des berges à une largeur de 15m de part et d'autre. **(Source URBA Blida)**

## **7 - CADRE OCEANOGRAPHIQUE**

### **7-1 - LA HOULE**

C'est un paramètre hydrodynamique qui dépend indirectement des vents et qui joue un rôle important dans la zone de déferlement.

les données de houles on était extraite du Summary of Synoptic Météorological Observation (SSMO) de l'U.S. Naval Weather Command, pour une période s'étalant de 1963-1970, et qui couvrent un secteur qui se situe en longitude Est de 2° à 5° en latitude Nord de 36,5° à 38°(tableau No.2), permettant d'effectuer une analyse statistique de la houle au large de la région centre (secteur 10).

**Tableau No.2 :** Fréquence mensuelle de la houle au large par direction en pourcentage (SSMO, 1963-1970)

direction	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Mois								
Janvier	8,1	12,9	18,2	18,2	6,5	13,2	28,8	7,3
février	8,8	10,3	10,3	12,6	6,1	16,9	35,6	5,8
mars	11,3	12,6	12,6	15,8	4,5	12,3	30,5	9,2
avril	11,7	15,4	15,4	16	4,4	13,7	26,7	10,2
mai	8,2	26,3	26,3	31,9	3,3	7,2	13,9	5,2
juin	9,2	29,1	29,1	29,8	1,4	8,2	16,4	4,2
juillet	5,9	32,5	32,5	35,1	1	5,9	16,3	2
août	8,8	27,7	27,7	37,3	1,1	5	13,4	4,9
septembre	6,7	26,4	26,4	40,5	2,3	4,6	14,8	2,5
octobre	7,8	14,1	14,1	20,3	4,2	14,8	28,8	6,8
novembre	5,5	5,8	5,8	10	8	15,9	40,4	9,4
décembre	10,2	6,2	6,2	9,4	7,5	15	37,1	10
Moyenne	8,52	18,28	18,72	23,08	4,19	11,06	25,23	6,46

Les houles de direction Ouest, Sud-Est, Est et le Nord-Est sont les plus fréquemment observées, les fréquences d'apparitions sont plus faibles pour le secteur Nord, Sud et Nord- Ouest.

- La direction Nord à une répartition assez régulière au cours de l'année.
- Durant l'année, les fréquences correspondant aux directions Est et Ouest sont sensiblement identiques avec toutefois une légère prédominance du secteur Ouest.
- En été les houles d'Est, Nord-Est et Sud-Est prédominent alors qu'en hiver le secteur d'Ouest est privilégié.

## **7-2 - LES COURANTS**

Le courant joue un rôle très important dans le transport sédimentaire, il participe dans l'évolution des formes côtières, en conduisant à des envasements et à l'érosion.

### **7-2-1 - LES COURANTS GENERAUX**

Le courant dominant au large de Bois Sacré est d'origine atlantique : c'est le courant algérien il pénètre dans la méditerranée par le détroit de Gibraltar sous forme d'une couche superficielle de 150m d'épaisseur et d'une largeur de 50 km.

Il longe les côtes algériennes en allant vers l'Est, il donne naissance à des tourbillons anticycloniques de 100km de diamètre (milot ,1985) associés à des remontées d'eau de fond (upwelling), induisant des zones de forte productivité biologique.

### **7-2-2 - LES COURANTS COTIERS**

En l'absence de courant permanent ou de marée suffisamment importante, les courants induits par la houle ou à la cote, sont à peu près les seuls à agir sur la sédimentation actuelle (Caulet, 1972).

### **7-2-3 - LE COURANT DE RETOUR**

Il participe activement à l'érosion côtière de la zone d'étude, c'est le courant compensateur sur le fond qui s'effectue en direction du large résultant du retour des masses d'eaux déployées par la houle sur la cote. Son effet est remarquable surtout par mauvais temps généralement en hiver.

### **7-2-4 - LE COURANT DE LA DERIVE LITTORALE**

Lorsque la houle arrive à la cote avec une incidence oblique, elle donne naissance à un courant de dérive littorale, la vitesse de celui-ci est maximum pour un angle d'incidence de 90°.

Ce courant parallèle au rivage, qui se manifeste dans la zone de déferlement des vagues, il assure le transport latéral et la désertion des sables et des graviers de la frange littorale.

## **7-3 - LA MAREE :**

Bien que la marée soit faible sur la côte Algérienne, elle dépasse rarement les 35cm avec des périodes d'environ 12h à 24h, et que notre littoral soit de type microtidal, il est recommandé de prendre en considération ce marnage durant l'étude.

## 8 - PROBLEMATIQUES DE LA COMMUNE

Selon les informations qui ont été collectées au pris des services technique de la commune de GOURAYA, il est recensé les problèmes suivants :

- Absence totale de structures d'hébergement et d'accueil. Malgré les potentialités importantes pour le développement touristique de la commune et de toute la région Ouest de TIPAZA (sa situation côtière et la présence de vaste surface forestière).
- Les plages sont à l'état naturel et non aménagées pour le tourisme.
- Environ la moitié de la population de la commune doit se déplacer quotidiennement vers la commune pour ces besoins professionnels et domestiques. En effet les douars souffrent du manque d'équipements.
- Le parc logement compte 720 gourbis de GOURAYA.
- La commune souffre d'un manque de terrains pour recevoir les besoins futurs de sa population croissante.
- En effet 64% du territoire communal représente les zones de montagne et les forêts dont les pentes dépassent les 20%, le reste ce sont des terrains agricoles à haut rendement qui représente un atout principal pour le développement économique de la commune.
- L'offre des structures d'accueils (que ce soit pour les structures d'hébergements ou pour l'offre de service et commerce) est insuffisante pour prendre en charge une population supplémentaire pendant la période estivale.
- Manque de liaison convenable entre La commune de GOURAYA et l'ensemble des douars, qui sont actuellement liés par des pistes souvent impraticables.

## 9 - ENQUETE SUR TERRAIN

D'après la visite réalisée au niveau de Bois sacré à Gouraya avec 15 habitants, Cette visite a permis de distinguer les points suivants :

- durant la période coloniale, le site était réservé à l'agriculture (culture de raisins).
- depuis 1970 à 1975 des permis de construire ont été délivrés pour des constructions à usage d'habitations.
- il est recensé environ 70 habitants (entre licites et élicites).
- Durant la dernière décennie les habitants rapportent la constatation de recul important du trait de côte.
- deux inondations importantes 1982 et 2000 ont été rapportées par les riverains.
- ces phénomènes ont occasionnés des dégâts sur les maisons proches du trait de côte (première ligne).
- Dans le côté ouest de la plage, l'existence de deux rejets d'égouts, depuis la période coloniale des cellules de prisons de l'armée française sont existées et les habitants disent que les français ont toujours creusés pour empêcher la remonté importante des eaux de la mer vers les prisonniers des cellules.
- D'importants stocks de sable ont été pris au moment de construction.
- la population locale est en faveur de toute protection, en faveur de la pêche artisanale ainsi que la valorisation de la plage pour la baignade.
- Le chef-lieu de la commune de Gouraya présente actuellement huit rejets dans la mer avec et sans décantation.
- Pour éviter la pollution engendrée par les rejets et vu la vocation touristique de la commune, un collecteur principal est proposé pour intercepter tous les rejets existants et les acheminer vers une station d'épuration proposée à l'ouest de la commune dont l'endroit et la capacité feront l'objet d'une étude bien détaillée.
- Des déversoirs d'orage seront conçus le long de ce collecteur pour déverser les excès des eaux d'orage par temps de pluie.
- Extension du réseau d'assainissement pour les zones qui vont être aménagées.
- Entretien périodique du réseau existant.

## 10 – ASPECT ET EVOLUTION DUTRAITDE COTE:

### 10-1 - EVOLUTION DE TRAIT DE COTE :

Les moyens utilisés pour la matérialisation et le repérage du trait de côte, sont basé sur la topographie, le traitement de photos aériennes, et les images satellitaires. Néanmoins la réalisation des profils bathymétriques apporte les compléments relatifs à la plage sous-marine. Un suivi régulier permet de définir les limites de variations du trait de côte.

La prédiction des tendances de la morphologie côtière et par conséquent l'évaluation de risque associé se concentre sur la compréhension des changements qui se sont produits dans le passé. Historiquement, ceci a été fait par le biais du suivi et de l'enregistrement des données grâce à une variété de bases des données telles la photogrammétrie aérienne ou l'imagerie satellitaire.

L'obtention de l'évolution du trait de côte est effectuée par la superposition de la photographie aérienne réalisée en 1980 par l'INCT et l'image satellitaire (Google Earth 2011). Avec le logiciel Map-info 7,8. (Echelle 1/10 000)



**Figure No. 09** : Evolution du trait de côte de la zone de Bois Sacré à Gouraya entre 1980 et 2011.

## 10-2 - INTERPRETATION :

L'analyse diachronique de cette évolution nous a permis d'observer l'évolution régressive du trait de côte.

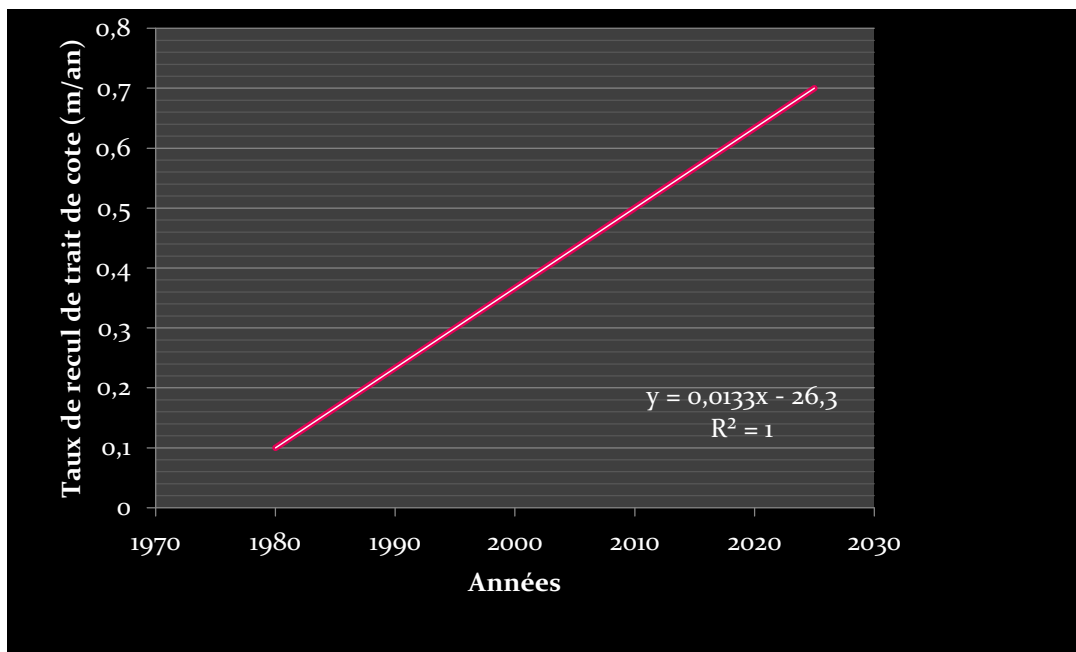
Le trait de côte change constamment sous l'effet des facteurs tels que l'énergie des vagues, la vitesse du vent, la bathymétrie, ainsi que les pluies, la fréquence et l'intensité des tempêtes.

La figure No.9 montre généralement un recul de trait de côte avec une vitesse moyenne de 0,51m/an au niveau des habitations (partie Est et centre) et un léger recul avec une vitesse moyenne de 0.37m/an (partie ouest), Ceci engendre une érosion relativement importante dans la zone d'étude. En conclusion la zone de Bois Sacré est une côte à tendance érosive.

En analysant ces résultats, nous remarquons que l'implantation des habitations, le long du linéaire côtier de Bois Sacré de 1980 à 2011, a favorisé le déclenchement du phénomène de l'érosion au niveau de ce site.

Le taux de recul de trait de côte est lié directement ou indirectement à l'artificialisation du littoral, à savoir l'urbanisme et d'autres phénomènes naturels.

La courbe suivante n'illustre clairement que le recul du trait de côte à tendance à augmenter avec le temps, donc une accentuation des phénomènes d'érosions.



**Figure No. 10** : Courbe de la tendance de l'évolution de trait de côte de Bois Sacré.

## 11 - LES CAUSES D'ÉROSION

### 11-1 – GENERALITE ET PRINCIPES

Une plage est un milieu mobile qui correspond à des zones de dépôts et de transfert incessant de sédiments meubles. Son budget sédimentaire est défini comme la somme algébrique de l'alimentation et de l'ablation des matériaux détritiques.

La côte algérienne subit aussi des transformations en raison de l'intervention d'agents morphogéniques qui ne leurs sont pas spécifiques, tels que les vents, les eaux de ruissellement et d'infiltration etc. dont l'efficacité, peut s'avérer accrue, au contact terre/mer.

### 11-2 - LES FACTEURS D'ÉROSION DES PLAGES

En générale les causes de l'érosion et les menaces qui pèsent sur la zone de Bois Sacré se résument en:

#### A- Facteurs naturels

- **L'épuisement du stock sédimentaire côtier**

Le budget sédimentaire, fait la balance entre les sédiments entrant et sortant du système côtier. Si ce budget est positif, la plage s'élargit et la côte prograde. S'il est négatif, la plage démaigrît et la côte recule.

L'activité humaine intense sur les zones côtières est à l'origine du déséquilibre des écosystèmes littoraux, et l'aménagement des bassins versants conjugués à certains facteurs naturel s'entraînent l'érosion des plages et la Détérioration des herbiers. Ces actions provoquent une rupture du régime sédimentaire qui se manifeste par une « pénurie sédimentaire».

Le stock sédimentaire côtier d'aujourd'hui est pour l'essentiel hérité, ainsi, nous connaissons une pénurie en apport «frais» de sédiments, accentué par les éléments naturels (courant, houle et vent).

- **Les phénomènes tectoniques** :( mouvement des plaques, séismes sous-marins...)

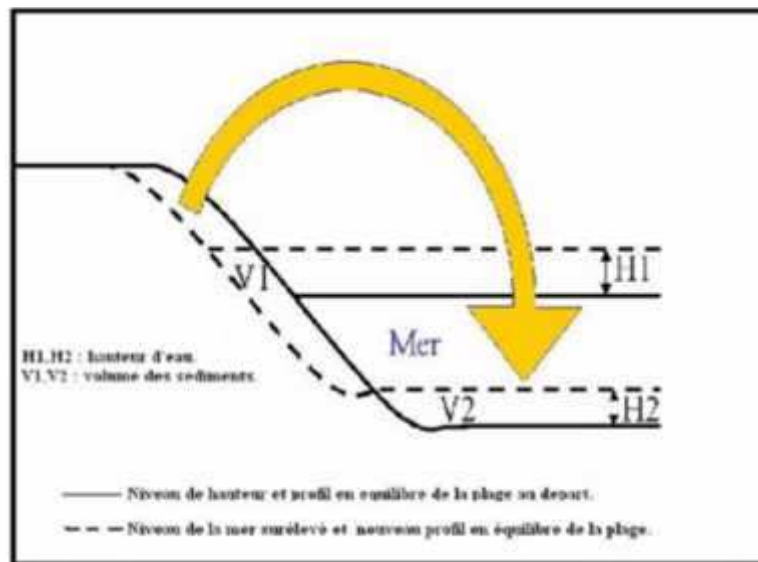
Ils peuvent avoir des conséquences non négligeables sur l'évolution du trait de côte. Ils provoquent des mouvements tant horizontaux que verticaux. Ils peuvent par conséquent créer

des déformations de quelques centimètres par siècle (~10cm par siècle), susceptibles de modifier la disposition d'un rivage et d'en augmenter l'érosion.

- **Élévation du niveau de la mer**

Le niveau de la mer augmente d'une façon permanente par dilatation thermique, mais aussi par la sur côte et lors des tempêtes.

L'élévation du niveau de la mer provoque un démaigrissement et un recul des plages (principe de Brunn). Le profil transversal de la plage migre parallèlement à lui-même vers la terre par érosion de la partie haute. Le matériau enlevé s'accumule sur l'avant plage de telle sorte que l'épaisseur de la tranche d'eau littorale reste constante (**Figure No.11**).



**Figure No.11:** Illustration du principe de Brunn.

- **Les tempêtes**

Les houles et les vagues associées à des pleines mers de vives eaux, attaquent les hautes plages et peuvent emporter le cordon littoral et submerger l'arrière plage causant des dégâts parfois irréversibles.

## **b- Facteurs anthropiques**

### **• Les aménagements et l'artificialisation du littoral**

Favorise l'accélération de l'érosion en bordure des ouvrages, tout en augmentant le déficit sédimentaire.

### **• La fréquentation humaine**

Elle concerne la sur-fréquentation des cordons dunaires qui détruit la végétation ou empêche son développement et expose le sable à l'action du vent, aussi l'extraction des matériaux modifie les échanges sédimentaires.

### **• L'exploitation de dunes sableuses**

Les dunes constituent, dans les zones où elles existent, une bonne protection naturelle par :

- Le barrage qu'elles offrent aux houles et marées de tempête, empêchant les eaux d'inonder des zones basses intérieures.
- La réserve de sable qu'elles constituent pour l'alimentation de la plage.

L'arasement des dunes bordières déstabilise les plages, or les dunes participent activement à l'équilibre des plages du fait qu'elles constituent une réserve en sable, ce qui leurs procurent un rôle protecteur en cas de déferlement des vagues de tempêtes.

### **• Les constructions très proches du trait de côte**

Les édifices construits trop proche du trait de côte ne tiennent pas longtemps. L'attaque de la construction commence à sa base par déflation du sable sous-jacent et affaissement, la fondation petit à petit se trouve à découvert et déstabilisent les édifices ; à la moindre tempête l'effondrement commence.

### **• La pollution**

Principale contrainte pour le développement récréatif, purement de nature anthropique, causé par tous rejets domestiques ou industriels (solides qu'ils soient ou liquides), provoquant la dégradation de la faune et la flore dans le milieu.

### 11-3 - LES FACTEURS D'ÉROSION LES PLUS IMPORTANTS A BOIS SACRE

Parmi tous ces facteurs naturels et anthropiques qu'on vient de citer, certains d'entre eux sont les plus influant dans notre zone d'étude:

#### A- Les facteurs naturels

Le transport sédimentaire est tributaire de :

##### • Les houles

Par l'énergie qu'elles dissipent à l'approche de la côte et suivant l'obliquité de leurs attaques vis-à-vis le rivage provoquant des transits perpendiculaires à la plage, et puisque aucune alimentation plus ou moins importante ne vient compenser ce transit, celui-ci, par des quantités importantes de matériaux mises en mouvement, entraîne un déficit sédimentaire et une érosion de la plage.

Une visite sur le site révèle la présence d'une granulométrie de grande taille jusqu'à 6 cm témoignant de la forte énergie de la houle, **(photo No.05)**.

##### • Les vents

Loin d'être négligeables, puisqu'ils sont à l'origine d'importants mouvements de sable, l'action de ces deux facteurs s'accroît lors des creux de tempêtes.

#### B- Les facteurs anthropiques

Depuis 1970 le secteur de Bois Sacré a vu sa population augmenter progressivement et l'occupation du sol est surélevée **(photo No.02)**. Par conséquent, la quantité de rejet en mer a considérablement augmenté.

La construction urbaine à Bois Sacré n'avait qu'aggraver le problème, puisque toutes les constructions touristiques et urbaines ne représentent qu'une nouvelle source de rejets de déchets dans la plage **(photo No.03)**. Le ruissellement et l'infiltration des eaux usées déversées au niveau des plages ont accentués le phénomène de l'érosion, il est à noter que il y'a un projet de réalisation d'une station d'épuration à 300m à l'Ouest de Bois Sacré mais ni pas encours implanté sur terrain.(Source APC)

## • La pollution

-L'écoulement des eaux usées transport avec lui les sédiments et entraîne une érosion importante au niveau de la plage (**photo No.04**)

-Dégrade l'herbier dans le secteur; représentant un moyen loin d'être négligeable en protection des Fonds par l'absorption de l'énergie du déferlement.

## Conclusion

De cette analyse, il ressort clairement que l'érosion évolutive constatée au niveau de site est d'origine purement anthropique avec une valeur moyenne de recul du trait de côte de 0,45m/an.



**Photo No.01** : Etat actuel de la plage de Bois Sacré.



**Photo No.02** : Présence d'urbanisation importante à côté de la plage de Bois Sacré



**Photo No.03** : Rejet d'eaux usées



**Photo No.04** : Ecoulement des eaux usées sur la plage



**Photo No.05** : Granulométrie grossière témoigne la forte Énergie de la houle

# **Chapitre II**

## **Etude du milieu**

## 1 - LA REFRACTION DE LA HOULE

### 1-1 - INTRODUCTION

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

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

La propagation de la houle entre le large et la côte, étudiée avec le modèle numérique SWAN (Simulating Waves Nearshore développé par l'université de DELFT), est basée sur les données bathymétriques obtenues des cartes nautiques du SHOM ainsi que la bathymétrie réalisée sur terrain.

### 1-2 – PRINCIPE DE CALCUL DE LA REFRACTION DE LA HOULE

Connaissant la climatologie au large, il est possible d'établir une statistique de la houle au large. Cette houle 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:

$$K_r = \frac{Hs \text{ local}}{Hs \text{ large}}$$

Les calculs de la réfraction de la houle entre le large et la côte sont effectués par le modèle numérique SWAN pour différentes conditions de houle au large (hauteur, période et direction). Le logiciel modélise la propagation de la houle en prenant notamment en compte les phénomènes de:

- Réfraction, sur les fonds et autour des ouvrages;
- Frottement sur le fond;
- Déferlement.

### 1-3 - DONNEE DE BASE

#### 1-3-1 - DONNEES BATHYMETRIQUES

La bathymétrie utilisée pour cette étude de réfraction est celle issue de la digitalisation de la carte SHOM No.1206 comprise entre KEF ES SOUARI et TIPAZA- échelle : 1/120 000. «Bathymétrie d'après les levés de 1867-1868 et 1925-1926».

### 1-3-2 - DONNEES DE HOULES AU LARGE

Les données du Summary of Synoptic Meteorological Observations (SSMO) consistent en des observations de navire sur la période allant de 1963 à 1970.

Un traitement statistique de ces données a permis de déterminer les fréquences d'apparition de houle par direction et par période.

Le choix des périodes est fait en fonction de la répartition des probabilités de dépassement d'une houle d'amplitude donnée. Les houles de fortes amplitudes (>10S), ont une probabilité d'apparition relativement faible. Les périodes de houle considérées dans le cadre de cette étude ont : 6,8 et 10 secondes pour les houles annuelles (tableau No.3).

