

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEINGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل
ECOLE NATIONALE SUPERIEUR DES SCIENCES DE LA MER ET DE
L'AMENAGEMENT DU LITTORAL



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

OPTION : Aménagement du littoral.

SUJET :

Impact des Ouvrages de Protection sur la Morphodynamique
des Côtes

Cas d'étude : Bois Sacré Gouraya-TIPAZA

Présenté par :

- OUDHA Habiba

Soutenu le 14/07/2016 devant Le Jury composé de :

M ^r Mezouar. K	Maitre de conférences B (ENSSMAL)	Président
M ^r Bachari. N.E.I	Professeur (USTHB)	Promoteur
M ^{me} Djeha. L	Ingénieur (LEM)	Co-promotrice
M ^r Otmani. H	Maitre Assistant B (ENSSMAL)	Examineur
M ^r .Nacef. L	Maitre de conférences B (USTHB)	Examineur

Promotion : 2015/2016

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEINGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل
ECOLE NATIONALE SUPERIEUR DES SCIENCES DE LA MER ET DE
L'AMENAGEMENT DU LITTORAL



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

OPTION : Aménagement du littoral.

SUJET :

Impact des Ouvrages de Protection sur la Morphodynamique
des Côtes

Cas d'étude : Bois Sacré Gouraya-TIPAZA

Présenté par :

- **OULDHA Habiba**

Soutenu le 14/07/2016 devant Le Jury composé de :

M ^r Mezouar. K	Maitre de conférences B (ENSSMAL)	Président
M ^r Bachari. N.E.I	Professeur (USTHB)	Promoteur
M ^{me} Djeha. L	Ingénieur (LEM)	Co-promotrice
M ^r Otmani. H	Maitre Assistant B (ENSSMAL)	Examineur
M ^r .Nacef. L	Maitre de conférences B (USTHB)	Examineur

Promotion : 2015/2016

Remerciements



Au terme de ce travail, je remercie le Bon Dieu, le tout puissant pour m'avoir donné la santé, le courage et la volonté, pour réaliser ce modeste travail.

*Je suis très reconnaissante envers **Mr. Bachariet Mme. Djeha** d'avoir proposés un sujet si intéressant et de m'avoir permis d'apporter mon modeste contribution à un sujet si sensible, ainsi que de m'avoir si bien encadrés, orientés, éclairés et de suivre constamment le progrès de ce travail, par ses suggestions et ses critiques constructives, dont la patience et la sympathie m'ont fait aimer le domaine de l'aménagement et pour mener à bien mon travail.*

*A cet effet, je tiens à remercier **Mr Mezouard** d'avoir accepté de présider le jury de cette soutenance, ainsi que **M.Otmani** et **M.Nacef** d'avoir accepté d'examiner ce travail et dont les critiques me serviront sûrement.*

Je n'oublie pas de remercier mes enseignants, qui tout au long du cycle d'étude m'ont transmis leur savoir que je considère «l'or de la vie».

*Enfin mes vifs remerciements à **Mr Amarouche Khaled** et à toutes les personnes qui m'ont aidé du près ou de loin à la réalisation de ce mémoire de fin d'étude.*

Dédicaces

Mes chaleureuses dédicaces vont à mes parents :

Ma mère Salima, qui a été la cause ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.

Mon père Abdelkader, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit ; Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi.

Je dédie ce travail aussi à Mes frères : mohammed et Wael

Mes adorables sœurs : Bessma & Soumia.

Mon oncle Belkacem et mes cousins : Ketmouli Mouloud et Abderrahmane et toute ma famille.

Mes copines : Ferdaous Narimen AmiraMounia, Asmaet tous mes frères et sœurs de la promo aménagement du littoral, et tous mes amis de l'ENSSMAL.

Tous les amis de l'Association Souk

& à la fin : À vous cher lecteurs d'avoir consacré votre temps à lire ce travail.

Habiba OUDHA



Table des Matières



Table des matières	I
Liste des acronymes.....	II
Liste des figures.....	III
Liste des tableaux	III
Introduction générale	19

Chapitre I : Présentation De La Zone D'étude

Introduction :	22
1. CADRE GEOGRAPHIQUE	22
1.1.Limites Administratives De La Commune de Gouraya.	22
1.2. La Zone de Gouraya :	22
1.2.1. Délimitation du secteur de bois sacré :	22
1.2.2. Description du secteur de bois sacré :	23
1.2.3. SITE D'ETUDE : Plage bois sacré Est	23
2. CADRE HYDROGRAPHIQUE :	25
3. CADRE GEOLOGIQUE.....	25
4. CADRE GEOMORPHOLOGIQUE :.....	26
5. CADRE OCEANOGRAPHIQUE :	27
5.1.La houle :	27
5.2.Les Courants :	28
5.2.1. Coutant algérien :	28
5.2.2. La marée :	28
5.2.3. Les courants côtiers :	28
a. Les courants de dérive littorale (longshore currents) :	28
b. Les courants de retour ou « rip currents » :	29
6. CADRE CLIMATOLOGIQUE :	29
6.1. Les Vents	29
6.1.1. Observations du Vent au large.....	29
6.1.2. Vents locales	30
6.2. Température.....	31
6.3. Précipitations :	31
7. EROSION DANS LA ZONE D'ETUDE	32
7.1. Cause d'érosion	32

a. Facteurs naturels	32
• Les houles	32
• Les vents	32
b. Les Facteurs Anthropiques	32
• Pollution	33