**Tableau No.3** : Conditions de houles retenues dans le cadre de cette étude:

Période	Direction de la houle au large		
	N 315°	N360°	N45°
6s	Hs=1,10m	Hs=1,00m	Hs=1,09m
8s	Hs=2,64m	Hs=2,67m	Hs=2,56m
10s	Hs=4,53m	Hs=4,92m	Hs=5,05m

### 1-3-3 - CHOIX DU SECTEUR ANGULAIRE

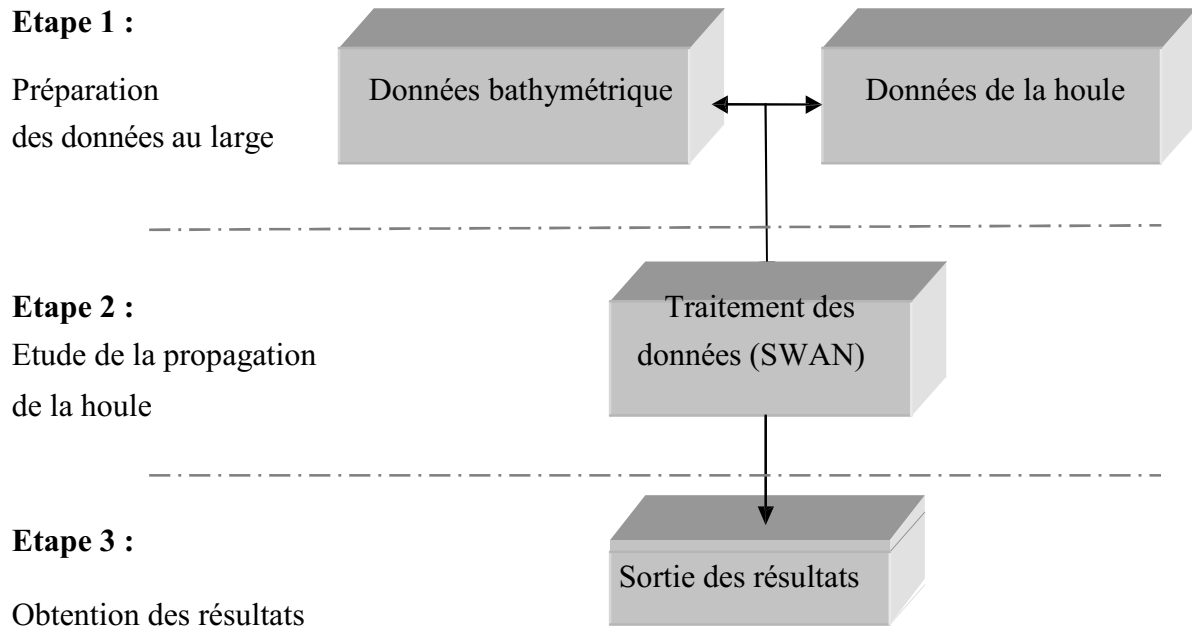
Le secteur angulaire considéré correspond aux limites naturelles imposé d'une part, par la configuration géographique du site d'étude, et d'autre part, par le secteur d'intérêt des houles du large.

Ainsi trois (03) directions ont été retenues en tenant compte des tableaux de fréquence par direction des houles au large ainsi que l'incidence de ces houles par rapport à la zone d'étude :

- Une direction de houle (315°N).
- Une direction de houle (360°N).
- La direction de houle (45°N).

### 1-4 DEROULEMENT DES ETAPES DE LA REALISATION DE LA REFRACTION

Afin de procéder à l'étude de la réfraction deux logiciels ont couplé-ils s'agit du logiciel des SIG (système d'information géographique) Map-info version 7.8 comme surface de saisie de données et d'acquisition de résultats, ainsi que le logiciel SWAN (Simulating Waves Nearshore) comme calculateur. L'étude de la propagation de la houle sur un site réel comporte trois phases principales, présentées schématiquement sur L'organigramme ci-dessous:

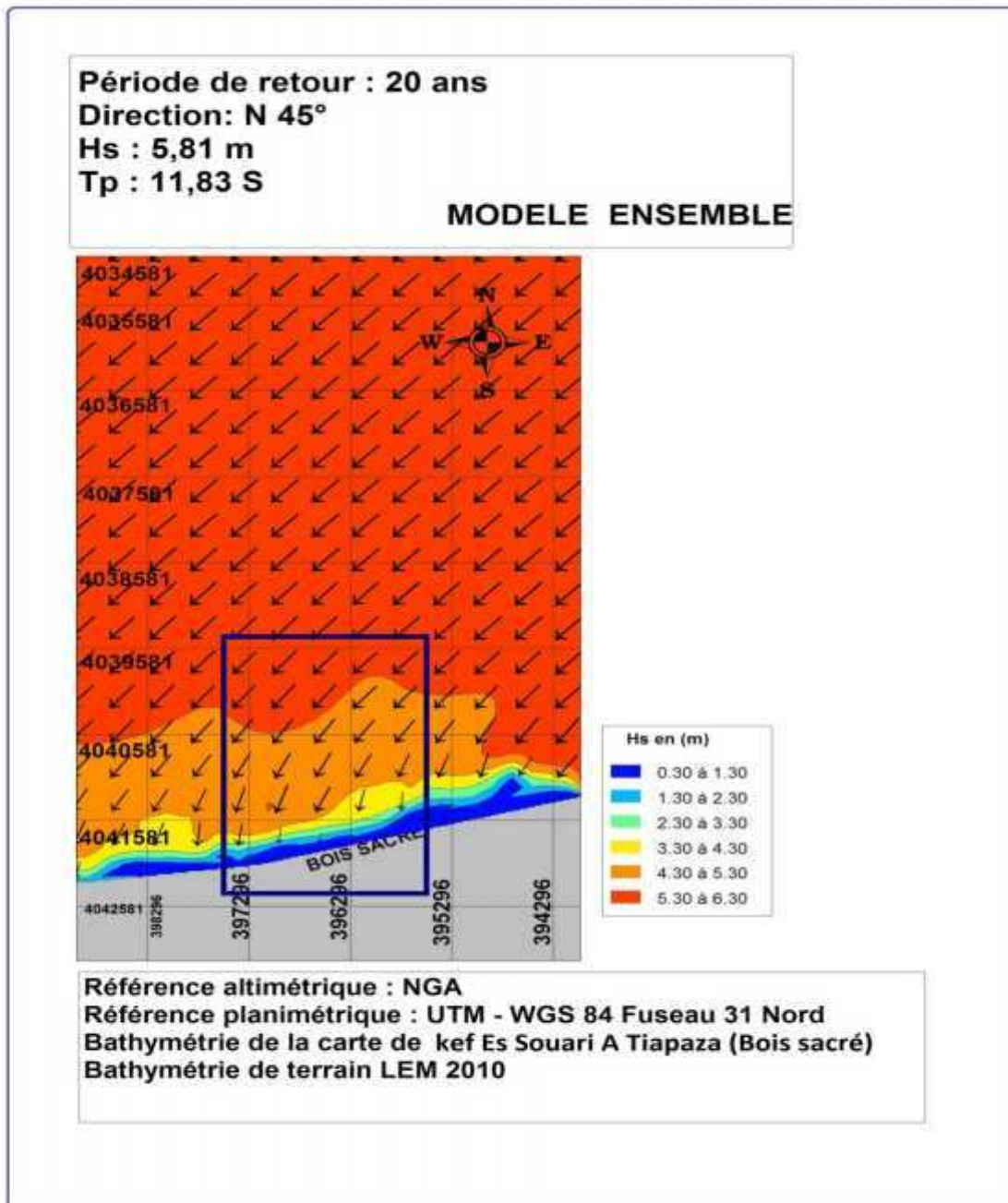


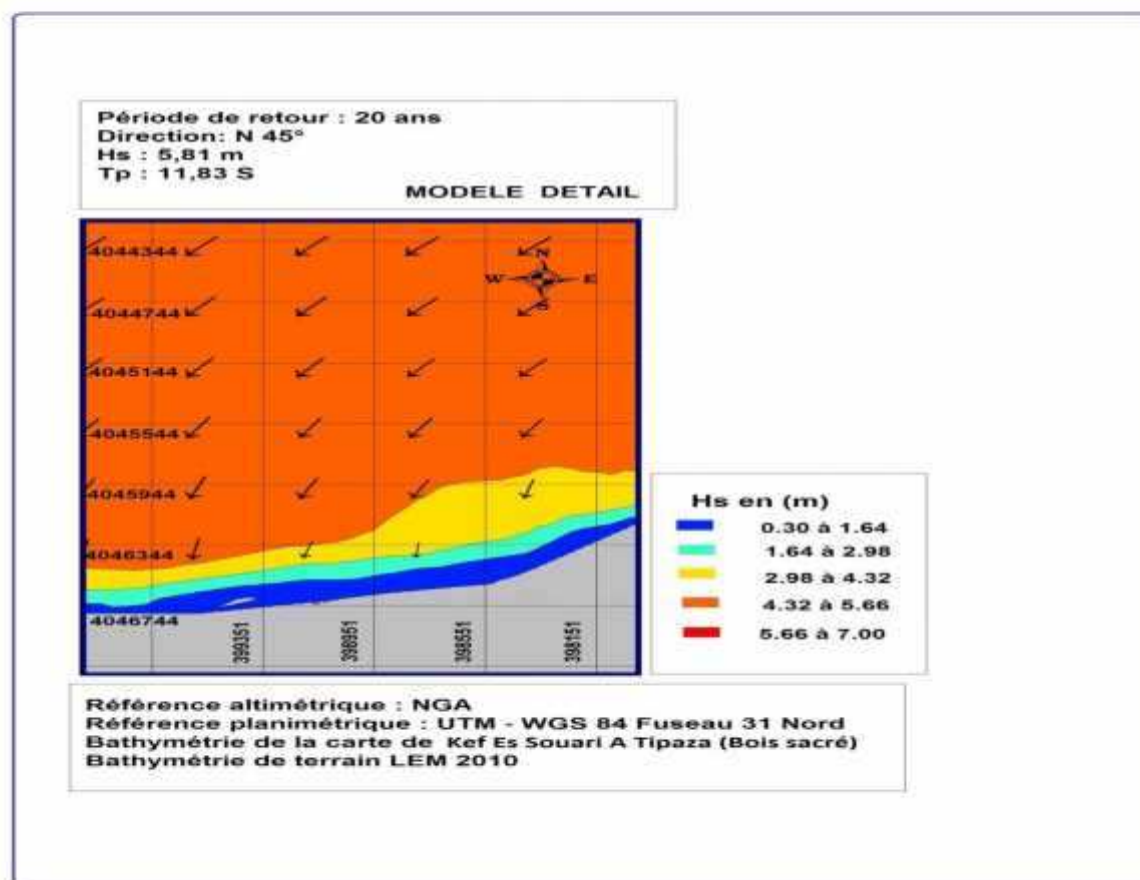
**Figure No.12 :** Organigramme du déroulement des étapes de la réalisation de la réfraction.

## 1-5 – ETUDE DE LA REFRACTION DE LA HOULE

l'étude se focalisera sur des houles vingtennale dans les 3 secteurs suivants : Nord, Nord-Est, Nord-Ouest.

### 1-5-1 - LES HOULES DE LARGE DE DIRECTION NORD EST





**Figure No.13:**Réfraction de la houle pour une direction 45°N et une houle vingtennale (Par le LEM).

### Commentaire

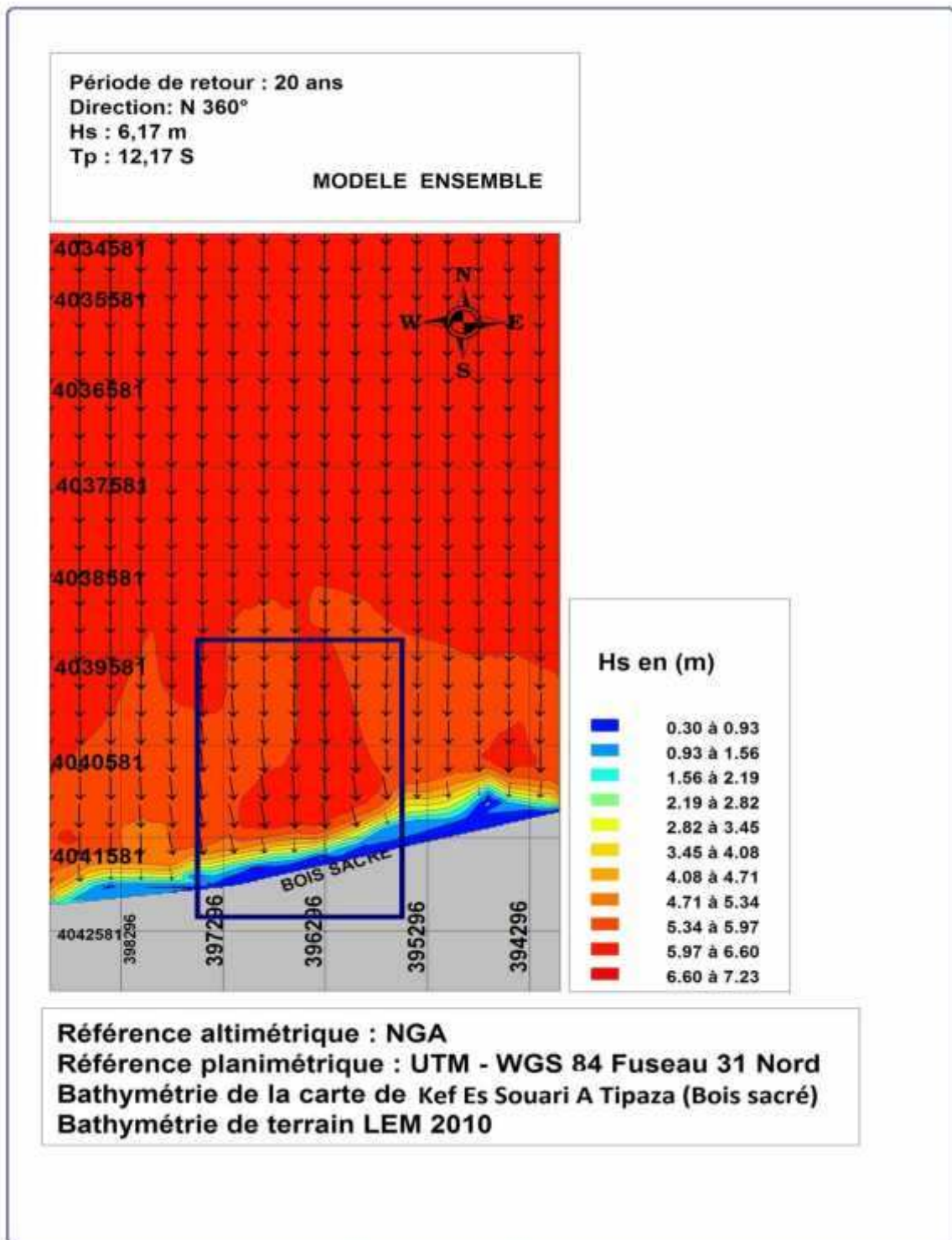
L'étude de la réfraction réalisée grâce au logiciel SWAN, à partir d'une houle vingtennale de secteur Nord-est, révèle une diminution de l'énergie de la houle par réfraction.

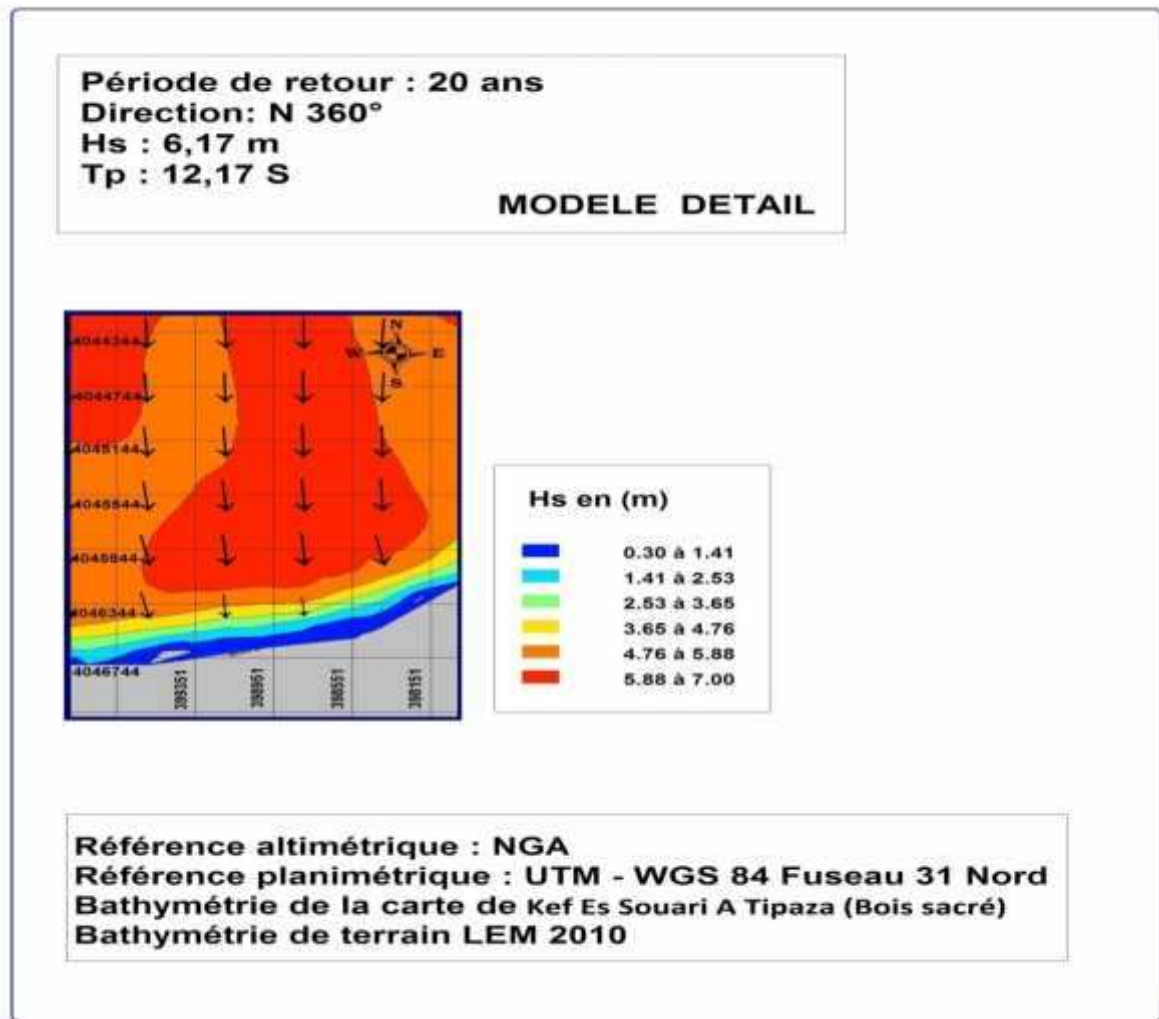
Il est noté une diminution de l'énergie de la houle au fur et à mesure de l'évolution de la houle vers la côte.

Le coefficient de réfraction est en moyenne égale à 0,88 à 10m de profondeur et diminue jusqu'à atteindre 0,53 à 5m de profondeur. La houle ne conserve que la moitié de son énergie du large.

La dissipation de l'énergie se présente par un pivotement des orthogonales en direction Nord à Nord – Est, avec un angle moyen de 23°.

## 1-5-2 - LES HOULES DE LARGE DE DIRECTION NORD





**Figure No.14:** Réfraction de la houle pour une direction 360°N et une houle vintennale (Par le LEM).

**Commentaire**

L'étude de la réfraction réalisée grâce au logiciel SWAN, à partir une houle vintennale de secteur Nord, révèle une diminution de l'énergie de la houle par réfraction.

Il est noté une diminution de l'énergie de la houle au fur et à mesure de l'évolution de la houle vers la côte.

Le coefficient de réfraction est en moyenne égal à 1,05 à 10m de profondeur (gonflement) et diminue jusqu'à atteindre 0,65 à 5m de profondeur. Donc les houles ne perdent que très peu de leur énergie.

La dissipation de l'énergie se présente par un pivotement des orthogonales en direction Nord à Nord – Est, avec un angle moyen de 4°.