Chapitre II : Etude De La Morphologie Sous-Marine

Introduction.....	35
1. Réalisation des cartes bathymétriques.....	35
1.1 La bathymétrie de l'avant-projet (en 2009)	35
1.1.1. Manipulation sur Arc Gis	35
a- Aperçu de logiciel Arc Gis 10.2	35
b- Extraction de données sur Arc gis	36
c- Exploitation des données obtenues	38
1.1.2. Aperçue De La Carte Bathymétrique De L'avant-Projet	39
1.2 Bathymétrie D'après l'implantation des ouvrages de protection (2016)	40
1.2.1. Travail en mer	40
1.2.2. Exploitation des données obtenues	42
1.2.3. Aperçue De La Carte Bathymétrique De L'après-Projet de protection de la plage Bois Sacré	44
- Profils bathymétriques	45
2. Impact des ouvrages de protection sur le fonds marin de la plage	49
3. Etude d'évolution du fonds par des profils bathymétriques	50
Conclusion	53

Chapitre III : Etude Granulo-Sédimentaire

Introduction	55
1. Prélèvement des sédiments	55
1.1 Déroulement de la sortie	56
2. Méthode d'analyse au laboratoire	56
2.1. L'étude granulométrique.....	56
2.2. Principe de la méthode	56
2.3. Mode opératoire	57
2.4. Les paramètres et indices granulométrique.....	58
2.4.1. Les paramètres de positions	59
a. Les quantiles	59
b. Le mode granulométrique	59
2.4.2. Les indices granulométriques	59
2.4.2.1 .Les indices de dispersion ou de classement	60
2.4.2.2. Les coefficients d'asymétrie	60

3. Résultat et discussion	61
3.1. Analyse de la fraction fine	61
3.2. Analyse de la fraction grossière	62
3.2.1. Les courbes granulométriques	62
3.2.2. Les quantiles	64
3.3.1. Indice de classement	67
3.3.2. Le coefficient d'asymétrie	67
4. Analyse de la dynamique sédimentaire de la plage de Bois Sacré avec le modèle Mc Laren / Gao et Collins	68
4.1. Principe du modèle	68
4.2. Procédure analytique	69
a. Préparation des données d'entrée	69
b. Application du GSTA.....	70
c. Exploitation des données	70
d. Aperçue des résultats de la modélisation du transport sédimentaire	70
Conclusion	71

Chapitre IV : Simulation De La Réfraction De La Houle

Introduction	73
1. Principe de calcul de la réfraction de la houle :	73
2. Données d'entrée	74
2.1. La bathymétrie	74
2.2. Données de houles au large	74
3. Application du modèle SWAN	76
3.1. Description du modèle SWAN	76
3.2. Les étapes à suivre	77
4. Résultats et interprétations	78
4.1. Résultats de réfractions des houles d'après-projet de protection du rivage de bois sacré	78
a. La réfraction de la houle de direction 40° Nord Est.....	78
b. La réfraction de la houle de direction 360° Nord.....	80
c. La réfraction de la houle de direction 320° Nord	82
4.2. Résultats de réfractions des houles d'avant-projet de protection du rivage de bois sacré	84
a. La réfraction de la houle de direction 40° Nord Est	84
b. La réfraction de la houle de direction 360° Nord	85
c. La réfraction de la houle de direction 320° Nord	86
4.3. Observations de comportement des houles après l'implantation des ouvrages de protection :	87
Conclusion	88

CHAPITRE V : Analyse Des Variations Historiques De La Ligne De Côte De La Plage Bois Sacré

Introduction	90
1. Historique d'évolution de trait de côte de la plage bois sacré :	90
2. Matériels Et Méthodes :	91
2.1. Récolte des données :	91
2.2. Moyens et procédure :	91
3. Résultat Et Discussion :	92
3.1. Evolution du trait de côte dans la Zone d'étude :	94
3.2. Evolution du trait de côte dans la Zone I :	97
3.3. Evolution du trait de côte dans la Zone II :	98
Conclusion.....	99

Chapitre VI : Etude De La Morphologie De La Plage Aérienne De Bois Sacré

Introduction :	101
1. Impact du projet de protection de protection de la plage aérienne du site de Bois Sacré :	101
1.1. Aménagement de la haute plage:	102
1.1.1. Structure des ouvrage de haut de plage :	102
1.1.2. Impact sédimentaire :	103
1.1.3. Impact morphologique et paysager :	103
1.2. Aménagement de la basse plage:	103
1.2.1. Structure des ouvrage de la plage basse :	104
1.2.2. Impact sédimentaire	105
1.2.3. Impact paysager et morphologique	106
1.2.4. Impact sur la ligne de rivage	106
1.2.4.1. Relation entre la Longueur du brise-lames et sa distance du rivage :	107
2. Impact sur les plages adjacentes :	109
3. Impact des brise-lames sur l'éperon rocheux :	109
Conclusion	110
Conclusion générale	112
Bibliographie	115
Annexes	119



Liste des Acronymes



ASR: Artificial Surf Reef

Dir : Direction

GSTA: Grain Size Trend Analysis

Hs: Hauteur significative

Kr: Coefficient de réfraction

LCHF : Laboratoire Central de l'Hydraulique de France

LEM : Laboratoire des Études Maritimes

m: Mètre

ONM : Office National de Météorologie

SIG : Système d'Information Géographique

SSMO : Summary of Synoptic Meteorological Observation

SWAN : Simulating WAVes Nearshore

UTM : Universal Time Mercator

WGS : World Géoïde System

A.F.N.O.R: Association Française de NORmalisation.

A N R H : Agence Nationale Ressource Hydraulique

So : Sorting de Trask.

Sk : Skewness de Trask.

ENSSMAL : Ecole National Supérieur des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral

G.P.S Global Positioning System.

URBA Blida URBA nisme **Blida**



Liste des Figures



Figure n°I.1 : Localisation de la zone d'étude

Figure n°I.2 : Réseau hydrique de la zone de Gouraya

Figure n°I.3 : Carte géologique de secteur Tipaza-Gouraya, 1/50000e.

Figure n°I.4 : Moyenne des fréquences mensuelles de la houle au large.

Figure n°I.5 : Roses récapitulatives saisonnières et annuelles des fréquences d'apparition du vent au large. (L'US Naval Weather service, de 1963 à 1970).

Figure n°I.6 : Répartition annuelle des vents en % (ONM, Bou-Smail, 1956-1960)

Figure n°I.7 : Distribution des températures Moyennes Bouharoun 1992-2007

Figure n°I.8 : Précipitations annuelles en mm (ANRH 1992 -2006)

Figure n° II.01 : Exportation de Data sur Arc Map 10.

Figure n° II.02 : étapes de création de feature class pour digitatlisation sur Arc Map 10.2

Figure n° II.03 : présentations des isobathes en points de la zone de bois sacré (2009) sur Arc Map 10.2

Figure n° II.04 : carte (en 2D) de la Bathymétrie de la plage de bois sacré, Gouraya (2009)

Figure n° II.05 : carte (en 3D) de la Bathymétrie de la plage de bois sacré, Gouraya (2009)

Figure n° II.06 : embarcation utilisées dans la sortie.

Figure n° II.07 : Mesure des profondeurs par un filet métallique gradué

Figure n° II.08 : carte de points de prélèvements des mesures de la bathymétrie dans la plage de bois sacré, Gouraya,(OUDHA,2016)

Figure n° II.09 : digitalisation du trait de côte et présentation des points mesurés sur terrain

Figure n° II.10 : carte bathymétrique de la plage de bois sacré (OUDHA ,2016)

Figure n° II.11 : vue en 3D de la bathymétrie de la plage de bois sacré (OUDHA ,2016)

Figure n° II.12 : carte bathymétrique de la plage de bois sacré et les tracées de profiles (OUDHA ,2016)

Figure n° II.13 : graph du Profil bathymétrique 1

Figure n° II.14 : graph du Profil bathymétrique 2

Figure n° II.15 : graph du Profil bathymétrique 3

Figure n° I.16 : graph du Profil bathymétrique 4

Figure n° III.17 : graph du Profil bathymétrique 5

Figure n° II.18 : graph du Profil bathymétrique 6

Figure n° II.19 : graph du Profil bathymétrique 7

Figure n° II.20 : contours des isobathes superposées des années 2009 et 2016

Liste Des Figures

Figure n° II.21 : bathymétrie superposées des années 2009 et 2016 et tracés des profiles

Figure n° II.21 : graph du Profil bathymétrique 1'

Figure n° II.22 : graph du Profil bathymétrique 2'

Figure n° II.23 : graph du Profil bathymétrique 3'

Figure n° II.24 : graph du Profil bathymétrique 4'

Figure n° II.25 : graph du Profil bathymétrique 5'

Figure n° III.01 : localisation des stations de prélèvements des sédiments de la plage bois sacré (Google Earth 2016)