### 1-5-3 - LES HOULES DE LARGE DE DIRECTION NORD-OUEST

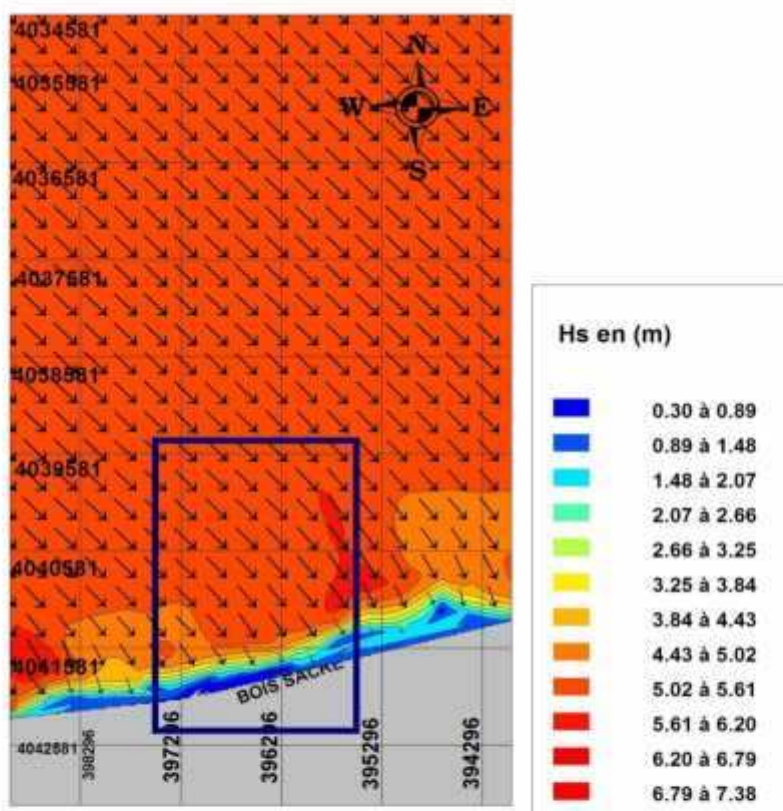
Période de retour : 20 ans

Direction: N 315°

Hs : 5,56 m

Tp : 11,63 S

MODELE ENSEMBLE

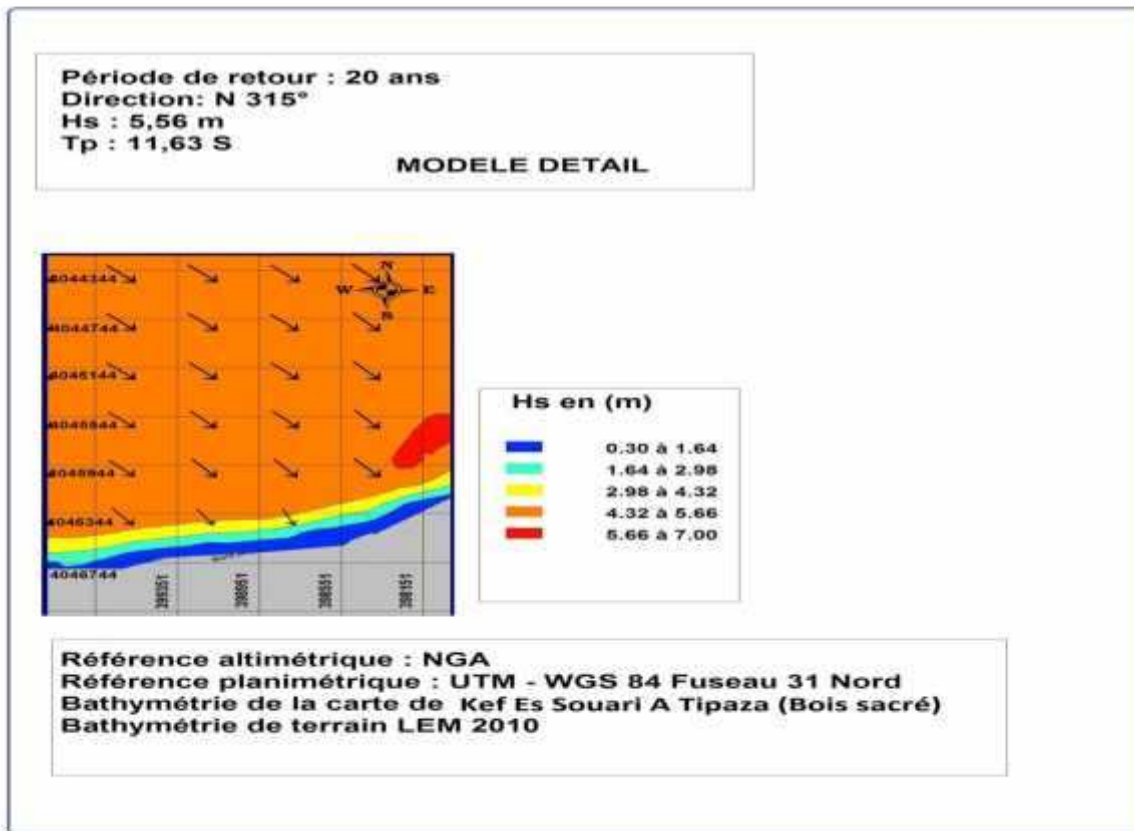


Référence altimétrique : NGA

Référence planimétrique : UTM - WGS 84 Fuseau 31 Nord

Bathymétrie de la carte de Kef Es Souari A Tipaza (Bois sacré)

Bathymétrie de terrain LEM 2010



**Figure No.15:** Réfraction de la houle pour une direction 315°N et une houle vingtennale (Par le LEM).

### Commentaire

L'étude de la réfraction réalisée grâce au logiciel SWAN, à partir une houle vingtennale de secteur Nord-Est, révèle une diminution de l'énergie de la houle par réfraction.

Il est noté une diminution de l'énergie de la houle au fur et à mesure de l'évolution de la houle vers la côte.

Le coefficient de réfraction est en moyenne égal à 0,95 à 10m de profondeur et diminue jusqu'à atteindre 0,61 à 5m de profondeur. Alors les houles ne perdent que peu de leur énergie.

La dissipation de l'énergie se présente par un pivotement des orthogonales en direction Nord à Nord – Est, avec un angle moyen de 12°.

## **1-6 - CONCLUSION SUR L'ETUDE DE LA REFRACTION DE LA HOULE**

Les houles les plus énergiques et qui peuvent influencer sur la zone de Bois Sacré sont les houles de Nord de faites que celles-ci arrivent directement sur le site et l'attaquent de façon frontale.

Il est à noter que face au site, on constate une fosse (voir profil bathymétrique AA') qui favorise un gonflement, cet état de faite est confirmé par le coefficient de réfraction qui atteint 1,05 à l'approche de la côte pour les houles.

## 2 - TRANSIT LITTORAL

### 2-1 - CALCUL DE TRANSIT

Le calcul de transit littoral passe par plusieurs étapes pour estimer la quantité totale des sédiments transportés par le transit, ainsi l'orientation de transit littoral.

#### 1 - MOYENNE DES FREQUENCES D'APPARITIONS $P_n = \sum f_{ri}/n$

DIRECTION	PERIODE		
	6	8	10
N 360	0,0431	0,0008	0,0000
N 315	0,0361	0,0007	0,0000
N 45	0,0783	0,00084555	0,0000

n: nombre d'amplitude dans une période

#### 2 - DROIT DE REGRESSION $H_s = A \log(P_n) + B$

DIRECTION	PERIODE		
	6	8	10
N 360	0,580049573	3,35237948	0,0000
N 315	0,76555069	3,04436302	0,0000
N 45	0,607374222	3,17221908	0,0000

6	8	10
$y = -0,82 \ln(x) - 1,998 \quad R^2 = 0,999$	$y = -0,72 \ln(x) - 1,742 \quad R^2 = 0,967$	0,0000
$y = -0,91 \ln(x) - 2,257 \quad R^2 = 0,956$	$y = -0,61 \ln(x) - 1,359 \quad R^2 = 0,984$	0,0000
$y = -0,43 \ln(x) - 0,488 \quad R^2 = 0,952$	$y = -0,89 \ln(x) - 3,125 \quad R^2 = 0,977$	0,0000

### 3 - FREQUENCE D'OBSERVATION

avec :  $F\% = \sum (\text{NOMBRE DE CAS POUR CHAQUE PERIODE} / 8870) * 100$

DIRECTION	PERIODE		
	6	8	10
N 360	7,981961669	0,529875986	0,033821871
N 315	6,178128523	0,383314543	0
N 45	17,80157835	0,484780158	0,056369786

#### 4 - T :

$$t = (365 * 24 * 3600 / 100) * f\%$$

DIRECTION	PERIODE		
	6	8	10
N 360	2517191,432	167101,6911	10666,06539
N 315	1948334,611	120882,0744	0
N 45	5613905,75	152880,2706	17776,77565

T : durée d'action de la houle en s.

## 5 - BILAN ENERGITIQUE

$$\text{BILAN ENERGITIQUE} = H_s^2 \cdot T \cdot t$$

DIRECTION	PERIODE			TOTAL
	6	8	10	
N 360	5081567,728	15023709,56	0	20105277
N 315	6851137,764	8962821,895	0	15813960
N 45	12425935,05	12307441,36	0	24733376

**TOTAL** 60652613,36

## 6 - F( $\alpha$ )

$$F(\alpha) = \text{SIN}(7\alpha/4)$$

DIRECTION		PERIODE		
		6	8	10
N 360	$\alpha$	-13	-11	-10
	F( $\alpha$ )	-0,386710962	-0,329690645	-0,3007058
N 315	$\alpha$	-38	-41	-44
	F( $\alpha$ )	-0,917060074	-0,949699126	-0,974370065
N 45	$\alpha$	-48	-42	-36
	F( $\alpha$ )	-0,994521895	-0,958819735	-0,891006524

F( $\alpha$ ) : Obliquité des crêtes de houle avec la côte.

## 7 - TRANSIT SEDIMENTAIRE

DIRECTION	PERIODE			TOTAL
	6	8	10	
N 360	-1606,467568	-4049,221788	0	-5655,689357
N 315	-5136,274762	-6958,547019	0	-12094,82178
N 45	-10102,55421	-9647,004939	0	-19749,55915
<b>TOTAL</b>				<b>-37500,07029</b>

k	0,0000025
C	0,03
g	9,81

## 2-2 - CONCLUSION

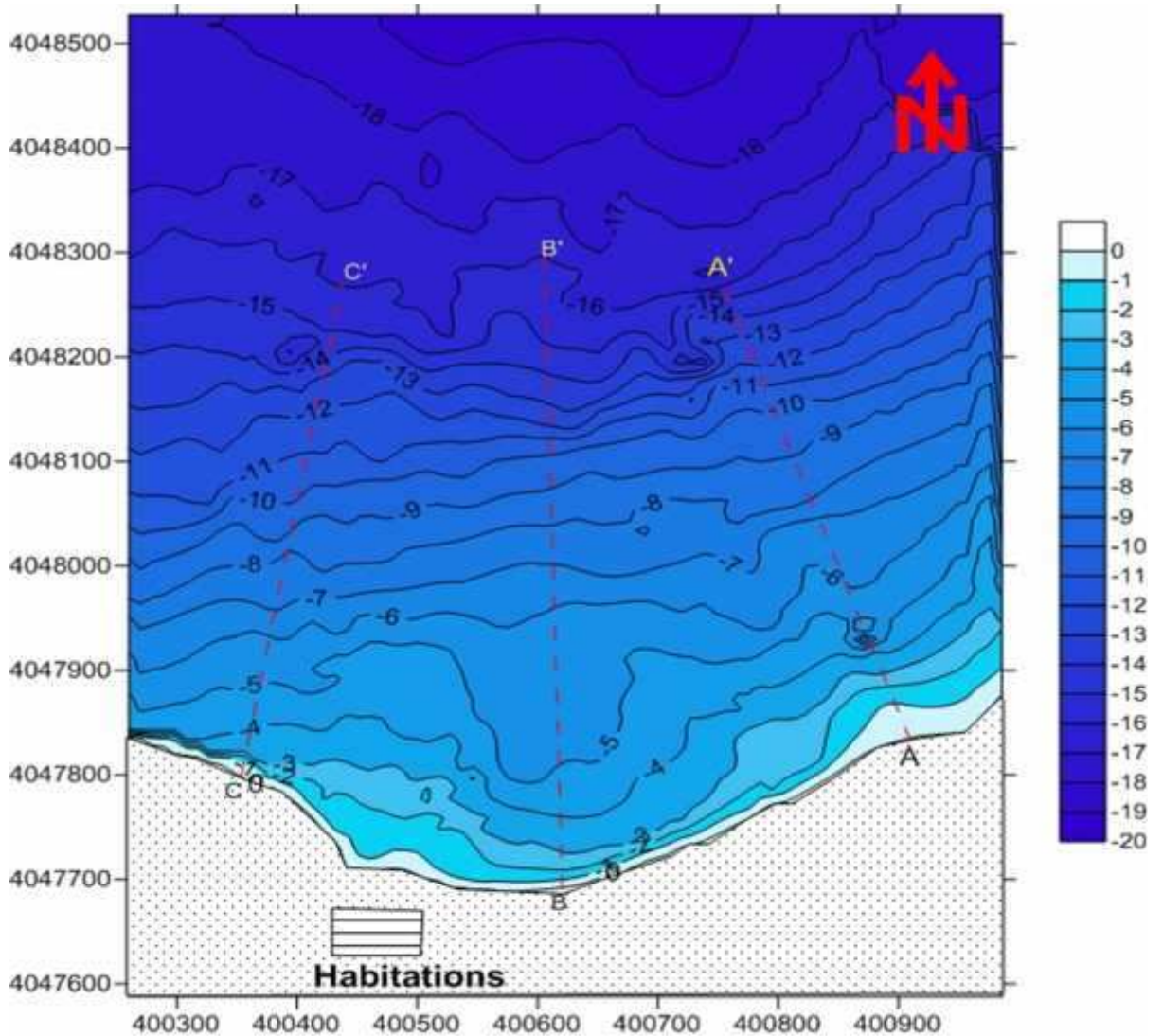
Le bilan du transit littoral révèle une quantité serait de **37500 m<sup>3</sup>/an**, qui se déplace d'Est en Ouest.

Ce bilan est un facteur déterminant dans le choix des variantes à proposer.

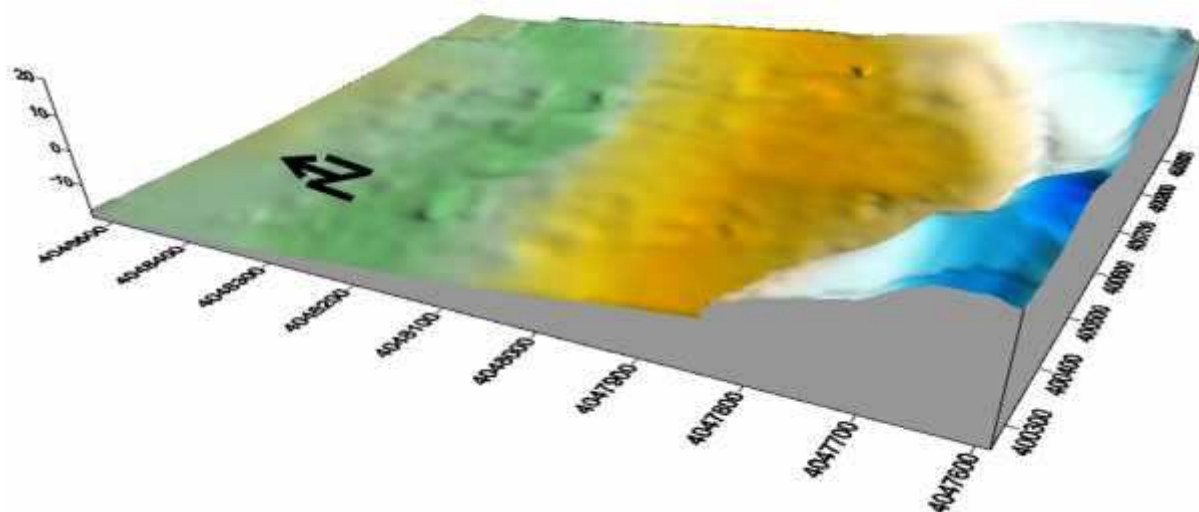
### 3 - ETUDE BATHYMETRIQUE

#### 3-1 - LA MORPHOLOGIE SOUS-MARINE

La carte bathymétrique montre des isobathes plus au moins régulières, espacées et parallèles à la côte. La morphologie sous-marine est marquée par deux petites creux plongeants (fosses de lévigation) à -5m (profil AA') et -14m (profil CC').



**Figure No.16:** Carte bathymétrique et les profils tracés dans le secteur de Bois Sacré.

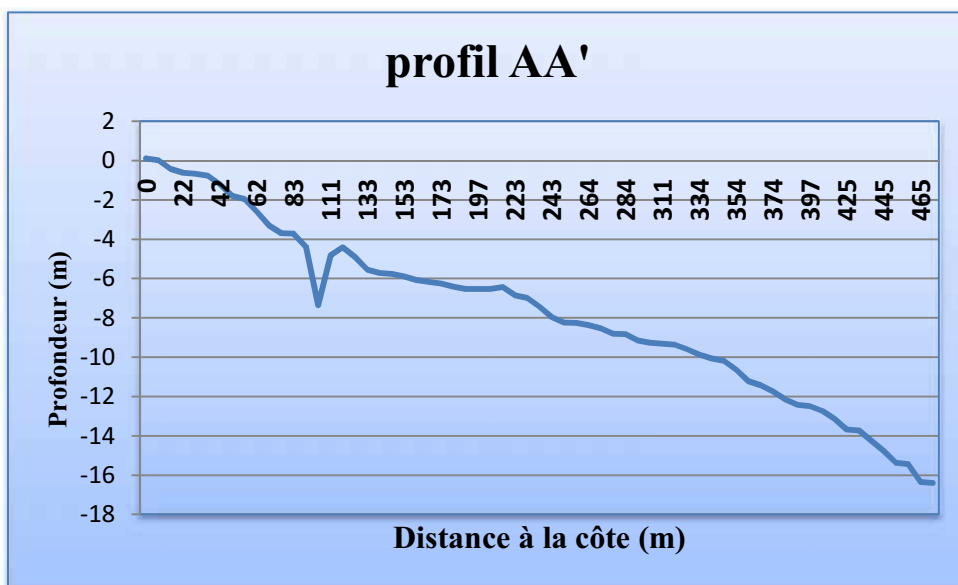


**Figure No.17: Carte bathymétrique en 3D de Bois Sacré**

### 3-2 - LES PROFILS

Trois profils sont tracés sur la carte bathymétrique afin d'étudier au mieux la morphologie sous-marine et comprendre l'évolution du fond.

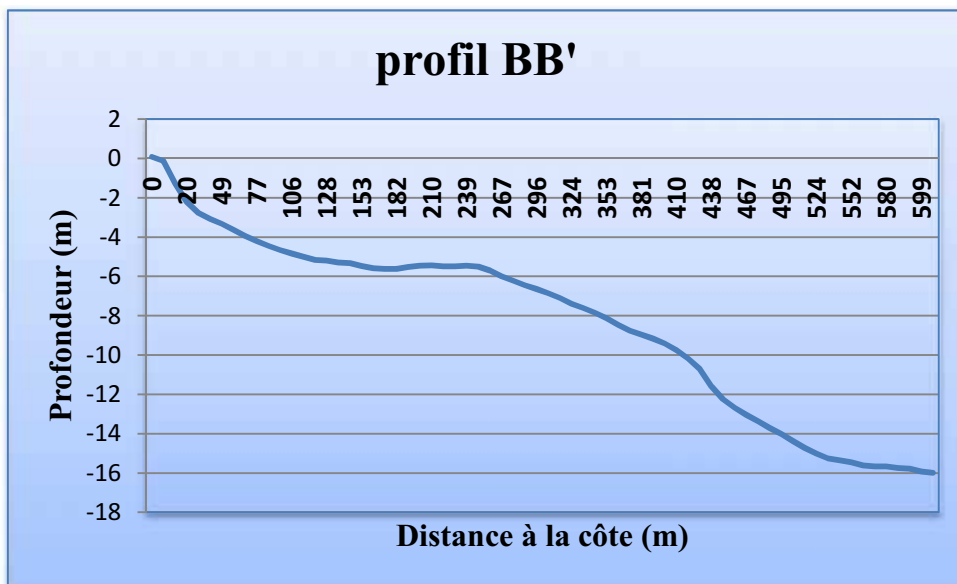
#### 3-2-1 - PROFIL AA'



## Commentaire

Le profil descend généralement avec une pente raide de la côte vers le large, avec l'existence d'une morphologie particulière, il existe une fosse de lévigation (Profondeur 4m) suivie d'une barre de déferlement à -5m, la distance par rapport à la côte à -10m est de 350m jusqu'à -16m elle est de 466m. la pente est généralement comprise entre 0,54% à 0,68%.

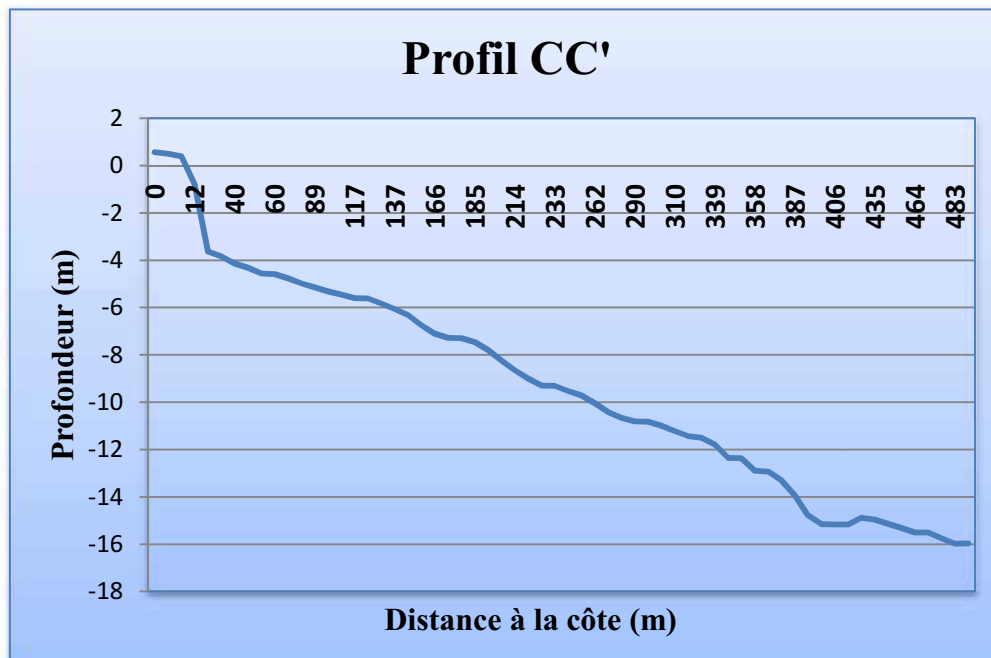
### 3-2-2 - PROFIL BB'



## Commentaire

Le profil descend en pente abrupte qui s'accroît à -3 mètres de profondeur, avance en pente douce, puis il y a une rupture de pente à -6 m de fond pour descendre en pente douce jusqu'à -10 mètres (la distance par rapport à la côte est de 419m) de profondeur où il entame une seconde rupture de pente jusqu'à -15m (la distance à la côte est de 605m), puis descend en pente douce vers le large. Généralement la pente est de 0,77% à 0,87%.

### 3-2-3 - PROFIL CC'



#### Commentaire

Le profil descend avec une pente abrupte jusqu'à une profondeur de -3,8m mètres puis il continue en pente douce à 6m où il entame une rupture de pente allant à -7m et redescend avec une pente raide vers le large, à -14m (la distance par rapport à la côte 387m) il existe une petite fosse de lévigation (1m). Au niveau de -10m la distance par rapport à la côte est de (277m), la pente est généralement comprise entre 0,51% à 0,57%.

## 4 - ETUDE SEDIMENTAIRE

### 4-1 – POSITIONNEMENT DES POINTS DE PRELEVEMENT

L'objectif de cette étude est la recherche de la répartition des sédiments en mer et par conséquent leur modalité de mise en place.

Pour réaliser l'étude sédimentologique, 16 échantillons de sédiments superficiels ont été prélevés au niveau de la zone d'étude (Par le LEM 2004).

Ces échantillons ont été analysés au niveau du LEM et les résultats ont permis d'établir la carte de répartition spatiale des sédiments.



**Figure No.18** : Situation des stations de prélèvements (Google Earth, 2011).

## 4-2 – METHODE D'ANALYSE AU LABORATOIRE

Chaque échantillon est placé dans une étuve à 105° Pendant 24h. Une fois séchés, les échantillons sont passés sous un courant d'eau dans un tamis de 50µm de diamètre afin de soustraire les fractions fines.

Les échantillons sont remis à l'étuve pendant 24h à 105°C. Une quantité de 180g de sédiment pour chaque station est tamisé par une tamiseuse de type AFNOR dont le diamètre des mailles en microns des tamis est dans l'ordre décroissant:10000-8000-6300-5000- 4000-3150-2500-2000-1600-1250-1000-800-630-500-400-315-250-200-160-125-100-80-63-50-40.

Chaque tamisage dure 10 minutes et le refus de chaque tamis est pesé, par la suite le pourcentage pondéral est calculé pour chaque refus de tamis.

### **Remarque:**

Les prélèvements d'échantillons et le tamisage a été effectués par le LEM en 2004 dans le cadre de la réalisation de la carte sédimentaire de littoral algérien 2eme partie.

## 4-3 LA FRACTION FINE

L'étude de la fraction fine consiste, d'abord à évaluer pour chaque échantillon le pourcentage de cette fraction fine inférieure à 50 µm dans un poids considéré, ensuite à établir une carte des pélites qui montre la répartition de cette fraction au sein de la zone de Bois Sacré.

## 4-4 - LA FRACTION GROSSIERE

### 4-4-1 - LES PARAMETRES DE POSITION

Les paramètres de position sont extraits à partir de la courbe de fréquence cumulative :

- En ordonnée selon une échelle arithmétique : Le pourcentage des tamis cumulés.
- En abscisse échelle logarithmique: les diamètres des tamis, permettent de calculer les différents indices.

#### **a- Les quantiles**

Q1 :25%: diamètre du grain à l'ordonnée 25%(quartile).

D50 :50%: diamètre du grain à l'ordonnée 50%(médiane).

Q3 :75%: diamètre du grain à l'ordonnée 75%(quartile).

D90 :90%: diamètre du grain à l'ordonnée 90%(décile).

D10:10%: diamètre du grain à l'ordonnée 10%(décile).

## **b- Le mode granulométrique**

Correspond au point d'inflexion de la courbe cumulative. Il représente la dimension la plus significative de la distribution granulométrique.

### **4-4-2 - LES INDICES GRANULOMETRIQUES**

#### **a- Indice de classement ( $S_0$ ; sorting de trask)**

Cet indice  $S_0$  permet d'apprécier le degré de classement d'un sédiment (TRASK, 1932)

$$S_0 = \sqrt{\frac{Q_{75}}{Q_{25}}}$$

Pour le classement, les valeurs adoptées sont les suivants:

$S_0 < 1$	très bien classé
$1 < S_0 < 2.5$	bien classé
$2.5 < S_0 < 3$	normalement classé
$3 < S_0 < 4$	mal classé

#### **b- Le coefficient d'asymétrie (SK; Skewness de Trask)**

Il caractérise le degré de symétrie de la courbe par rapport à la médiane. Il est défini par la relation suivante:

$$SK = \frac{Q_{25} - Q_{75}}{D_{50}^2}$$

Si  $SK < 1$ , le classement est maximum vers les fins.

Si  $SK = 1$ , la symétrie est parfaite.

Si  $SK > 1$ , le classement est maximum vers les grossiers.

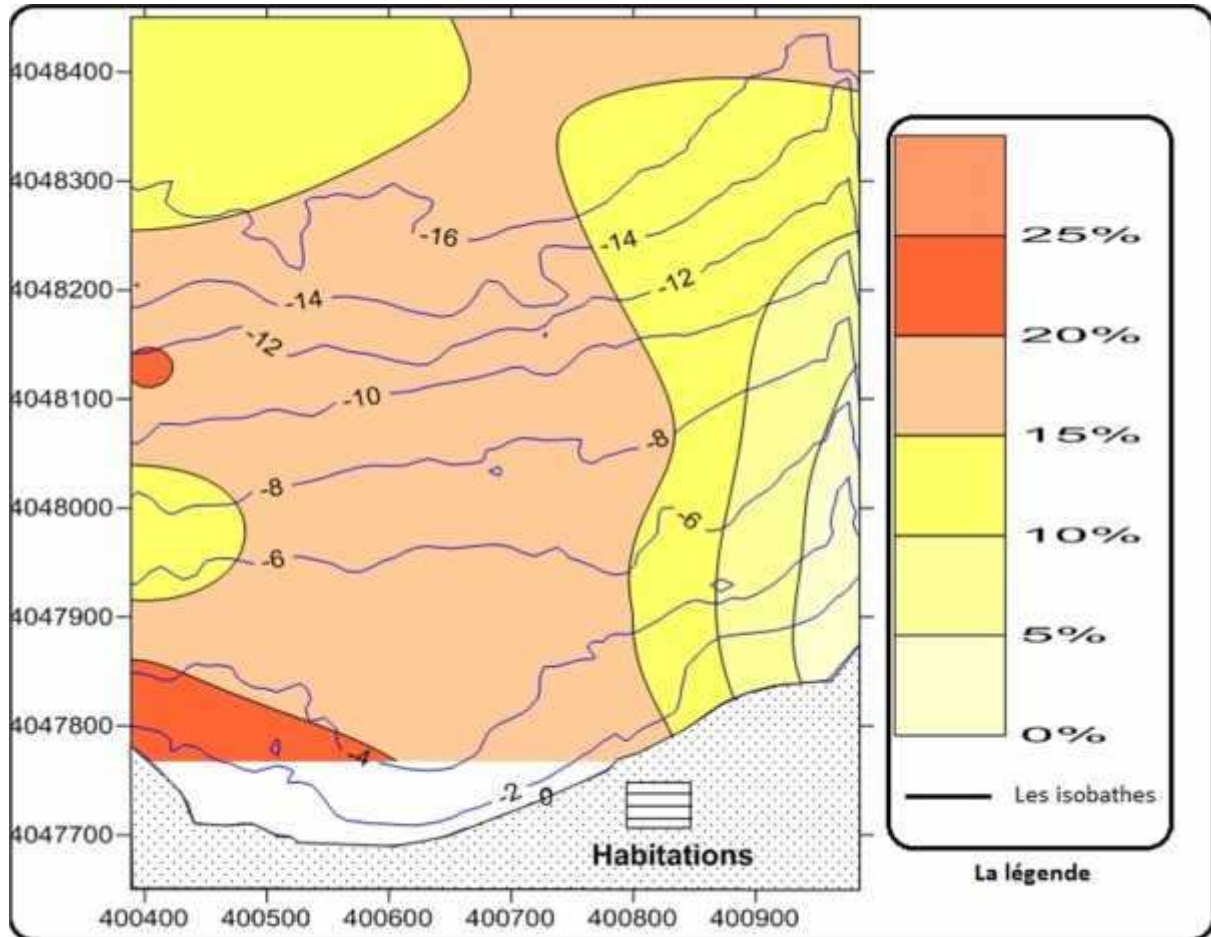
### **4-4-3 – ANALYSE MODALE**

Le mode correspond à la dimension la plus représentative des grains d'un sédiment.

La carte de la répartition des modes permet d'apporter des précisions importantes quant à la sédimentologie générale. Elle montre le mélange des populations sédimentaires d'origines différentes et peut expliquer leurs modalités de mise en place.

## 4-5 - ANALYSE DES FRACTIONS

### 4-5-1 - ANALYSE DE LA FRACTION FINE



**Figure No.19 :** Répartition des pélites dans la région de Bois Sacré

Bien que les teneurs soient faibles sur les échantillons prélevés, la carte d'isopélites montre une répartition spatiale des pélites conforme au schéma classique généralement admis, à savoir une augmentation graduelle des teneurs en pélites de la côte vers le large.

Dans la frange côtière comprise entre 0 et 5m (avec des pénétrations allant jusqu'à 8m) de profondeur, les teneurs en pélites varient tout en restant sous les 5%, une frange intermédiaire se présente entre 6 et 11m de profondeur dont les teneurs en pélites sont comprises entre 5 à 10%, puis vont en augmentant vers le large pour atteindre des valeurs allant jusqu'à 15%.

Les faibles teneurs en éléments fins observées dans les petites profondeurs s'expliquent par l'augmentation de l'énergie de la houle, qui favorise la remise en suspension des sédiments et l'élimination d'une partie importante de la fraction fine vers les zones calmes permettant leur décantation.

## 4-5-2 - ANALYSE DE LA FRACTION GROSSIERE

### a- Les courbes granulométriques

- Aspect général des courbes cumulatives

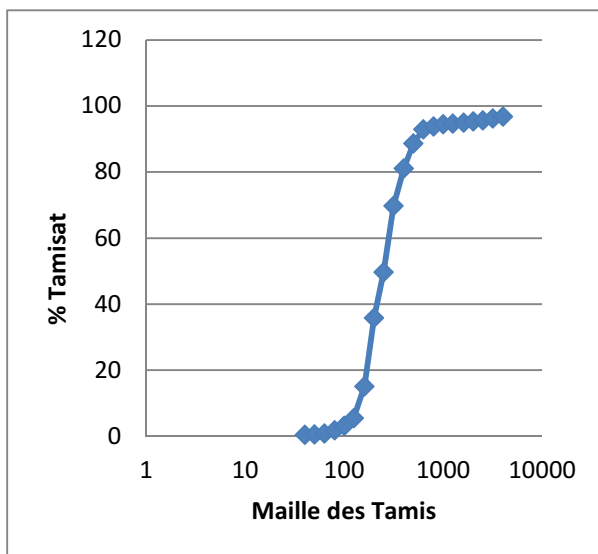
Dans l'ensemble, Les courbes sont généralement redressées ce qui témoigne d'une homogénéité des sédiments analysés (voir annexe 3).

#### Courbes unimodales

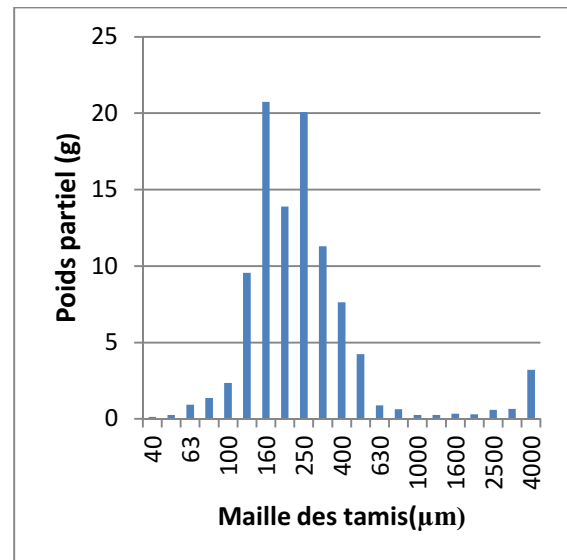
Absence des courbes unimodales au niveau de site de Bois Sacré.

#### Courbes bimodales

Indique la présence de deux stocks sédimentaires au sein d'une même population dynamique, deux modes représentatifs caractérisent ce type de sédiment.



**Figure No.22:** Courbe bimodale



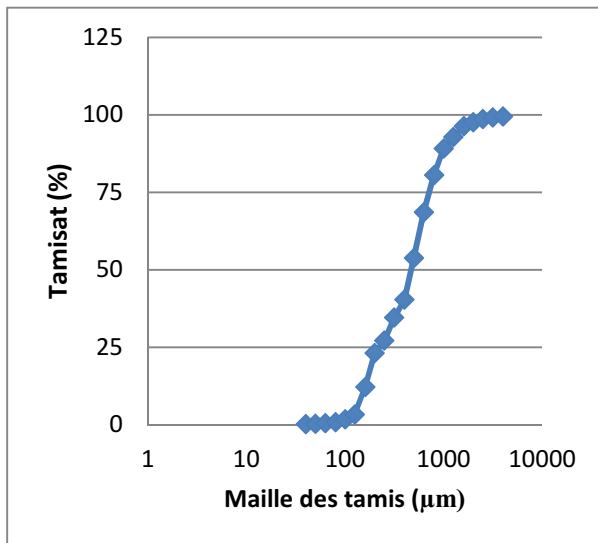
**Figure No.23:** Histogramme bimodale

## Courbes plurimodales

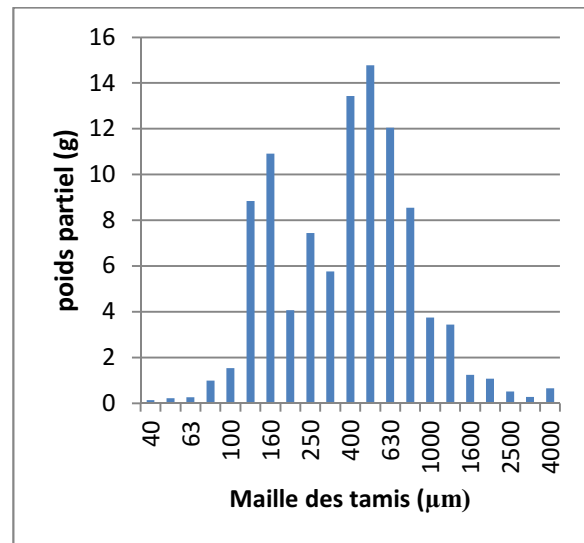
Elles rendent compte de la présence de plusieurs stocks sédimentaire au sein d'une même population dynamique. Elles sont surtout représentatives du sédiment grossier.

Cette hétérogénéité serait due à la nature des sédiments grossiers, où le mode le plus grossier est représenté par des coquilles entières ou par des biocalcites ou par des petits galets.

Ces courbes sont marquées par la présence de plusieurs modes granulométriques représentatifs du sédiment.



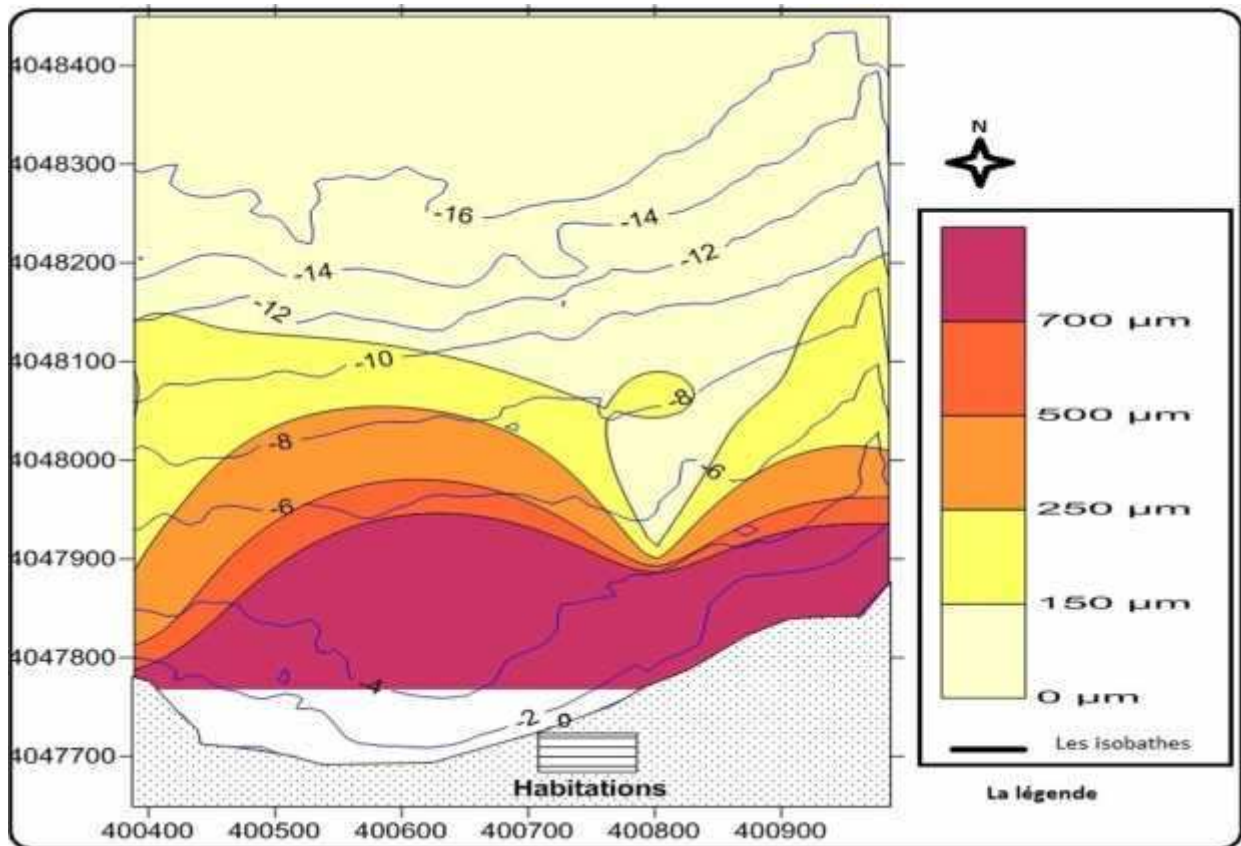
**Figure No.24 : Courbe plurimodale**



**Figure No.25 : Histogramme plurimodale**

## b- Les quantiles

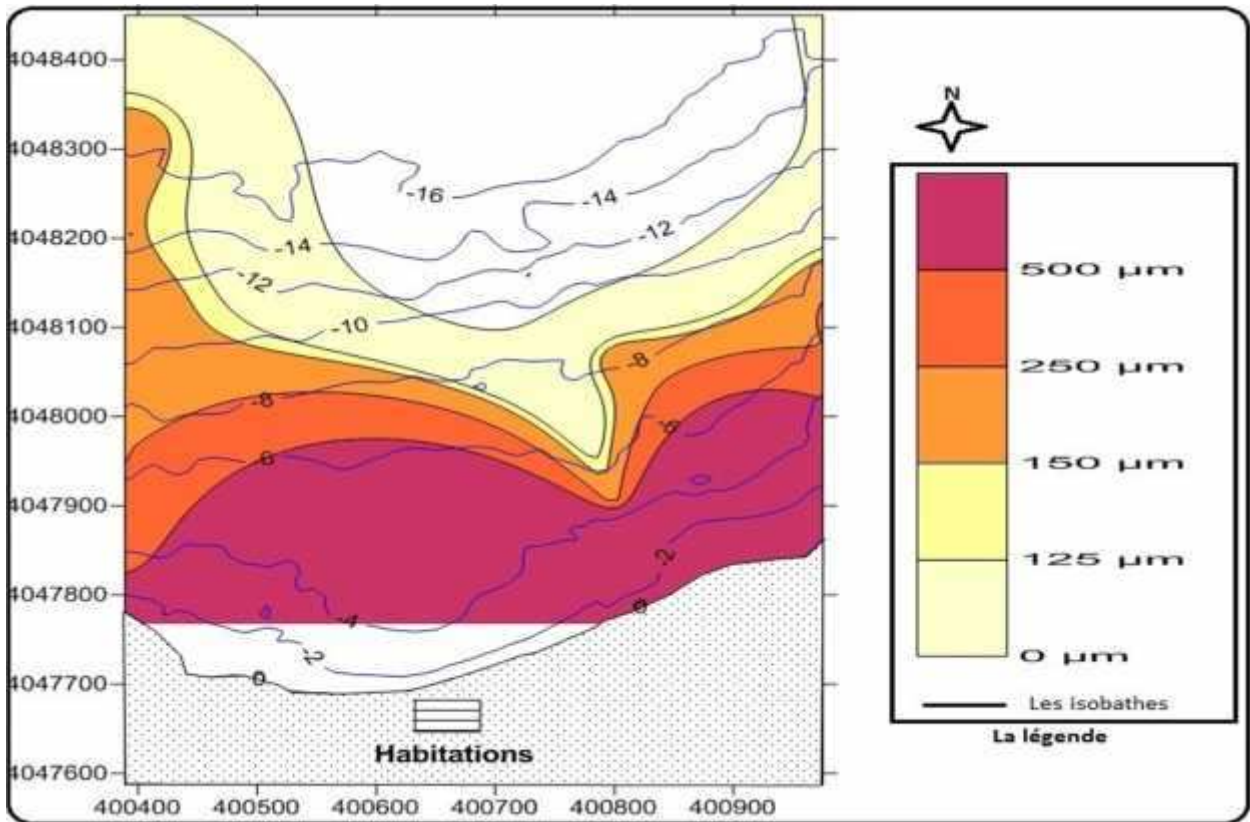
### 1- Le décile inférieur (D10)



**Figure No.26 :** Répartition des déciles inférieurs (D10) dans la région de Bois Sacré

La répartition dégageant de différentes formes stratifiées de côte vers le large avec dominance des diamètres supérieurs à 700µm (6 m de profondeur) à la côte et des diamètres inférieurs à 150 µm au large.

## 2- Le quartile inférieur (Q25)



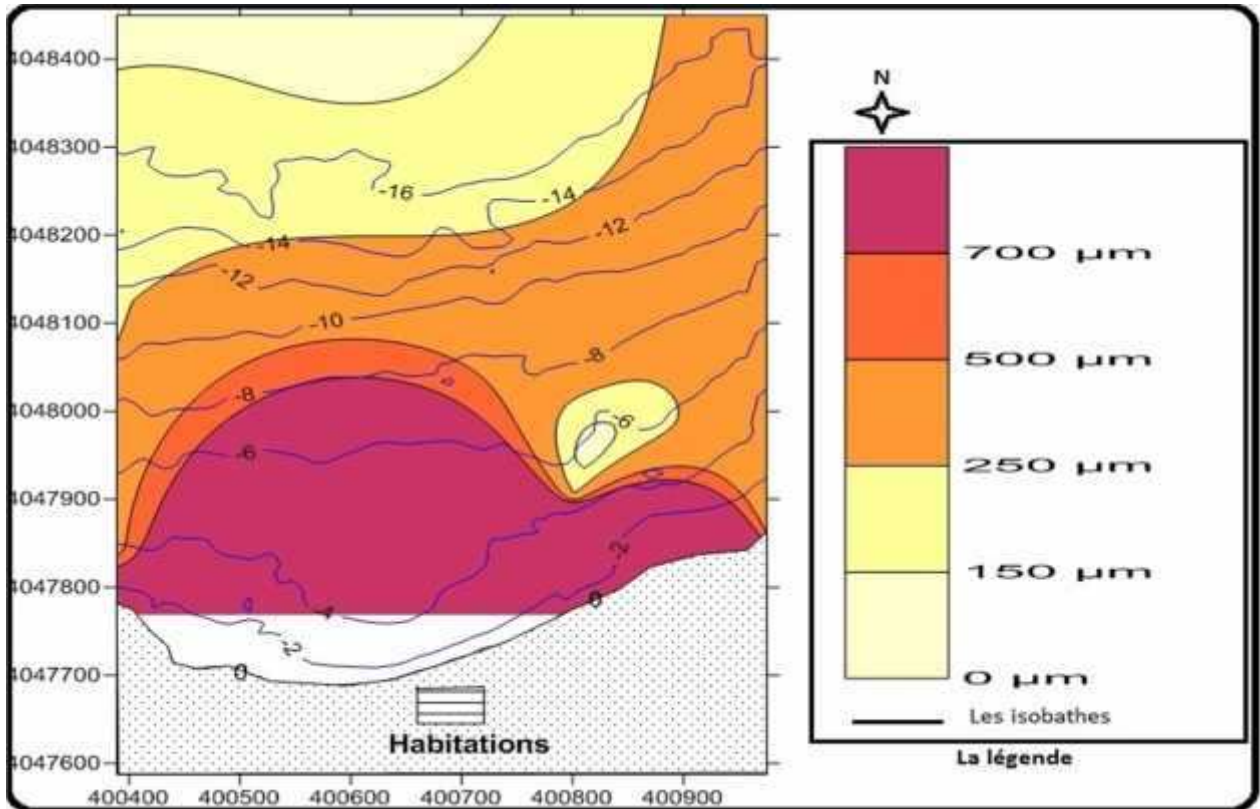
**Figure No. 27 :** Répartition des quartiles inférieurs (Q25) dans la région de Bois Sacré

La distribution est plus au moins circulaire, les valeurs varient entre 120 et 550µm, avec une dominance toujours des diamètres très fins au large (0-125µm) et des diamètres grossier à l'extrémité de la côte >500 µm dans les profondeurs qui ne dépassent pas les 7m.