Figure n° III.02 : Prélèvement des sédiments à l'aide d'une benne de type Van Veen

Figure n° III.03 : échantillons prélevés étiquetés et mise en boîte de pétries

Figure n° III.04 : Matériels utilisés en analyse granulométrique

Figure n° III.05 : Carte de la répartition des pélites dans la Plage Bois Sacré

Figure n° III.06 : Histogramme de fréquences uni modale

Figure n° III.07 : Courbe granulométrique uni modale

Figure n° III.08 : Histogramme de fréquences bimodal

Figure n° III.09 : Courbe granulométrique bimodale

Figure n° III.10 : Histogramme de fréquences plurimodal

Figure n° III.11 : Courbe granulométrique plurimodal

Figure n° III.12 : Carte de la répartition du décile inférieur (D10).

Figure n° III.13 : Carte de la répartition du quartile inférieur (Q25).

Figure n° III.14 : Carte de la répartition de la médiane (D50).

Figure n° III.15 : Carte de la répartition du quartile supérieur (Q75) dans la plage de bois sacré.

Figure n° III.16 : Carte de la répartition du décile supérieur (D90).

Figure n° III.17 : Relation entre l'indice de classement S_0 et la médiane

Figure n° III.18 : Relation entre l'indice de classement S_k et la médiane

Figure n° III.19 : La grille d'entrée dans le modèle GSTA.

Figure n° III.20 : Modélisation du transport sédimentaire dans la plage de bois sacré

Figure n° IV. 01 Rose annuelle des houles

Figure n° IV.02. Insertion du fichier «*Input* »

Figure n° IV.03. Itération et conception du fichier «*Output* ».

Figure N°IV.04 : Réfraction de la houle pour une direction NE 40° et une période de 10.91 s de large vers la côte (bathymétrie 2016)

Figure n°IV.05 : vue détaillée de la propagation des houles du Nord EST (40°) vers la côte (bathymétrie 2016).

Figure N°IV.06 : Réfraction de la houle pour une direction N 360° et une période de 10.87s de large vers la côte (bathymétrie 2016).

Figure n°IV.07 : vue détaillée de la propagation des houles du Nord (360°) vers la côte (bathymétrie 2016).

Figure n°IV.08 : Réfraction de la houle pour une direction NW 320° et une période de 9.99 s de large vers la côte (bathymétrie 2016).

Figure n°IV.09 : vue détaillée de la propagation des houles du Nord-Ouest (320°) vers la côte (bathymétrie 2016).

Figure n°IV.10 : Réfraction de la houle pour une direction NE 40° et une période de 10.91 s de large vers la côte (bathymétrie 2009).

Figure n°IV.11:vue détaillée de la propagation des houles du Nord EST (40°) vers la côte (bathymétrie 2009).

Figure n°IV.12 : Réfraction de la houle pour une direction N 360° et une période de 10.87 s de large vers la côte (bathymétrie 2009).

Figure n°IV.13 : vue détaillée de la propagation des houles du Nord (360°) vers la côte (bathymétrie 2009).

Figure N°IV.14 : Réfraction de la houle pour une direction N 320° et une période de 9.99 s de large vers la côte (bathymétrie 2009).

Figure n°IV.15 : vue détaillée de la propagation des houles du Nord (320°) vers la côte (bathymétrie 2009).

Figure n° V.1 : Extraction d'images satellitaires à partir de Google Earth Pro.

Figure n°V.2 : digitalisation du trait de côte sous Arc Map 10.2

Figure n°V.3 : Méthode de mesure des distances (A) et surfaces(B).

Figure n°V.4 : Carte de l'évolution du trait de côte dans le secteur de bois sacré entre 2011 et 2016 **Figure n°V.5** : Représentation des transect et tracées des traits de côtes.

Figure n°V.6 : Carte de l'évolution du trait de côte de la zone d'étude de bois sacré entre 2011 et 2016.

Figure n°V.7 : Diagramme de l'évolution annuelle de la ligne de côte de bois sacré.

Figure n°V.8 : Diagramme de l'évolution annuelle de la ligne de côte de la zone d'étude, Bois Sacré.

Liste Des Figures

Figure n°V.9 : Diagramme des taux d'accrétions-érosions dans la période 2011-2016 dans la zone d'étude.

Figure n°V.10 : Carte de l'évolution du trait de côte de la zone I du secteur Bois Sacré entre 2011 et 2016.

Figure n°V.11 : Carte de l'évolution du trait de côte de la zone II du secteur Bois Sacré entre 2011 et 2016.

Figure n°VI.01 : Dimensionnement des ouvrages de protection de haut de plage « plan de masse» (LEM, 2009).

Figure n°VI.02. État de la plage de Bois Sacré :

Figure n°VI.03 : Dimensionnement des ouvrages de protection de la basse plage « plan de masse» (LEM, 2009).