Exceptionnellement au large, la morphologie sous-marine de cette zone contient des masses rocheuses, et ces raisons expliquent les très grandes valeurs de Q25 dans ces zones (jusqu'à 6800 µm) qui n'apparaissent pas dans la carte.

### 3- La médiane (M50)

D'une façon générale, les sédiments sont relativement homogènes et la médiane varie entre 170 et 705 $\mu\text{m}$  (Figure No.28). La moyenne de la médiane est de 383,09  $\mu\text{m}$ , ceci montre donc que la constitution du sédiment est majoritairement du sable moyen.



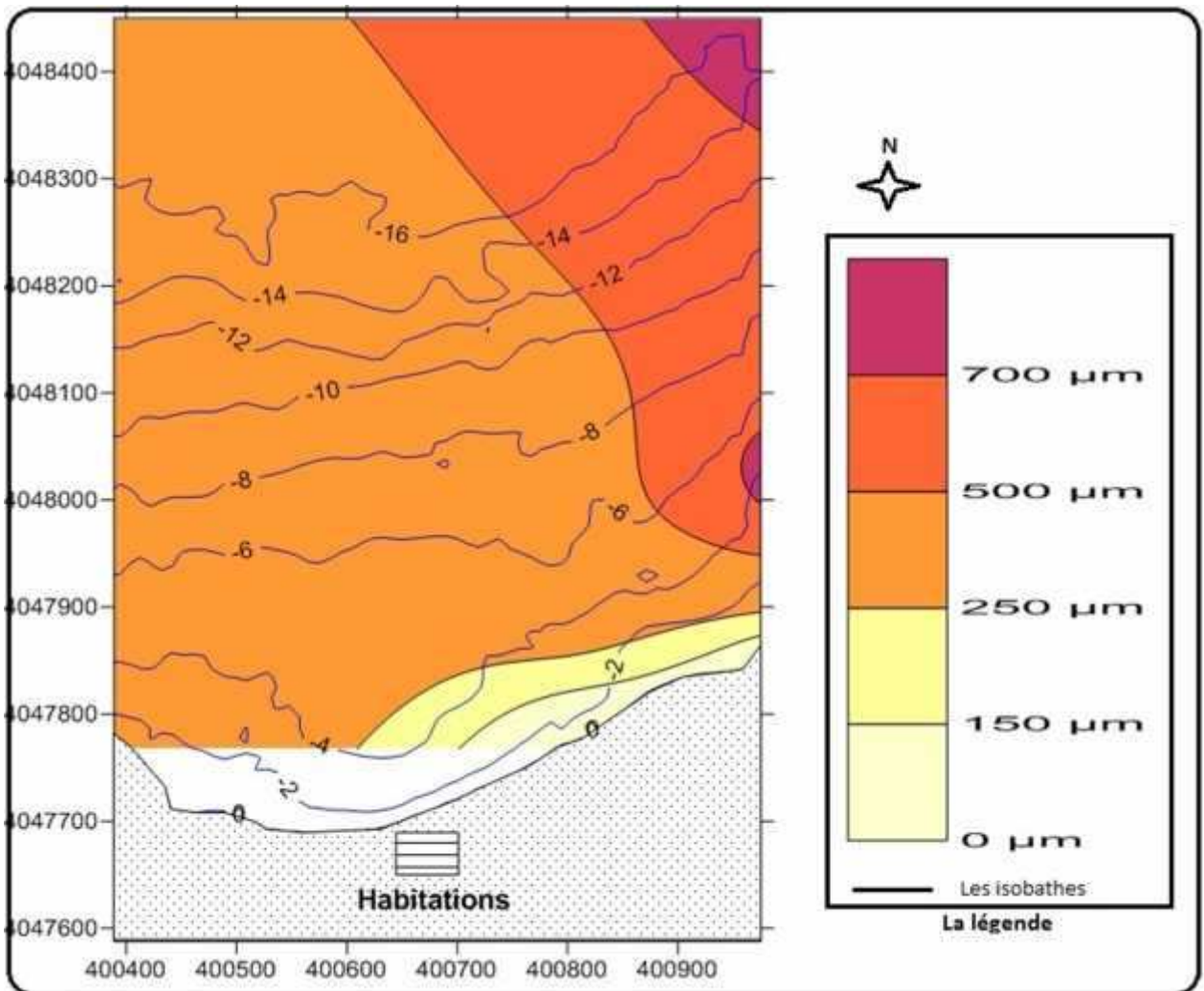
**Figure No.28** : Répartition des médianes (M50) dans la région de Bois Sacré

La figure est établie à partir des médianes granulométriques tirées des courbes cumulatives, Elles montrent la répartition spatiale des sédiments dans la zone d'étude.

Cette répartition montre une décroissance du diamètre du grain de la côte vers le large. Les sédiments grossiers dont le diamètre médian est compris entre (170 et 705 $\mu\text{m}$ ), sont répartis sur la carte jusqu'aux alentours de l'isobathe (-16m) qui se présente comme étant une limite dynamique pour la répartition de ces classes de sédiment dans la zone.

La répartition spatiale de ce paramètre obéit au schéma classique de la répartition des sédiments en mer par une décroissance de la taille des particules de la côte vers le large.

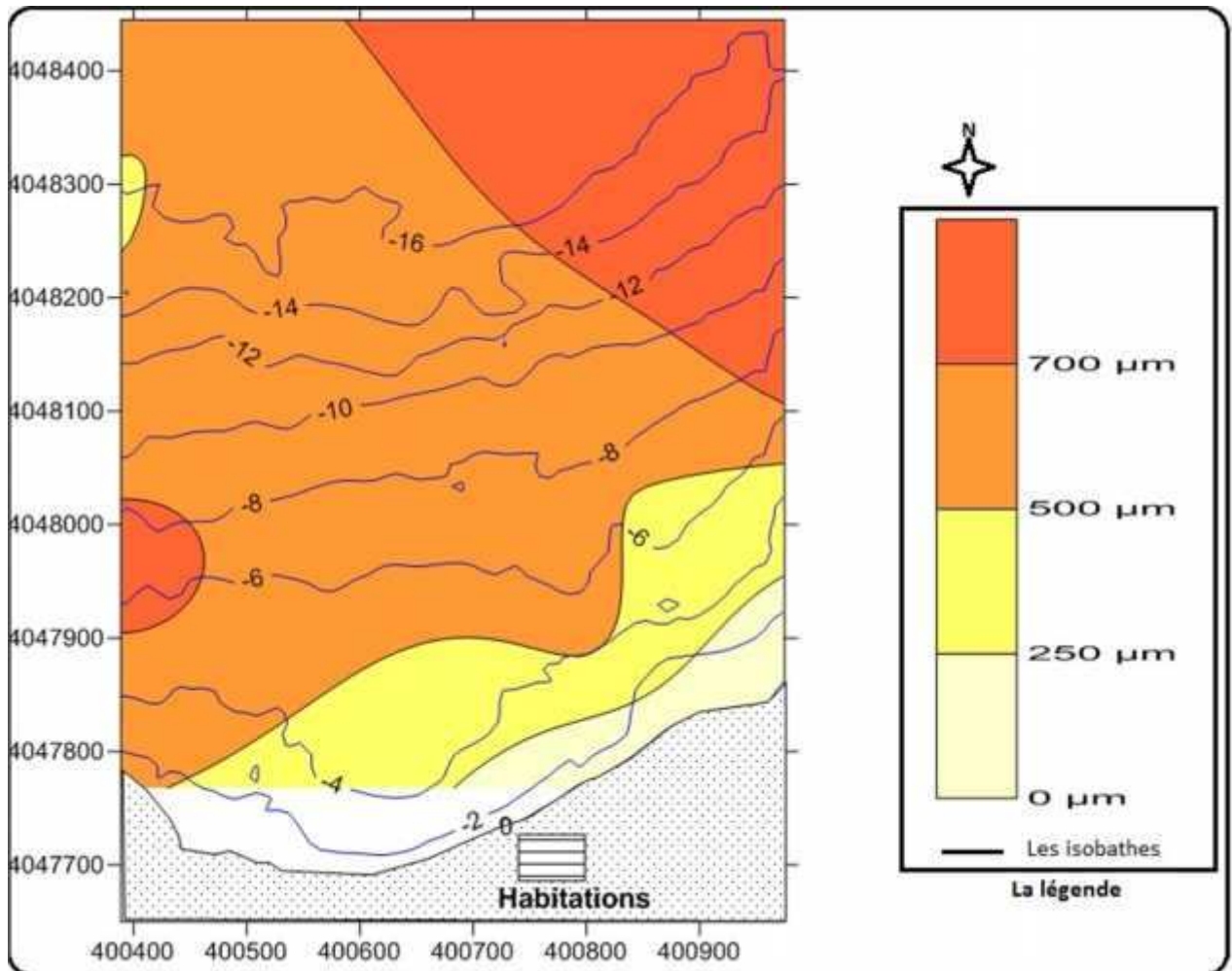
#### 4- Le quartile supérieur (Q75)



**Figure No.29** : Répartition des quartiles supérieurs (Q75) dans la région de Bois Sacré

Cette fois La distribution des sédiments montrent une dominance particulière des sédiments qui ont les diamètres varie entre 250 μm et 500μm qui englobe presque toute la zone d'étude du rivage vers le large, avec une petit apparition des diamètres >500 μm au large qui n'atteindre pas les petits profondeurs (atteindre maximum 3m de profondeur).

## 5-Le décile supérieur (D90)



**Figure No.30** : Répartition des déciles supérieurs (D90) dans la région de Bois Sacré

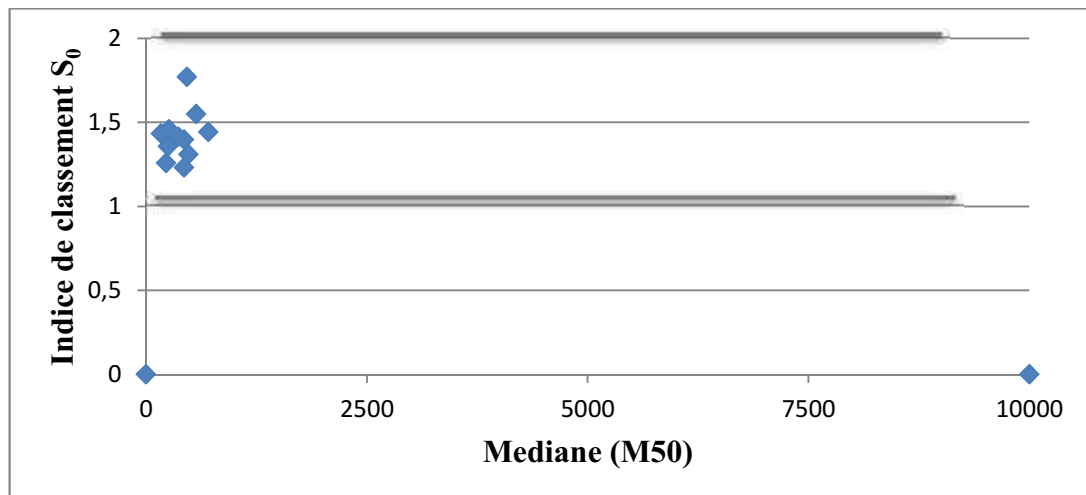
La répartition cette fois ne garde pas les mêmes aspects de la distribution des sédiments (la croissance des diamètres du large vers la cote) à cause des phénomènes hydro-sédimentaires créés par les courants et les houles.

A l'extrémité de la côte on trouve des diamètres très fins 125μm (voir 250μm) à 3m de profondeur et qui évolue du rivage vers le large jusqu'à un diamètre de 1236 μm.

### 4-5-3 – LES INDICES GRANULOMETRIQUES

#### a- Indice de classement ( $S_0$ )

Dans la zone de Bois Sacré, les valeurs de  $S_0$  varient entre 1 et 2,5. Ces résultats traduisent un sédiment bien classé.



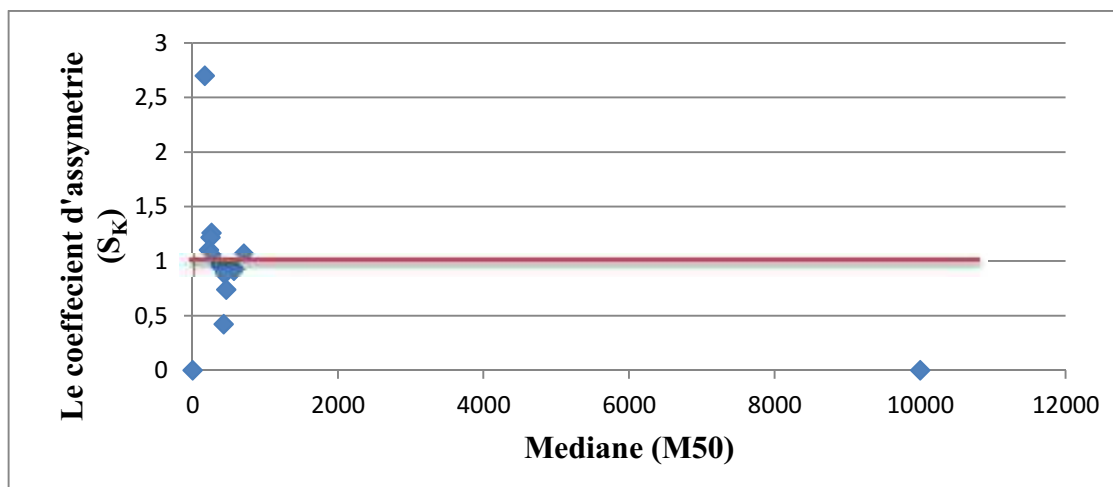
**Figure No.31:**Relation entre l'indice de classement et la médiane.

#### b- Le coefficient d'asymétrie ( $S_K$ )

Les valeurs de l'indice d'asymétrie des échantillons de Bois Sacré sont généralement proches à 1, ce qui traduit une symétrie parfaite.

Il est noté l'existence de 2 stations (St 298, St 297) qui sortent de cette fourchette, ceci est probablement dû à l'existence des zones rocheuses.

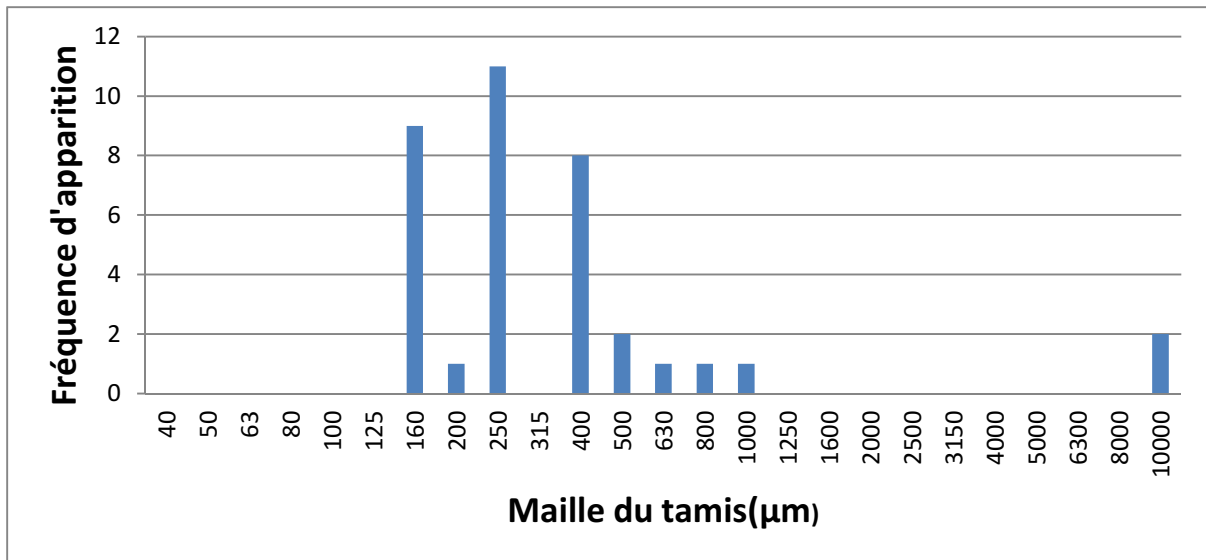
Et la station 291 qui représente un stock sédimentaire de sable très fins.



**Figure No.32 :** Relation entre le coefficient d'asymétrie ( $S_K$ ) et la médiane.

#### 4-5-4 – ANALYSE MODALE

La couverture sédimentaire est caractérisée par la présence de plusieurs faciès granulométriques de sables fins (11 stations sur 16 ont un mode de **250µm**, 9 stations sur 16 ont un mode de **160µm**, 8 stations sur 16 ont un mode de **400µm**), correspondant à 3 modes granulométrique représentatifs des sédiments. L'histogramme qui suit illustre les fréquences des répartitions dimensionnelles des modes.



**Figure No.33 : Fréquences d'apparition modale**

#### 4-5-5 – CONCLUSION SUR L'ETUDE SEDIMENTAIRE

Il apparaît pour l'ensemble des échantillons soumis à l'analyse granulométrique que les teneurs de la fraction fine (<50µm) sont faibles, et ne dépassent guère les 32% et reflètent ainsi l'importance de l'hydrodynamisme dans la zone de Bois Sacré.

L'étude des quantiles (D10, Q25, Q50, Q75, D90) fait apparaître un granoclassement de l'extérieur (sable fin) à l'intérieur (sable grossier) au niveau de site de Bois Sacré.

L'analyse modale et des courbes granulométriques, qui sont pour la plus part de type plurimodale, indiquent la dominance de plusieurs stocks sédimentaires (160µm, 250µm et 400 µm) dans la plupart des stations.

Il est à noter que des prélèvements saisonniers permettent de mieux apprécier la qualité granulométrique dans notre zone d'étude.

## **Chapitre III**

# **Solutions d'aménagements et ouvrages de protection**

## **Introduction**

La défense et la protection du littoral est soumise et liée aux conditions locales.

La défense la plus appropriée est de laisser le littoral dans son état naturel sans intervention invasive anthropique.

Il est à souligner que l'évolution naturelle d'une plage qui n'est soumise à aucune empreinte d'aménagement reste le moyen de défense le plus efficace. La forte anthropisation de la bande littoral a rendu nécessaire la lutte contre le phénomène érosif pour protéger les infrastructures construites à proximité du rivage.

Techniquement il existe plusieurs moyens de défense (rigide, semi rigide ou léger) qui permettent de lutter contre l'érosion.

Dans le cas du site Bois Sacré la protection la plus appropriée consiste en la réalisation d'une protection qui s'oppose à l'attaque frontale de la houle.

### **1- LES BRISE-LAMES EMERGES**

#### **1-1 - DEFINITION**

Les brise-lames sont des ouvrages longitudinaux mis en place sur les petits fonds, donc en avant de la côte, et disposés plus ou moins parallèlement à son tracé (Paskoff, 1993).

Les ouvrages longitudinaux de bas de plage et de petits fonds, dénommés brise-lames, (Olivier 2007) ont pour objet :

##### **➤ Pour les sédiments :**

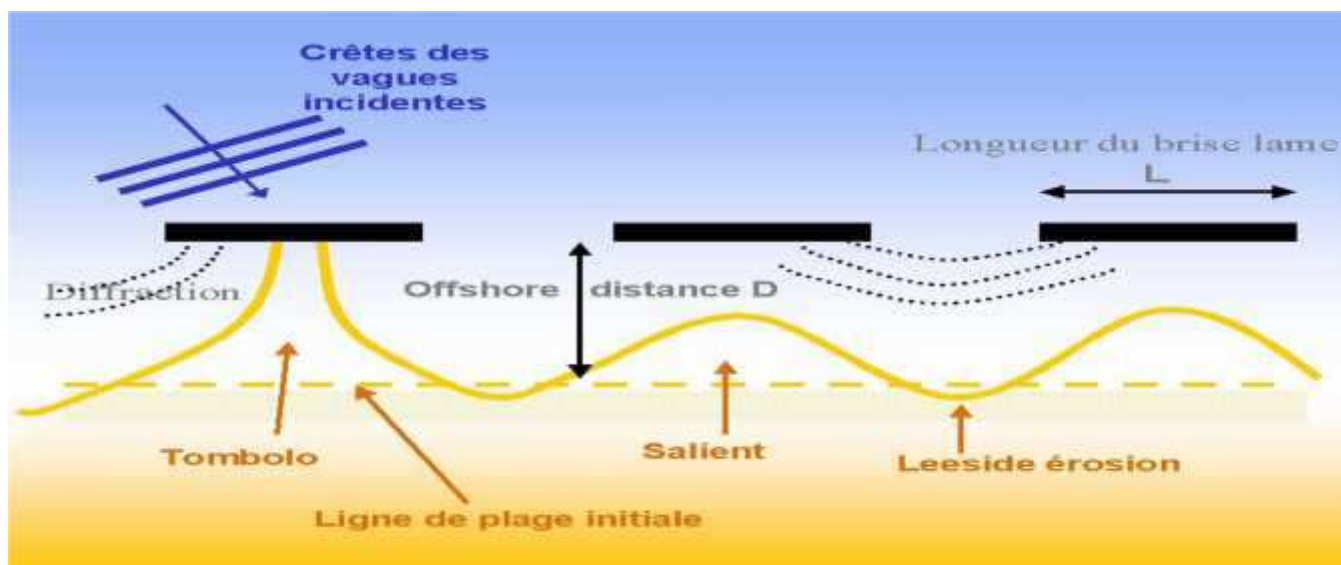
- Limiter la dissipation transversale des matériaux, lorsque des transports importants de Sédiments s'effectuent dans le profil.
- Diminuer l'énergie de la houle permettant aux sédiments en transit de s'accumuler à leur abri.

##### **➤ Pour les houles :**

Les brise-lames exercent deux types d'action sur les houles en s'approchant du rivage :

- Diminuer l'énergie des houles atteignant le plan d'eau et la zone côtière situés à son abri, en réfléchissant ou absorbant au moins partiellement l'énergie des houles qui le frappent directement.
- Ils provoquent la diffraction des houles à ses extrémité, ce qui entraîne une modification du tracé des orthogonales et des crêtes de houle en arrière de lui.

Ces actions provoquent le développement d'une avancée à partir de ligne de rivage. Si la longueur du brise lame est suffisante par rapport à sa distance à la ligne de rivage, cette avancée peut rejoindre l'ouvrage pour former un tombolo.



**Figure No.34 : Fonctionnement des brise-lames.**

## 1-2 - PREDIMENSIONNEMENT DE L'OUVRAGE

Il n'existe pas actuellement des règles bien définies pour fixer les caractéristiques optimales des brises lame (profondeur d'implantation, longueur et espacement, hauteur). Celles-ci dépendent de l'amplitude de la marée, de la houle (hauteur, période, longueur d'onde) de la pente de l'ouvrage et de la pente des fonds. Il semble en tout état de cause que les brises lames efficaces sont ceux qui ne sont pas franchis par les vagues.

Différentes études effectuées par le LCHF (Laboratoire Central Hydraulique de France) (Migniot, 1982, 1989), le CERC (Shore protection Manuel, 1984) ont permis de proposer des valeurs seuils concernant leur implantation dans le profil, leur longueur et espacement, leur hauteur et leur largeur en crête.

D'une manière générale si la distance au rivage d'un brise lame augmente, son efficacité diminue, mais si cette distance est trop faible, le bassin de dissipation de l'ouvrage est trop petit pour absorber l'énergie de la houle après déferlement.

### 1-2-1 – LONGUEUR DE L'OUVRAGE PAR RAPPORT A LA COTE

Des études faites par LCHF montrent que pour qu'un brise lame puisse provoquer la formation d'un tombolo se raccordant à l'ouvrage, il faut que les limites d'expansion de la houle, issues de chacune des extrémités de l'ouvrage, se croisent sur le trait de côte, ce qui conduit dans le cas d'une houle normale à la côte, à la relation :

$$l > 1.2 (Lc + 0.3 L).$$

$l$  : Longueur de Brise-lames.

$L$  : Longueur d'onde de la houle au point considéré.

$Lc$  : distance du brise-lames par rapport à la côte.

Le CERC montre que la formation d'un tombolo peut habituellement être évitée si  $l < lc$ . En revanche si la longueur de l'ouvrage devient supérieure à sa distance à la côte, la probabilité de formation d'un tombolo augmente, et pour  $l > 2lc$  un tombolo se forme.

- **Dimensionnement de l'ouvrage**

- La période (T) des houles longues susceptible d'exister sur la côte de Bois sacré est estimée à **12,45s**.

- Pour une distance à la côte  $lc = 70m$ .

$$L \text{ au large} = gT^2/2\pi = 242,12m.$$

- Cette distance correspond à une profondeur moyenne  $Dp = 3m$ .

$$L = (gT^2/2\pi) * \sqrt{\tanh\left(\frac{4\pi^2 Dp}{T^2 g}\right)} \rightarrow L = 65,37m \text{ (ou pied de l'ouvrage)}$$

Donc  $l > 107.53$  on prend  $l = 110m$ .

### 1-2-2 - LONGUEUR ET ESPACEMENT

Des brise-lames séparés constituent une solution très fonctionnelle pour une longue ligne de côte.

Le LCHF recommande pour qu'il n'y ait pas d'érosion du rivage entre deux brise-lames successifs, un espacement entre deux brise-lames tel que :

$$e = 0.83lc + 0.5L$$

$$\text{Pour } lc = 46 \text{ m et } L = 65,37m \quad e = 90.78m.$$

### 1-2-3 – HAUTEUR DE LA HOULE DE DIMENSIONNEMENT (HB)

Pour un ouvrage de défense des côtes, ainsi que pour tout ouvrage en eau peu profonde, la hauteur de la houle de dimensionnement est bien souvent celle qui correspond à la hauteur de la plus grande lame déferlante pouvant atteindre l'ouvrage.

$$D_p/gt^2=3/9, 81*(12,45)^2=0.002$$

$$H_b/D_p=0.87 \rightarrow H_b=3*0.87=2.61\text{m}$$

### 1-2-4 - LA HAUTEUR DE BRISE-LAME

Pour un ouvrage, la stabilité du talus côté mer est fondamentale, ce qui nous amène à examiner le franchissement. En effet, celui-ci peut être un facteur de destruction de la crête de la digue, et des fondations derrière la digue.

La hauteur du brise-lames peut être déterminée pour éviter tout franchissement par la houle de projet. En 1er approche on pourra fixer l'arase supérieure des brise lames infranchissable à une hauteur de  $H_b$  à  $1.5H_b$  au-dessus de l'eau (j. Chapon 1984).

Dans la zone de Bois Sacré on accepte un taux de franchissement faible.  
Donc :  **$h=2\text{m}$**

### 1-2-5 - LA LARGEUR DE LA CRETE

En prévoyant une largeur de structure de  $4H_b$  au niveau de l'eau

$$\text{Donc : } B=4*2.61 \rightarrow B=10.44\text{m}$$

Un domaine où on se trouve en présence d'une formation de tombolo qui se limite dans un intervalle de :

$$0.5 < L_c / l < 1 \text{ et } E / l > 0.60.$$

$$L_c / l = 70/110 \rightarrow L_c / l = 0.63 \rightarrow \text{Donc formation d'un tombolo.}$$

$$E / l = 90/110 \rightarrow E / l = 0.81$$

Avec ces dimensions on prévoit une installation de 3 brise-landes sur le long de la plage de Bois Sacré comme indique la figure suivante :



**Figure No.35** : Installation des brise-landes sur la zone de Bois Sacré

#### 1-2-6 - STABILITES DES OUVRAGES DE PROTECTION

En règle générale, les ouvrages à talus comprennent au minimum 3 couches de matériaux de granulométrie différente ayant des fonctions bien spécifiques. La carapace en enrochements naturels ou artificiels à fort indice de vides support directement l'action de la houle, le noyau (généralement massif en tout venant) constitue le corps de la digue, enfin le filtre disposé entre le noyau et la carapace, assure la transition entre ces 2 couches et le poids des ses éléments ne doit pas être inférieure 1/10 de ceux constituant la carapace.

## a- La Carapace

Parmi l'ensemble des différentes parties composant une digue à talus maritime, la carapace représente l'élément clé de la stabilité de la structure. Elle se compose soit d'enrochements naturels soit de blocs artificiels en béton. C'est la partie de l'ouvrage qui reçoit directement l'attaque de la houle et que l'on caractérise par le poids unitaire  $W$  des blocs naturels ou artificiels qui la composent.

### ➤ Poids des blocs de carapace, Hudson(1974)

Il existe de nombreuses formules empiriques pour déterminer le poids unitaire des enrochements de la carapace des ouvrages à talus, mais on ne retiendra ici que la formule d'Hudson qui est la plus utilisée et dont le formule d'application le mieux connu.

$$W_{\text{carapaces}} = \gamma_s \cdot H_b^3 / K_d (\gamma_s / \gamma_w - 1)^3 \cdot \cot \alpha$$

La Fourchette de tonnage :  $0.75 \cdot w_c < w_t < 1.25 \cdot w_c$

**W**: Poids de blocs en béton ou d'enrochement en tonne (t).

**K<sub>d</sub>**: coefficient du dommage (pour un dommage entre 0-5% et pour une forme des blocs rugueuse et angulaire et pour un emplacement aléatoire pour une vague déferlante **K<sub>d</sub>=3.5**)

**γ<sub>s</sub>**: La masse volumique de l'eau de mer (1,025/m<sup>3</sup>).

**γ<sub>w</sub>**: La masse volumique des blocs utilisés (enrochement 2,64t/m<sup>3</sup>).

**H<sub>b</sub>**: Hauteur de la houle de dimensionnement (ici, H<sub>b</sub>=2.61m).

- Le diamètre nominal (**D<sub>nB</sub>**)

$$D_n = \sqrt[3]{\frac{W}{\gamma_s}}$$

- L'épaisseur de la carapace

$$E = n \cdot K_t \cdot D_n^{50}$$

**K<sub>t</sub>**: coefficient de couche (1,1 pour le biton et 1,15 pour l'enrochement).

**n** : nombre de couche.

## **b- La butée de pied**

Il s'agit d'une partie importante de l'ouvrage qui assure un double rôle, d'une part un blocage en pied des blocs de carapace pour éviter leur glissement, d'autre part une protection contre les affouillements de pied.

- **Poids de butée de pied**

$$W_b = 0.17 * W_R$$

## **c- Le soubassement**

Entre le terrain naturel et le niveau de fondation de l'ouvrage, constitué par des matériaux de qualité suffisante de faible poids unitaire, généralement entre [0-500Kg].

## **d- le Noyau**

Le noyau doit assurer une transition satisfaisante entre le soubassement en matériaux fins, et les matériaux plus grossiers du filtre, on utilise des matériaux de bon marché provenant des carrières proches, matériaux tout-venant (TVC), généralement entre [0-500Kg].

$$W_N = W_R / 200$$

## **e- le Filtre**

Assure la transition entre le noyau et la carapace, d'une part il empêche l'entraînement par l'eau des matériaux fins du noyau, d'autre part la qualité du frottement entre la carapace et sa sous couche améliore la stabilité de cette carapace.

$$\text{Le poids de filtre : } 0.1 * W_R > W_F > 0.04 * W_R$$

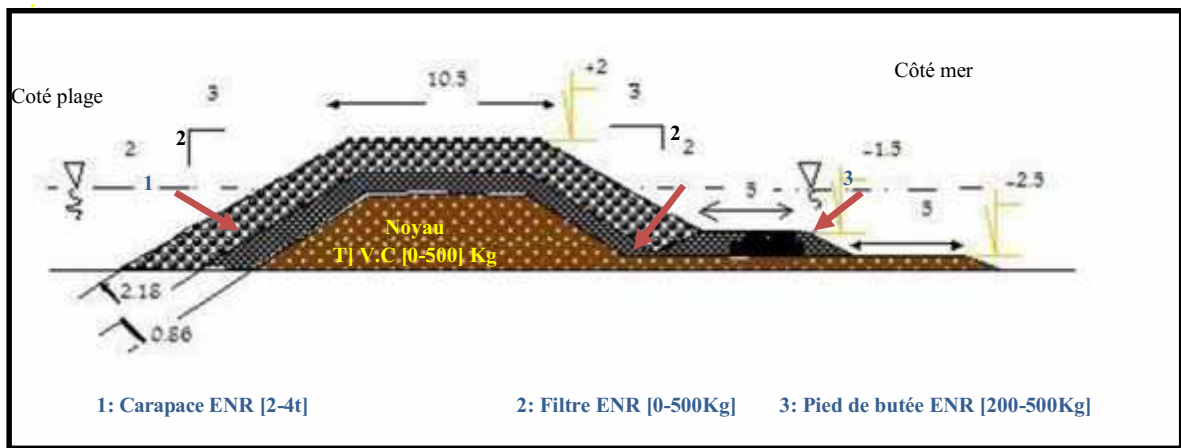
$$\text{Epaisseur : } E = 1.6 * \sqrt[3]{W_F}$$

## **f- La largeur des bermes (*l*)**

$$l \geq 5m$$

**Remarque :**

Les brise-lames sont implantés entre 2-3m de profondeur,  $H_b = 2.61m$  pour le dimensionnement de toutes les parties des brise-lames (extérieur, intérieur et la partie musoir). Voir figure ci-après page suivante.



**Figure No.36:** Profil du brise-lames proposé pour la protection de Bois Sacré

**Tableau No.4 :** Résultats obtenus pour le dimensionnement de la stabilité de la carapace (Brise-lames)

	Partie de l'ouvrage	La formule	Résultats	
				categories
brise-lames	Carapace	$W = \gamma_s \cdot H_b^3 / K_d (\gamma_s / \gamma_w - 1)^3 \cdot \cot \alpha$ $Dn = \sqrt[3]{\frac{W}{\gamma_s}}$ $E = n \cdot K_t \cdot Dn_{50}$	$W=2,3t$ $Dn_{50}= 0,95m$ $E=2,18m$	$2 < w_T < 4$
	Butée de pied	$W_{butée}=0.17 \cdot W_{carapace}$ $E = n \cdot K_t \cdot Dn_{50}$	$W=391Kg$ $Dn_B=0,52m$ $E=1.2m$	[200-500kg]
	Filtre	$0.1 w_R > w_F > 0.04 w_R$ $Dn = \sqrt[3]{\frac{W}{\gamma_s}}$ $E = n \cdot K_t \cdot Dn_{50}$	$w_F = 161 \text{ kg}$ $Dn_{50} = 0.39 \text{ m}$ $E=0.86m$	[0-500kg]
	Le noyau	$W_{Noyau}=1/200 W_{carapace}$	$W_{Noyau}= 11.5Kg$	[0-500kg]
	La largeur en crête	$4 \cdot H_b$	$B= 10.44m$	
	La largeur des bermes(l)	$L \geq 5m$	$l= 5m$	

## 2 - LES BRISE-LAMES IMMERGEES

Ce sont des brise-lames qui sont arasés a la côte 00 ou en deçà, leur rôle est de provoquer une diminution de l'énergie de la houle en arrière du brise-lame qui réduit le débit solide par dépôts des matériaux en mouvement. Ils peuvent provoquer la formation de tombolos et protéger ainsi un rivage érodé.

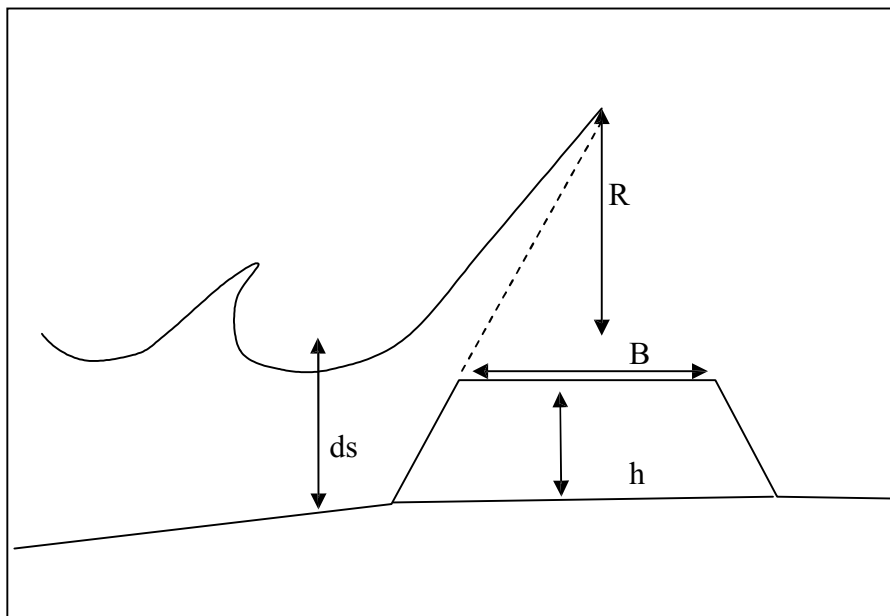
### 2-1 - PREDIMENSIONNEMENT

Un certain nombre d'expériences de laboratoires sur les ondes transmission dernières structures immergées à talus en enrochement ont été menées.

Les résultats sont résumés dans Seelig (1980) et Van der Meer, Angremond (1992).

#### 2-1-1 - LA HAUTEUR DE LA CRETE (H)

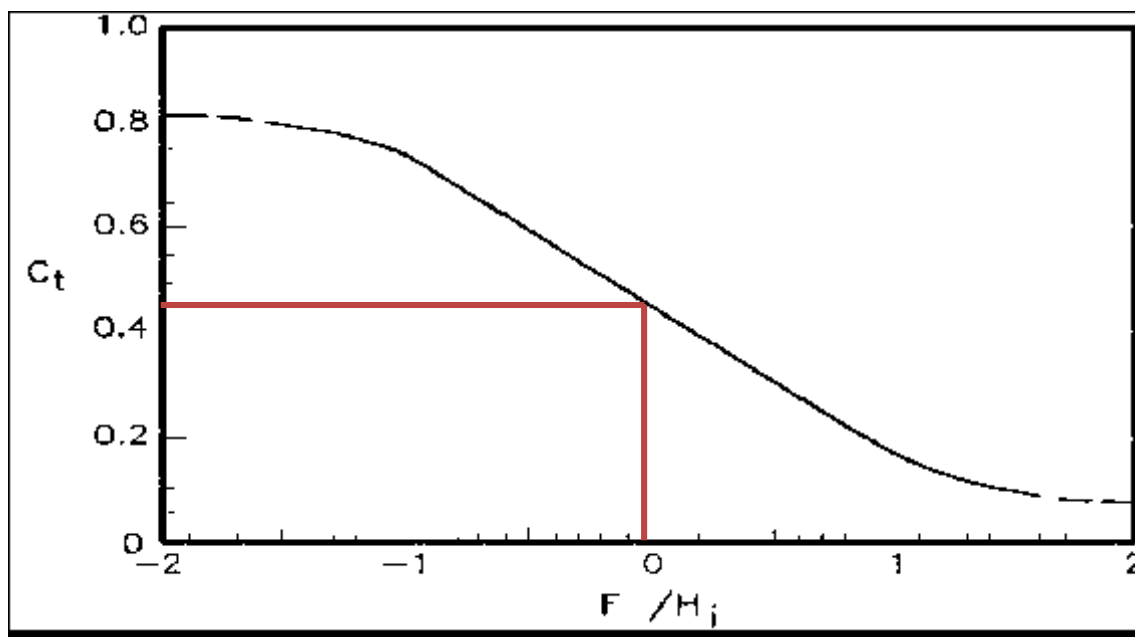
Van der Meer et Angremond (1992) ont résumé les données disponibles ainsi que certains de leurs propres données pour présenter une procédure complète pour prédire la transmission d'ondes pour les brise-lames à faible crête.



**Figure No.37** : Schématisation d'un profil de brise-lames immergé

Pour le dimensionnement de la hauteur de la crête de la digue, il faut tout d'abord tenir compte de la dissipation d'énergie souhaitée. Autrement dit, la transmission des vagues. À ce titre, on peut utiliser l'abaque suivant (figure No.38) mettant en relation le coefficient de transmission

$C_t = H_t/H_i$  avec  $F/H_i$  où  $F$  est la hauteur de la surface libre, (CERC 2006).



**Figure No.38** : Abaque mettant en relation le coefficient de transmission  $C_t = H_t/H_i$  avec  $F/H_i$  (Van der Meer 1992)

Avec une Profondeur  $D_p = 3\text{m}$ ,  $H_i = 2.61\text{m}$  et pour une hauteur  $h$  de l'ouvrage  $= 3\text{m}$   $F = 0\text{m}$

$$F/H_i = 0$$

$$C_t = H_t/H_i = 0,45 \quad \longrightarrow \quad H_t = 1.17\text{ m}$$

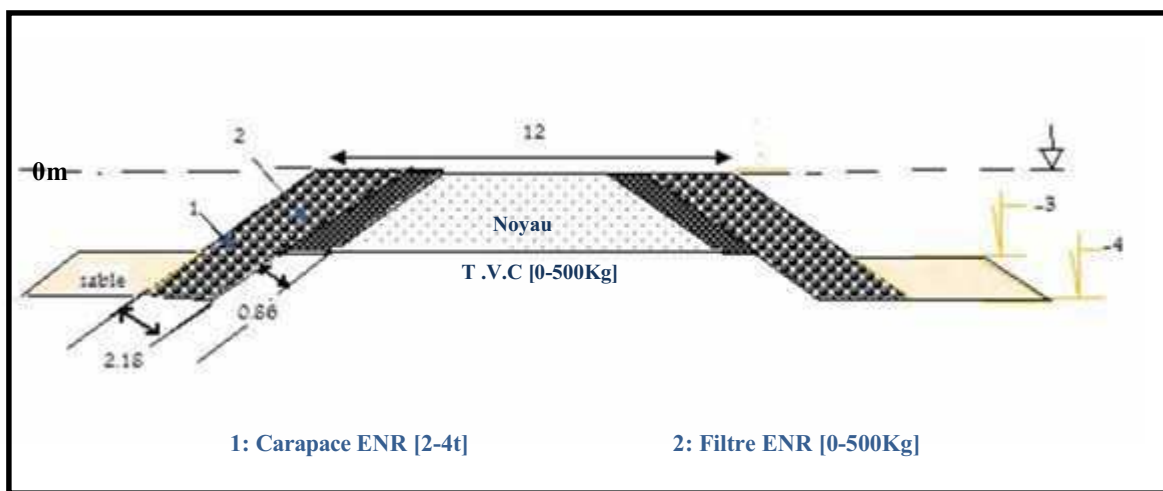
Donc pour une diminution de la hauteur de la crête avec le même niveau de la mer (profondeur 0 m) ce qu'il engendre une diminution de l'énergie de la houle de **55%**.

Cette diminution de l'énergie de la houle est appréciable, néanmoins l'augmentation de la largeur en tête de l'ouvrage immergé pourra augmenter la dissipation.

Cette optimisation pourra être appréciée grâce à des essais en modèle réduit physique.

## 2-1-2 - CARACTERISTIQUES DU BRISE-LAMES IMMERGES

Pour le poids et l'épaisseur de la carapace et du filtre nous considérons les mêmes dimensions des brise-lames émergés (**tableau No.4**), la longueur des brise-lames et leur espacement à la côte (3 brise-lames immergés).



**Figure No.39:** Profil de brise-lames immergé proposé pour la protection de la plage de Bois Sacré

### 3 - GEOTUBES

Pour toute défense contre l'érosion, il est plus efficace d'opter pour des ouvrages de défense souples qui rentre en harmonie avec le dynamique naturelle du site .

Parmi les méthodes nouvelles de protection des plages, une large par test faite par l'utilisation des géotextiles, Ces utilisations consistent essentiellement, soit à conforter des mouvements de matériaux, soit à favoriser des phénomènes de transport et de dépôt estimés souhaitables, soit en utilisation sous forme d'ouvrages tels que des épis ou brise-lames.

#### 3-1 - DEFINITION

Il s'agit de tubes ou boudins géotextiles d'une enveloppe géotextile tissé de haute résistance remplie de sable. La structure est réalisée in situ et remplie par pompage hydraulique avec des matériaux locaux, à l'intérieur de l'enveloppe.

Le Géotube est fabriqué sur mesure selon les besoins de l'ouvrage et il est disponible en dimensions et longueurs variables pour correspondre aux spécifications de l'ouvrage et de l'étude. Il est idéal pour une installation à sec ou à des profondeurs d'eau n'excédant pas 5 mètres.



**Photo No.06 : Installation d'un géotube.**

### III-3-2 Prédimensionnement

Les géotubes peuvent être utilisés comme un ouvrage de protection. Afin de trouver une solution légère, économique et réversible, il est considéré pour la réalisation d'un atténuateur de houles en tubes géotextiles.

#### III-3-2-1 Le diamètre du géotube (Albert et al 2009)

Le tube est préfabriqué selon une grande variété de diamètres et de longueurs selon les applications Spécifiques.

La structure est caractérisée normalement par son diamètre théorique, sa circonférence et sa longueur. Le diamètre théorique du tube va de 1,50 m à 5m.

Pour le cas du site d'étude le diamètre théorique est de **4m**

Après remplissage, la structure du tube n'atteint pas la même hauteur que son diamètre théorique, mais peut atteindre un maximum de 60 à 70% de son diamètre, selon la mise en œuvre et les techniques de remplissage.