Figure n°VI.04. impact des brises lames sur les processus hydrodynamiques.

Figure n°VI.05. carte des zones d'érosions et d'accumulations dans la plage de Bois Sacré.

Figure n°VI.06 : Travaux de protection d'une falaise.

Photo n°I.1 : Etat actuel de la plage de Bois Sacré.

Photo n°I.2 : Présence d'urbanisation importante à .

Photo n°I.3 : déchets sur la plage de Bois Sacré à côté de la plage de Bois Sacré

Photo n°I.4 : Ecoulement des eaux usées sur la plage

Photo n°I.5 : Granulométrie grossière témoigne la forte Énergie de la houle



Liste des Tableaux



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

Tableau n°I.2 : Fréquences des vents à la station de Bou-Ismaïl (1956-1960)

Tableau n° III.01 : Classification des grains de sable (Folk et Ward., 1957)

Tableau n° III.02 : Les valeurs adoptées pour MZ pour l'Indice central

Tableau n° III.03 : Les valeurs adoptées de S0 pour le classement

Tableau n° III.04 : Les valeurs adoptées de Sk pour l'asymétrie.

Tableau n° IV 01 : Hauteurs des houles extrêmes par secteur de provenance

Tableau n° IV 02 : caractéristiques des houles extrêmes par secteur de provenance

Tableau n°IV.03 : valeurs de coefficients de réfraction des houles de secteurs NE 40°, N 360°, N320°

Tableau n°V.01 : taux et vitesse de variation du trait de côte de la zone d'étude de bois sacré entre 2011 et 2016

Tableau n°V.02 : Bilan des taux de surface d'érosion et d'accumulation du trait de côte de plage de bois sacré entre 2011 et 2016.

Tableau n°VI.01 : Formules empiriques de travaux antérieurs appliquées à la zone d'étude.



Introduction Générale



Le littoral est un lieu de convergence et de compétition entre des nombreuses activités humaines, quelquefois concurrentes (industrie, agriculture, transport, tourisme), constitue aussi un patrimoine biologique et paysager de première importance où les équilibres écologiques sont sans cesse fragilisés par les aléas naturels mais également par l'Homme (MEZOUAR, 2009).

Le littoral algérien s'étend sur 1622 km. Il représente un écosystème fragile et constamment menacé de dégradation en raison de la concentration de la population, des activités économiques et des infrastructures le long de la bande côtière) (M.A.T.E., 2000).

Avec l'élévation actuelle et future du niveau de la mer, ces problèmes d'érosion devraient s'aggraver surtout sur les côtes sableuses déjà en recul (IBE et AWOSIKA,1991 ; NIANG-DIOP, 1993 ; DENNIS et al. 1995 in FAYE, 2010).

En Algérie 80% des plages reculent, à différentes vitesses. Depuis quelques années la situation devient inquiétante sur les plages sableuses, comme le cas de ce travail, la zone de Bois Sacré.

La plage de Bois Sacré, qui se situe à 1 Km à l'Ouest de la ville de Gouraya, est un exemple de cette évolution. Depuis 1970 elle a connu une artificialisation représentée en installations urbains (habitations, routes, canalisation de réseaux assainissement d'eau), Ce qui a provoquer son recul, afin de protéger cette plage et stabilisée son talus, La Direction des Travaux Publics de la wilaya de Tipaza a confié au Laboratoire d'Etudes Maritimes (LEM) le projet intitulé : « *étude de protection du rivage de Bois Sacré* » qui consiste à la mise en place des ouvrages de protection de la basse plage ainsi d'autres infrastructures directement érigées sur le haut de la plage. Ces infrastructures ont contribué à la modification des équilibres naturels de rivage de ce secteur.

L'objectif de notre étude, intitulée « Impact des Ouvrages de Protection sur la Morphodynamique des Côtes-cas de Bois Sacré » est de faire des observations du comportement Morphodynamique de la plage de Bois sacré et d'analyser et évaluer les données de la solution de protection recommandée, en faisant une étude comparative avec des données d'après l'implantation des ouvrages de protection, en donnant des éléments d'encadrement sur différentes considérations, et évaluant et vérifiant l'achèvement des objectives du projet et son efficacité et son intégration tout en se basant sur le biais des SIG, qui consiste la mise en évidence de l'impact des ouvrages de la haute plage et de la basse plage, déjà installés..

De manière à traiter ces questions, ce mémoire s'organise en six parties :

- La première partie, rend compte de la procédure de l'analyse du contexte général du site tant sur le plan historique géographique, géologique et topographique.

Et on décrit le milieu dans lequel évolue le site d'étude et de ses caractéristiques climatologiques, océanographiques et hydrologique.

- La deuxième partie, est consacrée à l'étude des reliefs sous-marine de la plage.
- La troisième partie consacrée à l'étude granulo-sédimentaire.
- La quatrième partie est réservée à l'application du modèle « SWAN » afin de réaliser une simulation de propagation des vagues sur les côtes de notre site.
- La cinquième partie traite de la dynamique, c'est-à-dire l'étude de variation de la ligne de côte entre 2011 et 2016.
- La sixième partie, porte sur l'étude d'impact des infrastructures littorales sur la plage aérienne.

Par cette conscience nous avons défini notre cadre de travail dans le souci de bien aménager et de bien protéger et suivre cette infime portion de côte souhaitant qu'elle soit un modèle d'étude

Intégrée.



Chapitre I :

Présentation de la Zone d'Etude



Introduction :

Ce chapitre porte sur le contexte général de notre zone d'étude, la plage de Bois Sacré. En premier lieu, nous abordons la situation géographique, ensuite nous passons aux différents contextes : géomorphologique, géologique, hydrographique. En concluant par l'étude de l'érosion.

1. CADRE GEOGRAPHIQUE

1.1. Limites Administratives De La Commune 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).

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

1.2. Le secteur de Bois Sacre :

1.2.1 Délimitation du secteur de bois sacré :

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

Il est délimiter de :

- Au Nord par la mer méditerranée.
- à l'Est par une piste perpendiculaire à la RN 11 et à la mer distante de 1000 m 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.

1.2.2 Description du secteur de bois sacré :

La plage à l'ouest du village de Gouraya 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 cours d'eau, 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.

1.2.3. SITE D'ETUDE : Plage bois sacré Est

La plage à l'ouest du village de Gouraya (à 1 km environ). Il est limité au Nord par la mer Méditerranée, au Sud par un îlot d'habitations, à l'Ouest par un éperon rocheux et à l'est par le débouché d'un torrent.) , ayant pour Coordonnées Géographiques : Latitude **4047600m** à **4048100 m** Nord et Longitude **400300 m** à **4001100 m** Est. Se délimitant comme suit :