Le diamètre qu'on peut atteindre est entre  $2.4 \text{ m} < D < 2.8 \text{ m}$

**D = 2,5 m**

#### III-3-2-2 La stabilité des géotubes

Pour la stabilité des géotubes il est utilisé la formule suivante (W. Pilarczyk, 2000)

$$H_s/\Delta D < 1$$

$$\Delta = (\gamma_s - \gamma_w) / \gamma_w$$

**D** : épaisseur du géotube.

$\gamma_s$  : La masse volumique de sable utilisé pour remplir le géotube ;  $\gamma_s = 2.64 \text{ t/m}^3$ .

$\gamma_w$  : La masse volumique de l'eau de mer ;  $\gamma_w = 1.025 \text{ t/m}^3$ .

La profondeur d'implantation est de 3 m, correspond à une hauteur de houle de dimensionnement

De  $H_b = H_s = 3.9 \text{ m}$ , et pour une  $\gamma = 1.58$

$$H_s/\Delta D = 3,9/1.57*2,5$$

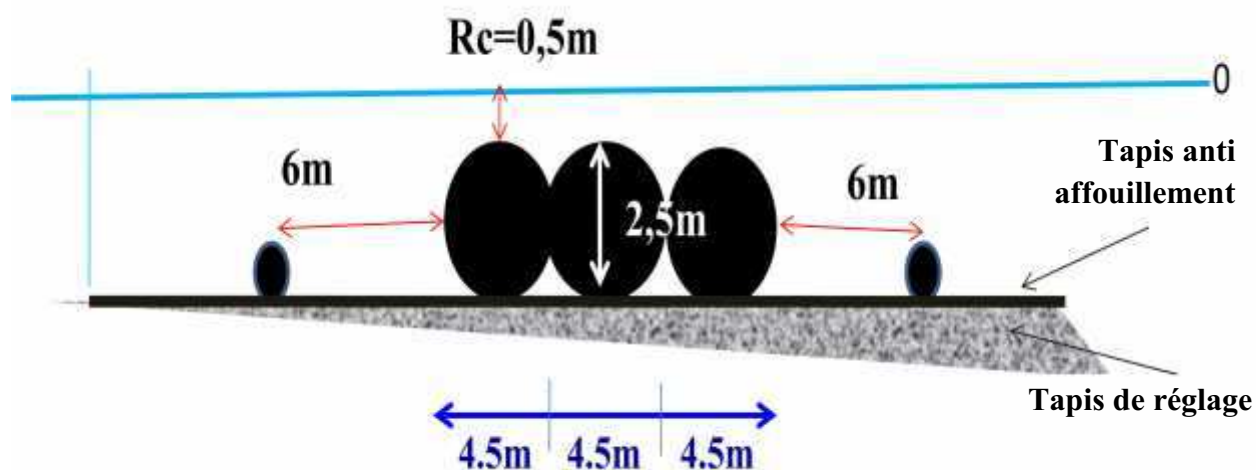
**$H_s/\Delta D = 0,99$**

Alors les paramètres de stabilité de géotube ont été vérifié ( $H_s/\Delta D < 1$ ).

Cette valeur est en bon accord avec les résultats expérimentaux

- Pour la largeur des géotubes est de 4.5m.
- Pour la longueur des géotubes est de 110m avec un espacement de 90m pour couvrir toute la longueur de la plage.
- A la fin Le nombre des géotubes installés sera de 9 à raison de 3 par section.

L'ajout d'un tapis anti-affouillement en géotextile tissé polypropylène permis d'assurer la stabilité de l'ouvrage et d'éviter les phénomènes d'affouillement sous les tubes.



**Figure No.40** : Installation des géotubes dans la zone de Bois Sacré

## 4 - COMPARAISON ENTRE LES VARIANTES

### 4-1 - AVANTAGES ET INCONVENIENTS DES BRISE-LAMES

**Tableau No.05 :** Avantages et inconvénients des ouvrages de protection du littoral en enrochement (**Brise-lames**).

<b>AVANTAGES</b>	
<b>Durabilité</b>	Les enrochements résistent bien à l'usure et à l'attrition et conviennent parfaitement à l'environnement côtier.
<b>Absorption de la houle</b>	Ils absorbent l'énergie de la houle via leurs perméabilités et faible inclinaison.
<b>Flexibilité</b>	Leur facilité de modification afin de tenir compte des changements des conditions hydrauliques et maritimes.
<b>Rentabilité</b>	Ils peuvent être économiques, en cas d'utilisation des matériaux disponibles localement.
<b>Impact visuel</b>	Visuellement acceptable par rapport aux murs des hauts de plages et les revêtements en béton en escalier.
<b>Facilité de construction</b>	La construction des brise-lames peut être réalisée avec des équipements limités et des compétences professionnelles restreintes.
<b>Tassement</b>	Leur adaptation au tassement n'est que modérément endommagée sous l'effet des houles de tempête.
<b>Maintenance</b>	Les interventions de réparation sont relativement simples et n'exigent généralement pas la mobilisation des équipements très spécialisés.

<b>INCONVENIENTS</b>	
<b>Sécurité</b>	L'accès aux ouvrages est une source de préoccupation car il existe un risque de chute pour le public.
<b>Navigation</b>	Les brises lames (émergés ou immergés) provoquent un danger considérable concernant la navigation maritime.
<b>Coût</b>	Coût élevés par rapport aux géotubes.
<b>Les phénomènes hydrosédimentaires et hydrodynamiques</b>	Possibilité d'un faible renouvellement d'eau entre l'ouvrage et la plage, ou d'un recul du trait de côte entre les ouvrages.

#### 4-2 - AVANTAGES ET INCONVENIENTS DES GEOTUBES

**Tableau No.06 :** Avantages et inconvénients des ouvrages de protection du littoral en géotubes.

<b>AVANTAGES</b>	
<b>La réalisation</b>	Simplicité de l'opération de construction et de mise en œuvre; très peu d'équipement requis, transportable par camion de faible tonnage.
<b>Structure</b>	continues, stables, souples, et s'adaptant au terrain naturel et à ses variations.
<b>Utilisation</b>	Grande variété d'utilisation.
<b>Sécurité</b>	sécurité des usagers lors du franchissement.
<b>Résistance</b>	Structures de dernière génération perméables, souples et résistantes aux UV, aux alcalins, aux hydrocarbures et à l'abrasion.
<b>Gain des matériaux</b>	Utilisation possible des matériaux du site
<b>Réversibilité</b>	Destruction facile et régalaage du sable sur la plage.

<b>INCONVENIENTS</b>	
<b>Stabilité</b>	Stabilité faible sur les fonds en pente dans les cas de fortes houles. Risque important de déchirement de l'enveloppe pour les structures d'ancienne génération. Affouillement possible en pied si des vides existent dans la structure, dus à un remplissage trop lent. Mauvaise résistance aux UV pour les structures d'ancienne génération, adaptation plus efficace pour les nouveaux procédés.
<b>Surveillance</b>	très irrégulière impérative pour ajuster éventuellement le fonctionnement et pallier les défauts.
<b>Plan d'intervention</b>	Nécessité d'assurer un plan d'intervention rapide En cas d'accident sur l'ouvrage (déchirure, usure...).

#### 4-3- ESTIMATION DE COUT POUR LES DIFFERENTS OUVRAGES DE PROTECTION

Le calcul de cout d'un ouvrage de protection, se fait à la base de plusieurs critères (qualité et nature et quantité de matériaux utilisés pour la réalisation, le volume des matériaux utilisés, la mise en œuvre.....).

Le tableau suivant présent une évaluation du cout de réalisation de chaque ouvrage proposés.

Types d'ouvrages		S (m <sup>2</sup> )	L (m)	B (%)	$\gamma_s$ (T/m <sup>3</sup> )	Le prix unitaire de ml (DA)	Le prix de chaque section (DA)	Le cout total d'ouvrages (DA)	
Brise-lames émergé	enrochement	63,37	110	0,63	2,6	2000	22836000	34475628	
	noyau	26,6		0,85		1800	11639628		
Brise-lames immergé	enrochement	36,62	110	0,63	2,6	2000	13196383,2	21786078	
	noyau	19,63		0,85		1800	8589695,4		
Géotube remplie	géotextile	12,56	110			9000	37303200	41862480	
	sable	$V_{\text{sable}}$ (m <sup>3</sup> )					2200		4559280
		2072.4							

**S** = surface

**L** = longueur de l'ouvrage

**B** : coefficient d'indice des vides (0.63% pour enrochement, 0.85 pour le noyau)

$\gamma_s$  : la masse volumique de solide

#### Formule de calcul

Pour les brise-lames : prix total =  $S * L * B * \gamma_s * \text{prix unitaire de ml}_{(\text{brise-lames})}$

Pour les géotubes : prix de géotubes =  $S * L * \text{prix unitaire de ml}_{(\text{géotube})}$

Pour le sable : prix de sable =  $V_{\text{sable}}(S * L * 1.5) * \text{prix unitaire de ml}_{(\text{sable})}$

#### Conclusion

De cette analyse il ressort que l'ouvrage le moins couteux est le brise-lame immergé.

#### 4-3 - ANALYSE COMPARATIVE ENTRE LES VARIANTES

Pour cette analyse comparative il est adopté une échelle de notation de 1 à 3

1 : Bon, 2 : Normal, 3 : Mauvais

**Tableau No.07** : Analyse comparative entre les variantes

	<b>Brise-lame émergé</b>	<b>Brise-lame immergé</b>	<b>Géotube</b>
Visuellement	3	1	1
Franchissement	1	2	2
Durabilité	2	1	3
Cout	2	1	3
Navigation	1	3	2
Emplacement	1	1	2
Maintenance	1	2	3
Absorption d'énergie	1	2	2
<b>TOTAL</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>18</b>

De cette notation il ressort que la structure '**brise-lames émergé**' est la plus compatible avec le site d'étude.

## 5 - AMENAGEMENT DE LA PARTIE TERRESTRE

Parmi les solutions les mieux adapté à l'aménagement de la partie terrestre de la zone de Bois Sacré il est retenu :

- Rendre l'activité balnéaire de cette zone en évitant les solutions de revêtement en enrochement au niveau de la plage.
- Création d'un pôle touristique locale pouvant répondre aux besoins de la population attenante au site.

### Par quoi ?

- Création d'un talus reprofilé avec un espace de promenade et un accès plage par un escalier.
- Aménagement de l'espace disponible près des habitations d'un parking d'une capacité d'une vingtaine de véhicule.
- Traitement du talus situé entre les habitations et la plage, par reprofilage.
- Embellissement par aménagement d'espaces vert et de parement de talus.
- Traitement des rejets urbains par Extension du réseau d'assainissement et entretien Périodique du réseau existant.

Voir plan de masse ci-après.

## 6 - ETUDE D'IMPACT

Conformément au décret exécutif n° 07-145 du 19 mai 2007 déterminant le champ d'application, le contenu et les modalités d'approbation des études et des notices d'impact sur l'environnement (**JO n° 34 du 22 mai 2007, p. 105**).

Stipule dans l'annexe 1 définissant la liste des projets soumis à l'étude d'impact notamment le point numéro 19 : "Projets de travaux et ouvrages de défense contre la mer d'une longueur de plus de cinq cent (500) m".

La protection proposée au niveau du site du Bois Sacré qui s'étend de 470m et donc ne nécessite pas une réalisation d'étude ni de notice d'impact.

# Conclusion Générale

## CONCLUSION GENERALE

La zone de Bois Sacré a connu dans un passé récent une érosion importante remarquée par le recul intensif du trait de côte. Cette contribution consiste en la réalisation d'un diagnostic de la zone d'étude, en évaluant d'un point de vue régional et local des paramètres physiques et hydrodynamiques. Par la suite il est proposé des solutions d'aménagement pour la protection et la valorisation de ce littoral.

La diversité des facteurs à l'origine de l'érosion du littoral fait aboutir à une diversité de moyens de protection qui ne s'opposent pas forcément les uns aux autres, mais sont souvent complémentaires.

L'étude bathymétrique a révélé des profils avec des pentes abruptes et d'une morphologie particulière caractérisée par l'existence d'une fosse avec barre de déferlement disposée dans le coté Est de la plage à quatre mètres de profondeur, susceptibles d'influencer l'évolution hydrodynamique au niveau de la côte.

La modélisation numérique de la réfraction de la houle démontre que la houle de secteur Nord est la plus menaçante sur la zone, elle va être déterminante dans le dimensionnement des ouvrages de protection.

L'étude sédimentaire indique la dominance de plusieurs stocks fins, le mécanisme du transport responsable de la mise en place et la distribution de ces stocks est principalement la houle.

Les ouvrages proposés présentent chacun des avantages et des inconvénients. Toute fois, nous favorisons le choix de Brise-lames émergés qui combinent la souplesse et la stabilité ainsi le cout de réalisation, et semblent les plus adéquats pour notre zone d'étude.

Ce travail est une tentative de réponse aux enjeux exprimés pour ces termes :

- Saurons-nous garder un espace côtier où nous pourrons vivre en harmonie avec le littoral qui le compose ?
- Saurons-nous assurer un développement durable sans compromettre notre littoral, évitant ainsi les impacts négatifs sur cet espace ?

# Bibliographie

**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'ingéniorat, ISMAL, p6, 11-15, 38.*

**Albert. K, Edwin. Z, Jean-Christophe. A, Jean-Michel. B ; 2009** - Un atténuateur de houles en tube géosynthétique pour limiter l'érosion de la plage de la capte à Hyères. *Rencontres Géosynthétiques, p301-304.*

**Assassi. C, Otmani. H ; 2010** – Etude de protection de la zone de club des pins. *Mémoire d'ingéniorat, ENSSMAL, p22-25,44-60.*

**Belabdi. K, Ounnas. A. A ; 2010** – Étude des courants côtiers observés sur les petits fonds de la plage de Sidi Fredj: application pour la protection de la plage de Sidi Fredj. *Mémoire d'ingéniorat, ENSSMAL, p30-38.*

**CERC ; 2006** - Us Army Corps of Engineers. Part II, chapter7, Harbor Hydrodynamics, p19-22. Part VI, Chapter 2, Types and functions of coastal structures, p1-50. Part V, Chapter 3, Shore protection projects, p37-110.

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

**Krystian W. P; 2000** - Geosynthetics and Geosystems in Hydraulic and Coastal Engineering,  
P 342 - 364.

**L.E.M ; 1986** – Etude de l'abri de pêche de GOURAYA.

**L.E.M ; 1993** - Carte sédimentaire du littoral Algérien, Etude de la 1ère mission collecte et analyse des données de base Wilaya de Tipaza, p8-22.

**L.E.M ; 1999** - Carte sédimentaire du littoral Algérien, Etude de la 1ère mission collecte et analyse des données de base Wilaya de Tipaza, p7-24, 29, 41.

**LEM ; 2004** - Etude de l'établissement de la carte sédimentaire du littoral Algérien (Mission 1 Inventaire et analyse des informations et données de base), p8-16.

**LEM ; 2004** – Mission 1 : inventaire et analyse des informations et des données de base Wilaya TIPAZA (littoral Ouest).

**LEM ; 2006** – Carte sédimentaire-Wilaya de TIPAZA- littoral Ouest, (Mission 3 étude de la réfraction).

**Millot, C., Taupier - Letage, I., et Benzohra, M., 1990.**The Algerian eddies. *Earth Sciena Reviews, 27,203-219p.*

**Olivier. S ; 2007** - Efficacité et impacts des ouvrages en enrochement sur les plages microtidales, le cas du Languedoc et du delta du Rhône. *Thèse de doctorat. Université Aix-Marseille, p32-28.*

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

**Paskoff. R ; 1993.** Les littoraux, impact des aménagements sur leur évolution (2<sup>ème</sup> édition). Ed Masson. Paris, p 65-71.

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

**Rapport d'aménagement et règlement d'urbanisme** (phase3), 2008.urba Blida, p4-16, 45-49,89-90.

# Annexe

# ANNEXE I

## Tableaux de transit littoral

ondes	amplitude au	nombre de cas			Kr coefficient de refraction			amplitude au voisinage de la cote		
		N 360	N 315	N 45	N360	N315	N45	N360	N315	N45
	0	179	97	236	0,17	0,18	0,16	0	0	0
	0,5	263	182	615	0,17	0,18	0,16	0,08	0,09	0,08
6	1	148	147	462	0,17	0,18	0,16	0,17	0,18	0,16
	1,5	77	81	197	0,17	0,18	0,16	0,25	0,27	0,25
	2	41	41	69	0,17	0,18	0,16	0,34	0,37	0,33
	2,5	25	19	25	0,46	0,44	0,38	1,15	1,10	0,95
8	3	14	7	8	0,46	0,44	0,38	1,38	1,32	1,14
	3,5	3	5	5	0,46	0,44	0,38	1,61	1,54	1,33
	4	5	3	5	0,46	0,44	0,38	1,84	1,77	1,52
10	5	3	0	5	0,84	0,75	0,76	4,21	3,77	3,79
	6	0	0	0	0,84	0,75	0,76	5,05	4,53	4,55
	7	0		0	0,84	0,75	0,76	5,89	5,28	5,30
	8				0,84	0,75	0,76	6,73	6,03	6,06
	9				0,84	0,75	0,76	7,58	6,79	6,82
<b>TOTAL</b>		<b>758</b>	<b>582</b>	<b>1627</b>						

Hs obser	nombre d'observation >Hs			fri -frequence d'observation-		
	N 360	N 315	N 45	N 360	N 315	N 45
0	758	582	1627	0,0855	0,0656	0,1834
0,25	579	485	1391	0,0653	0,0547	0,1568
0,75	316	303	314	0,0356	0,0342	0,0354
1,25	168	156	117	0,0189	0,0176	0,0132
1,75	91	75	23	0,0103	0,0085	0,0026
2,25	25	15	15	0,0028	0,0017	0,0017
2,75	11	8	10	0,0012	0,0009	0,0011
3,25	8	3	5	0,0009	0,0003	0,0006
3,75	3	0	0	0,0003	0,0000	0,0000
4,25	0	0	0	0,0000	0,0000	0,0000
4,75	0	0	0	0,0000	0,0000	0,0000
5,5	0	0	0	0,0000	0,0000	0,0000
6,5	0	0	0	0,0000	0,0000	0,0000
7,5	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>						<b>8870</b>

## ANNEXE II

### TABLEAUX DES CARACTERISTIQUES DE LA HOULE AU LARGE

**Direction 315°**

Caractéristiques de la houle au large Dir: 315°N Tp=11.39 s H=1,19m							
N ° point	X (utm)	Y (utm)	Hs	Tp	Kr	Angle d'arrivé (SWAN)	Prof.(m)
1	400592	4047808	2,52875	11,3913	0,45	297,78	2,9787
2	400640	4047811	2,56056	11,3913	0,46	296,051	2,9816
3	400692	4047815	2,55162	11,3913	0,46	294,989	2,909
4	400756	4047829	2,97092	11,3913	0,53	294,257	3,5452
5	400791	4047841	2,8229	11,3913	0,51	294,489	3,3985
6	400775	4047856	2,82547	11,3913	0,51	295,439	3,4309
7	400734	4047840	2,84843	11,3913	0,51	296,879	3,4907
8	400681	4047835	2,85013	11,3913	0,51	299,012	3,4916
9	400626	4047833	2,53182	11,3913	0,45	299,642	3,0128
10	400566	4047831	3,22739	11,3913	0,58	300,256	4,0692
11	400540	4047805	3,17374	11,3913	0,57	298,314	4,0176
12	400541	4047854	3,11368	11,3913	0,56	296,028	3,9316
13	400599	4047855	3,25012	11,3913	0,58	294,821	4,0357
14	400678	4047855	3,51463	11,3913	0,63	295,336	4,5414
15	400766	4047872	3,41001	11,3913	0,61	296,492	4,4267
16	400758	4047889	3,48316	11,3913	0,62	298,12	4,5502
17	400687	4047876	3,53432	11,3913	0,63	299,821	4,5724
18	400623	4047878	3,65355	11,3913	0,65	301,32	4,7792
19	400569	4047878	5,32406	11,3913	0,95	303,035	10,5928
20	400523	4047880	5,33072	11,3913	0,96	303,824	10,5289
21	400596	4048100	5,30448	11,3913	0,95	302,201	10,7456
22	400537	4048090	5,29479	11,3913	0,95	304,831	10,4421

## Direction 360°

Caractéristiques de la houle au large Dir:360 °N Tp= 12.45s H=1,19m							
N ° point	X (utm)	Y (utm)	Hs	Tp	Kr	Angle d'arrivé (SWAN)	Prof.(m)
1	400592	4047808	2,49069	12,4581	0,45	268,603	2,9787
2	400640	4047811	2,51821	12,4581	0,45	268,368	2,9816
3	400692	4047815	2,47366	12,4581	0,44	269,583	2,909
4	400756	4047829	2,79552	12,4581	0,50	271,802	3,5452
5	400791	4047841	2,66933	12,4581	0,48	271,255	3,3985
6	400775	4047856	2,74842	12,4581	0,49	269,458	3,4309
7	400734	4047840	2,80098	12,4581	0,50	268,809	3,4907
8	400681	4047835	2,78875	12,4581	0,50	269,285	3,4916
9	400626	4047833	2,50064	12,4581	0,45	269,585	3,0128
10	400566	4047831	3,16682	12,4581	0,57	271,166	4,0692
11	400540	4047805	3,12562	12,4581	0,56	269,926	4,0176
12	400541	4047854	3,04936	12,4581	0,55	269,868	3,9316
13	400599	4047855	3,10313	12,4581	0,56	271,586	4,0357
14	400678	4047855	3,39235	12,4581	0,61	271,414	4,5414
15	400766	4047872	3,35555	12,4581	0,60	270,521	4,4267
16	400758	4047889	3,46412	12,4581	0,62	270,585	4,5502
17	400687	4047876	3,50019	12,4581	0,63	271,566	4,5724
18	400623	4047878	3,63511	12,4581	0,65	273,536	4,7792
19	400569	4047878	5,85065	12,4581	1,05	274,487	10,5928
20	400523	4047880	5,84403	12,4581	1,05	275,878	10,5289
21	400596	4048100	5,86553	12,4581	1,05	272,904	10,7456