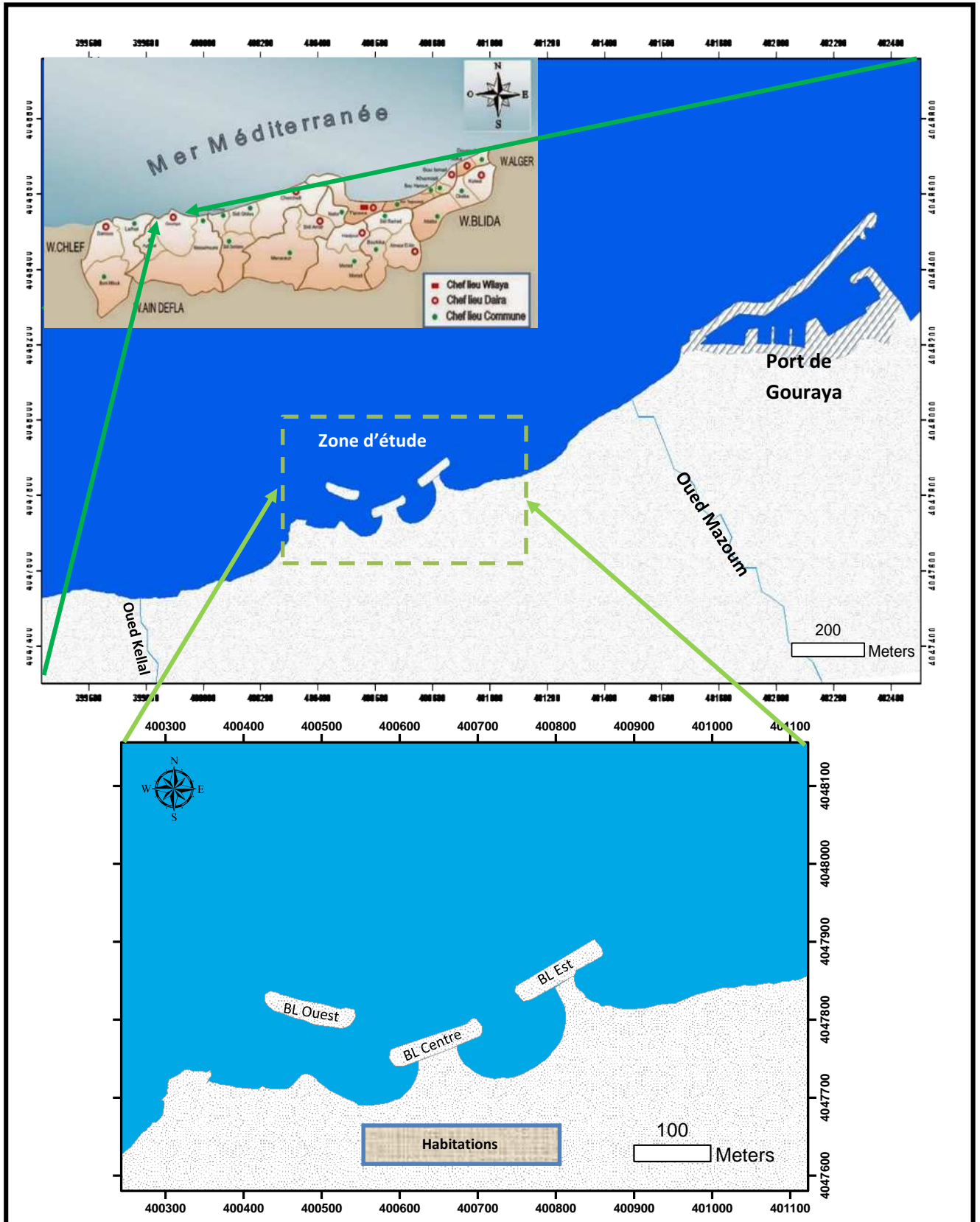


Figure n°I.1 : Localisation de la Zone d'étude

2. 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

Par manque de données hydrologique des réseaux présents au niveau du site, nous considérons que les seuls oueds Kellal oued Mazoum et oued Sept (18,971km) alimentent la cellule sédimentaire par des sédiments sableux gris noire à grossiers (galets, graviers) localisés aux débouchés de ses derniers.

3. CADRE GEOLOGIQUE

Selon LECLAIR d'une façon très succincte la litho stratigraphie de la région se répartit sur les structures suivantes : Le mont du Dahra forme une dorsale entre la dépression de Chellif , la mer et la plaine de la Mitidja. A l'ouest la Dahra est formée de collines de 300 à 600m, à l'Est le pays devient plus montagneux et boisé avec des altitudes dépassant 100m à Zeccar, à l'ouest les chaines de collines obliques par rapport au littoral y dessinent une série de crans tandis que à l'est de Tenes les chaines la cote parallèle aux alignements montagneux sont plus rectilignes. Les principales différences résultent de la structure et de la tectonique. Les plus forts reliefs correspondent aux schistes et aux quartzites du créacé, les écailles de calcaires jurassique chevauchent le créacé au cap Tenes et au chenoua. Cette écaille est recouverte par des schistes et la masse de terrains créacé appartiennent à ou à plusieurs nappes coulé vers le sud ce soubassement est recouvert en discordance par une couverture de grés et d'argile modérément plissées de l'oligocène et du miocène. Une autre discordance résulte du dépôt de grés tendres et d'argile puis eux même ont été déformés et faillées par les mouvements du quaternaire. Le morcellement résulte de la juxtaposition de plaines et de bassins qu'encadrent les chaines de montagnes. Les collines du Dahra qui domine la mer isolent les basses plaines dont la structure complexe de l'Atlas tellien. partout ailleurs les sédiments épais et plastiques se sont laissés plissés pendant l'écène supérieur et l'éligocène ont fait lentement surgir et fortement plissés selon une direction SO_NE les sédiments accumulés en mer depuis le perlmien après une phase d'érosion continentale et une nouvelle phase marine de nouveaux plissements ont eu lieu au miocène inférieur et moyen (nappes de charriages) qui se sont déversées vers le sud . Des chevauchements se remarquent aussi près du littoral sur la cote entre le mont de Chenoua et Tenes

Le relief actuel est dû aux mouvements verticaux du quaternaire ancien qui ont amené à la disparition des golfes pliocènes et parfois recoupes obliquement avec une direction OSO_ENE les axes des plissements antérieures. L'évolution du relief s'est faite en fonction des cycles climatiques et des oscillations du niveau de la mer au quaternaire.

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.

Cénomanién : 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 a intercalation de conglomérats calcaires

Flysch albo-aptien : Il existe une alternance des schistes et de grés 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.

4. CADRE GEOMORPHOLOGIQUE :

Le littoral de la partie Ouest de la wilaya de Tipasa, comporte une succession de trois anses à faible concavité s'appuyant sur des caps et pointements rocheux, et au milieu desquelles débouchent des oueds d'importance relative.

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 a des variations d'intensité dans le mouvement de Surélévation des massifs du DAHRA et de béni menacer, soit a 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. **(SOURCE URBA BLIDA)**

La région de bois sacré c'est une zone dépressionnaire constitué essentiellement de couches de miocène inférieur ses formation semble être plus fragile par rapport au couches qui forme les caps (ras Teska et Kef Arer) les formations du miocène sont traversé par des cours d'eau tels que oued Kellal et oued Sebt et O.Baroum.

Le plateau continental semble être la continuité des formations littorales.

La bathymétrie montre une étroite largeur en face notre zone d'étude et une partie assez large en face des cours d'eau.