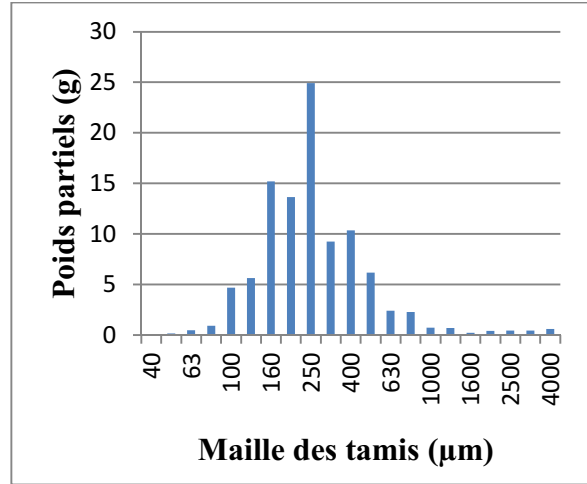
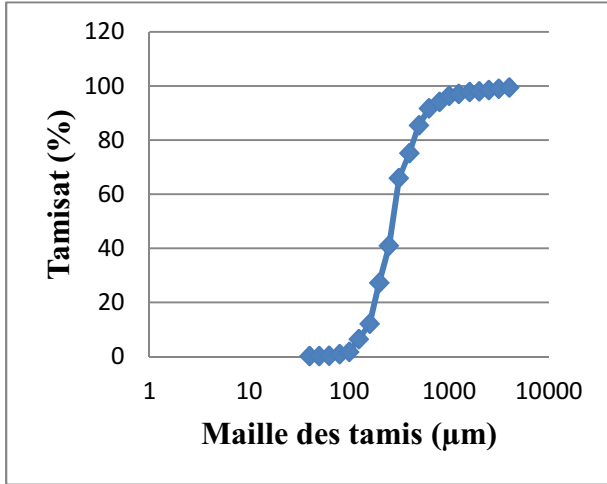
## Direction 45°

Caractéristiques de la houle au large Dir: 45°N Tp=11.39 s H=1,19m							
N ° point	X (utm)	Y (utm)	Hs	Tp	Kr	Angle d'arrivé (SWAN)	Prof.(m)
1	400592	4047808	2,22695	11,3913	0,40	257,114	2,9787
2	400640	4047811	2,25688	11,3913	0,40	256,038	2,9816
3	400692	4047815	2,21385	11,3913	0,40	256,47	2,909
4	400775	4047856	2,42778	11,3913	0,44	257,237	3,5452
5	400734	4047840	2,36602	11,3913	0,42	257,056	3,3985
6	400681	4047835	2,44104	11,3913	0,44	256,002	3,4309
7	400626	4047833	2,48965	11,3913	0,45	255,941	3,4907
8	400566	4047831	2,47855	11,3913	0,44	257,023	3,4916
9	400540	4047805	2,23058	11,3913	0,40	258,4	3,0128
10	400541	4047854	2,80405	11,3913	0,50	256,665	4,0692
11	400599	4047855	2,76114	11,3913	0,49	255,572	4,0176
12	400678	4047855	2,67906	11,3913	0,48	255,135	3,9316
13	400766	4047872	2,65288	11,3913	0,48	255,777	4,0357
14	400758	4047889	2,86849	11,3913	0,51	254,568	4,5414
15	400687	4047876	2,91021	11,3913	0,52	254,21	4,4267
16	400623	4047878	3,0347	11,3913	0,54	254,251	4,5502
17	400569	4047878	3,08433	11,3913	0,55	255,04	4,5724
18	400523	4047880	3,20278	11,3913	0,57	256,032	4,7792
19	400596	4048100	4,91708	11,3913	0,88	248,927	10,5928
20	400537	4048090	4,95276	11,3913	0,89	250,161	10,5289
21	400668	4048114	4,82144	11,3913	0,86	247,274	10,7456
22	400486	4048078	4,92432	11,3913	0,88	250,97	10,4421

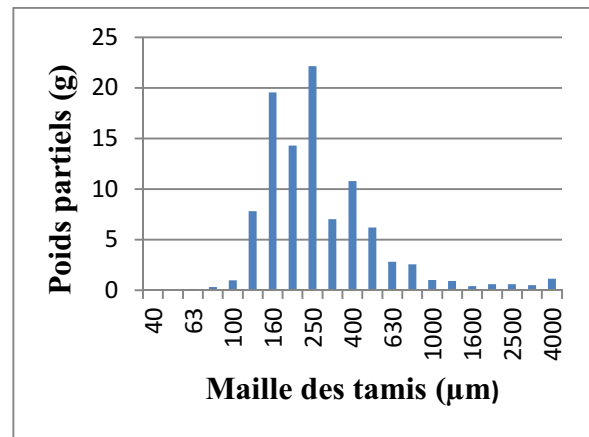
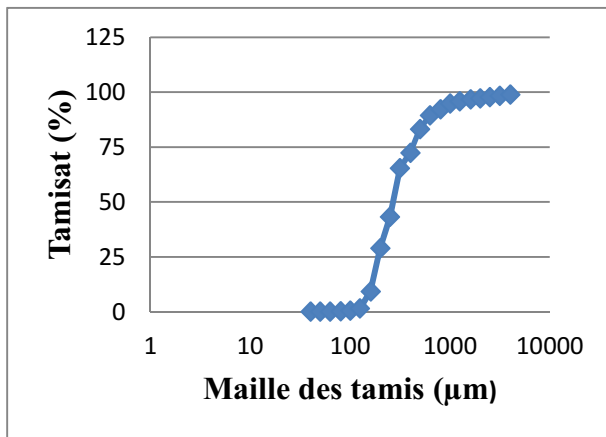
# ANNEXE III

## LES COURBES GRANULOMETRIQUES

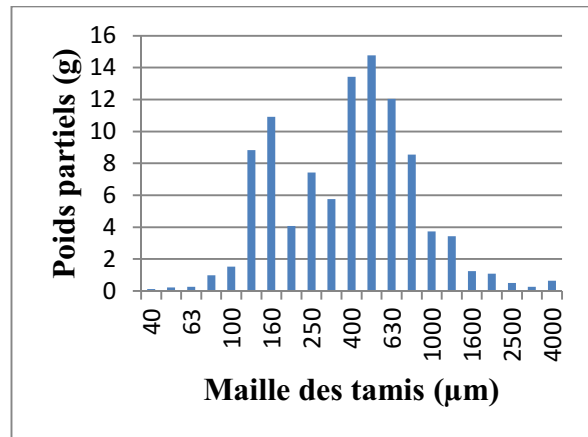
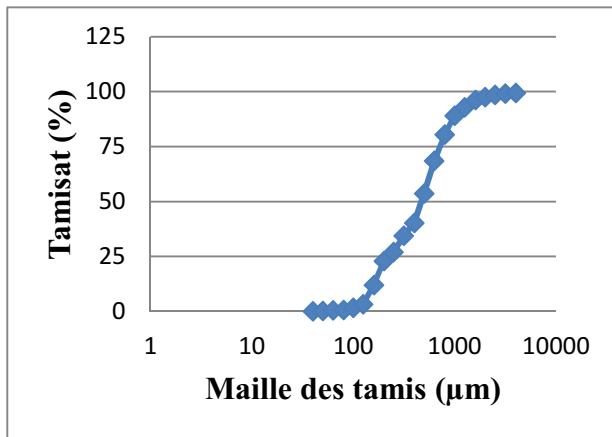
### Station 291



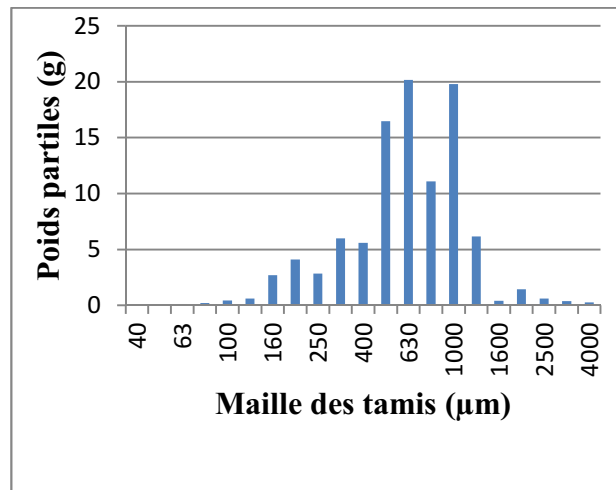
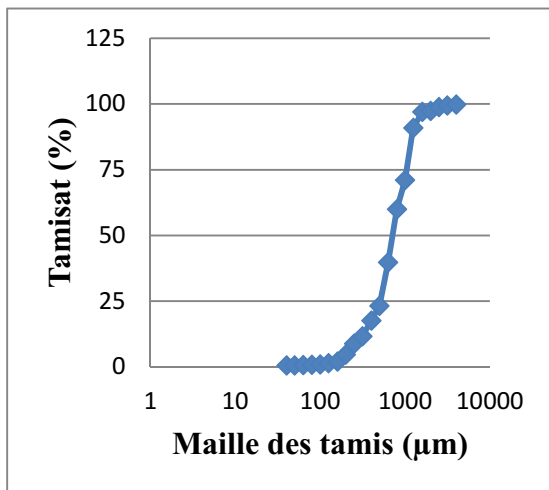
### Station 292



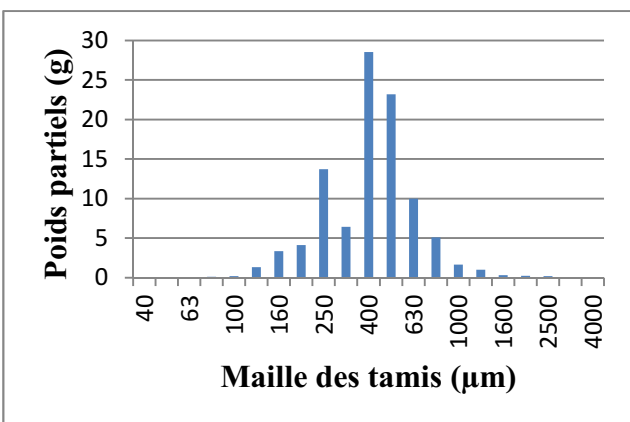
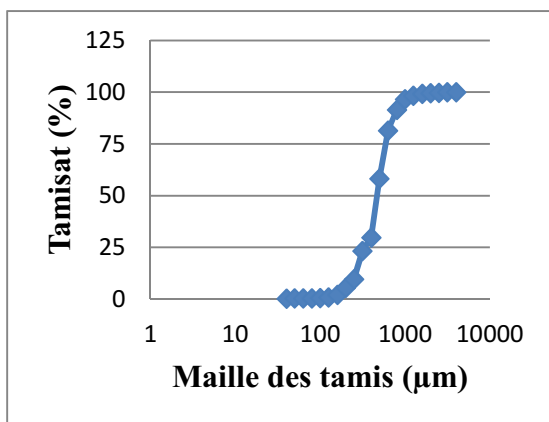
### Station 293



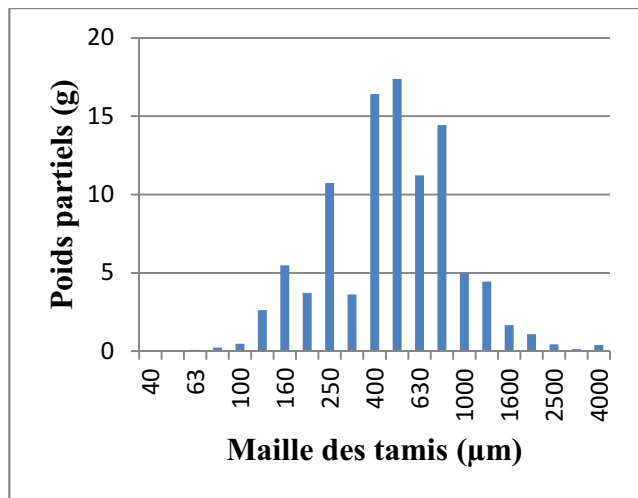
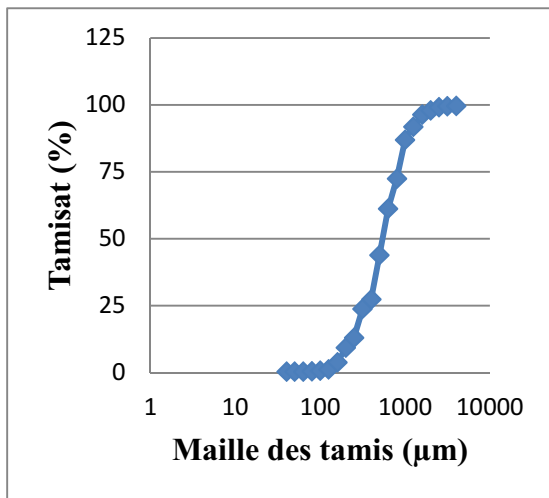
### Station 294



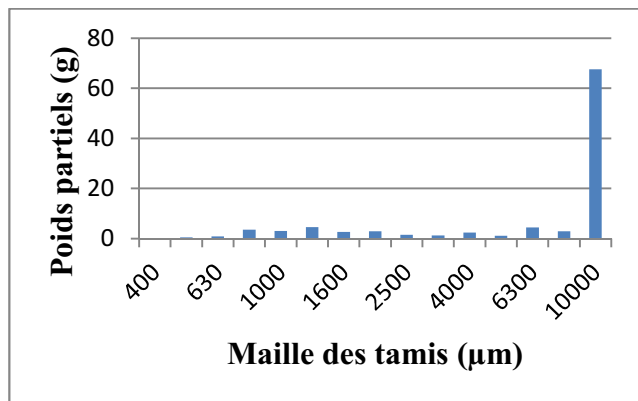
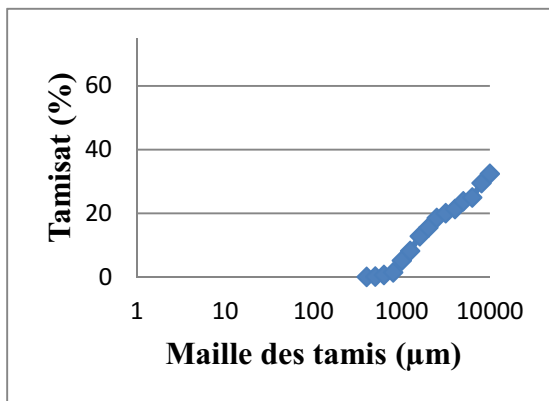
### Station 296



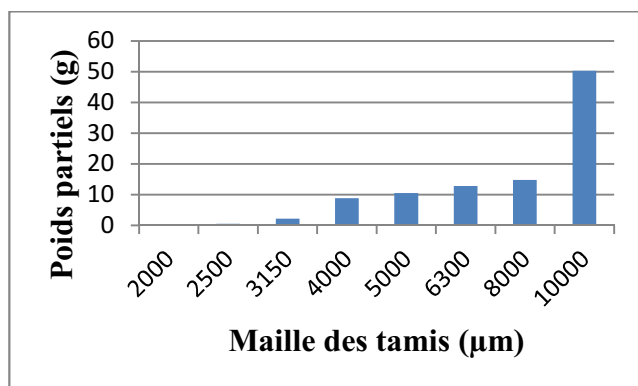
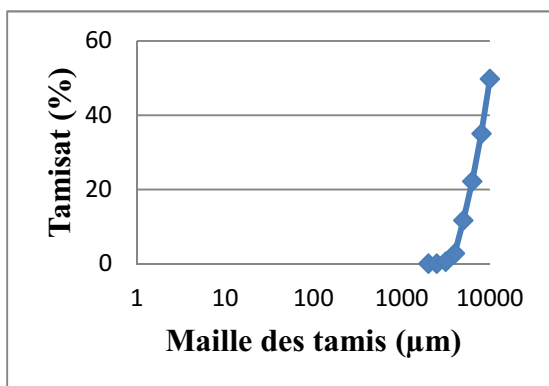
### Station 297



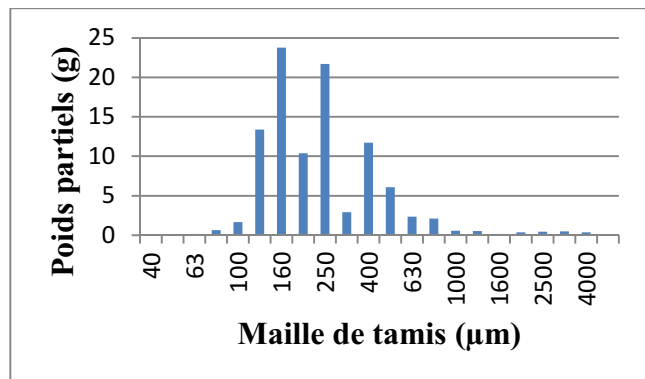
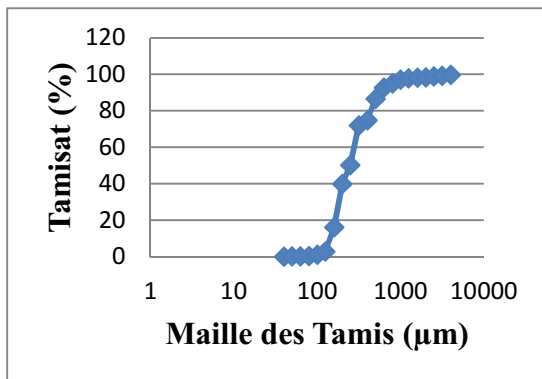
### Station 298



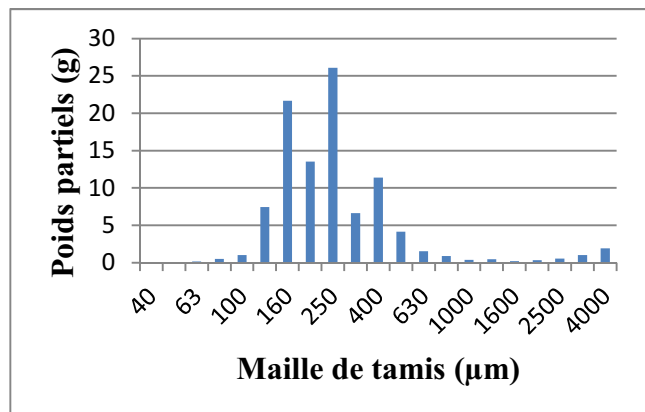
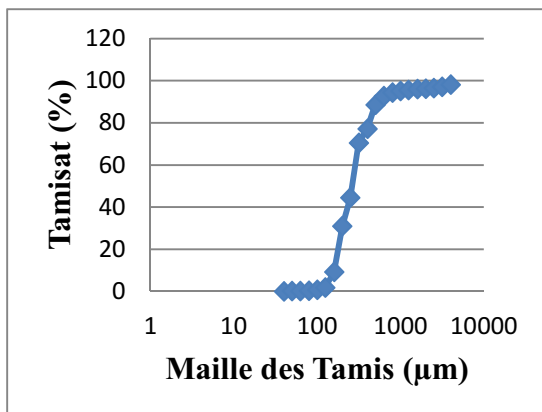
### Station 299



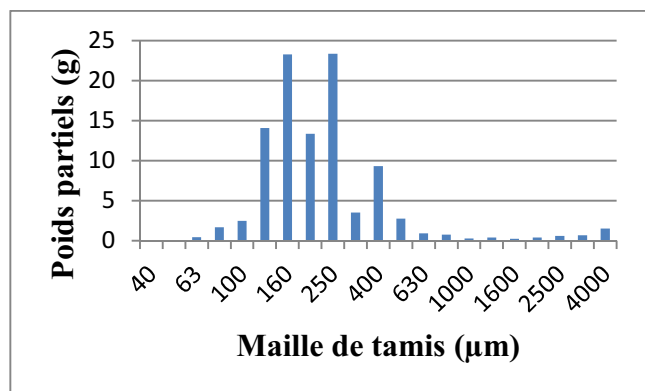
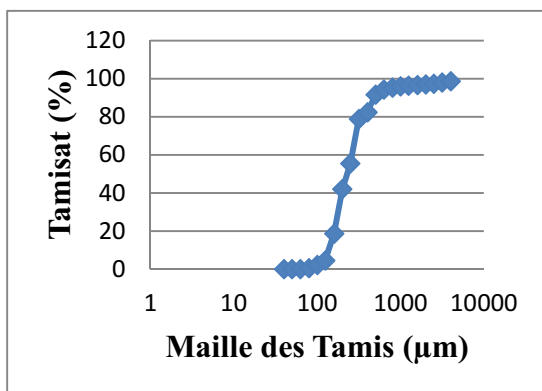
### Station 300



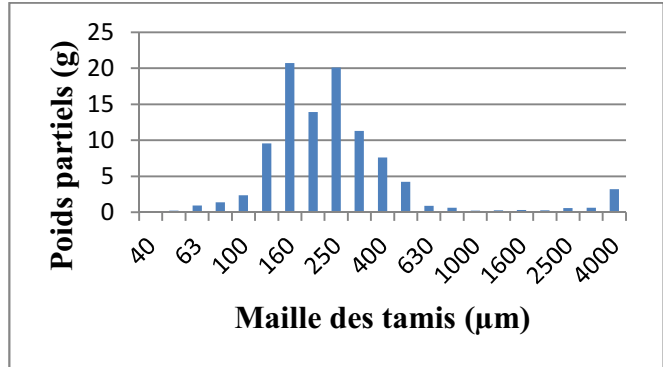
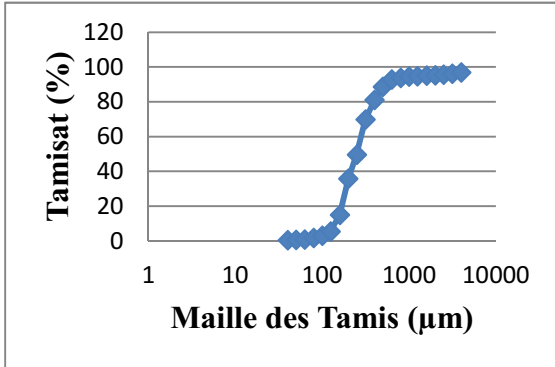
### Station 301



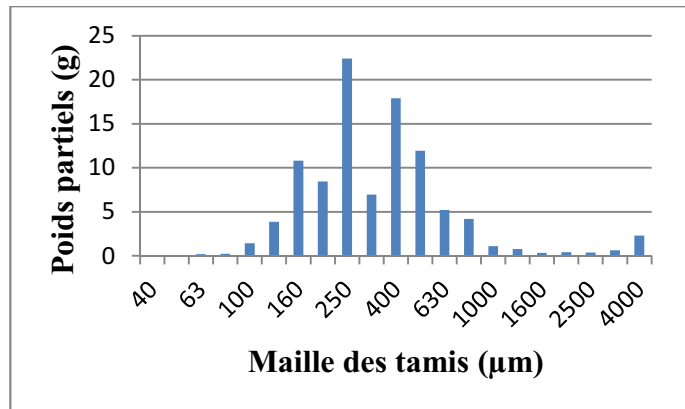
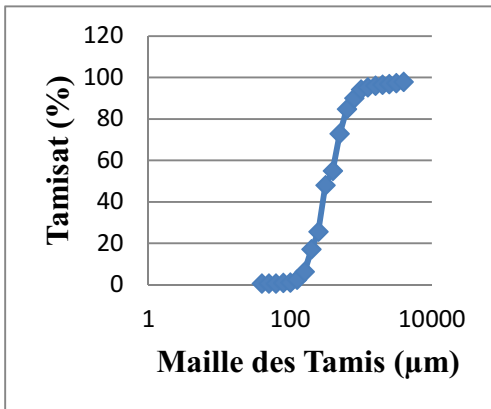
### Station 303



### Station 304



### Station 305



### Station 306 bis