Chapitre I : Présentation De la Zone d'Etude

Ainsi des profondeurs importantes observées près des zones rocheuses et une forme de vallée sous-marines peuvent concentrer l'énergie de la houle.

Entre Ras Teska (Gouraya) et Kef el Arer (Cap Larès) : deux plages, séparées par l'éperon rocheux du Bois sacré s'étendent sur ce linéaire d'environ 5 km, on note :

- 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.

5. CADRE OCEANOGRAPHIQUE :

5.1. 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 ont été extraites du Summary of Synoptic Meteorological Observation (SSMO) de l'U.S. Naval Weather Command, (1963-1970), permettant d'effectuer une analyse statistique de la houle au large de la région centre.

Mois	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Janvier	8.10	12.90	18.20	5.00	6.50	13.20	28.80	7.30
Février	8.80	10.30	12.60	4.00	6.10	16.90	35.60	5.80
Mars	11.30	12.60	15.80	3.60	4.50	12.30	30.50	9.20
Avril	11.70	15.40	16.00	2.00	4.40	13.70	26.70	10.20
Mai	8.20	26.30	31.90	3.00	3.30	7.20	13.90	6.20
Juin	9.20	29.10	29.80	1.80	1.40	8.20	16.40	4.20
Juillet	5.90	32.50	35.10	1.40	1.00	5.90	16.30	2.00
Août	8.80	27.70	37.30	1.90	1.10	5.00	13.40	4.90
Septembre	6.70	26.40	40.50	2.20	2.30	4.60	14.80	2.50
Octobre	7.80	14.10	20.30	3.20	4.20	14.80	28.80	6.80
Novembre	5.50	5.80	10.00	5.10	8.00	15.90	40.40	9.40
Décembre	10.20	6.20	9.40	4.60	7.50	15.00	37.10	10.00

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

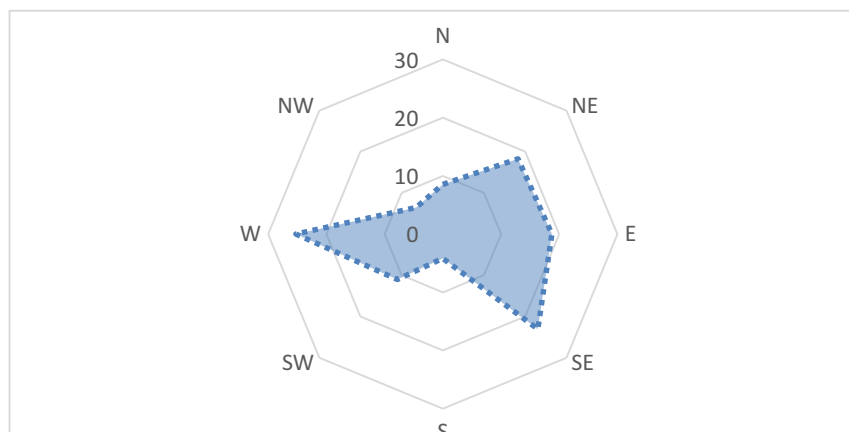


Figure n°I.2 : Moyenne des fréquences mensuelles de la houle au large

Les résultats de cette analyse groupés le tableau et Figure n°I.5 ci-dessus dénotent ce qui suit :

- Les houles les plus fréquemment observées appartiennent aux secteurs Ouest, Est et Nord Est.
- La fréquence d'observations sur l'année des houles d'Est et d'Ouest sont sensiblement identiques avec toutefois une légère prédominance du secteur Ouest.

En été, les houles d'Est prédominent.

En hiver, les houles d'Ouest prédominent.

Le secteur Nord a une répartition assez régulière durant l'année.

5.2. Les Courants :

L'importance des courants n'est pas à négliger, car ils interviennent dans le transport des matériaux et peuvent conduire à des ensablements, des envasements ou à des désensablements.

5.2.1. Coutant algérien :

La mer Méditerranée est connue par son excès d'évaporation par rapport aux apports fluviaux et aux précipitations, ceci est responsable d'une baisse de niveau de la mer estimée à 1m/an, ce déficit est compensé par un flux entrant d'eau atlantique, par le détroit de Gibraltar. Ces eaux au fur et à mesure de leur progression vers l'est, elles se « méditerranisent » le long des côtes algériennes, d'où l'appellation du courant algérien. (BACHARIF, 2009)

5.2.2. La marée :

Généralement, dans les côtes Algériennes, l'amplitude de la marée astronomique est peu importante mais présente d'importants écarts suivant l'époque lunaire. La marée de pleine lune est de l'ordre de 25 à 30 cm et celle de la nouvelle lune est de 05 à 15 cm. La variation journalière observée est inférieurs à 10 cm.

La différence entre la valeur moyenne maximale de niveau de la mer ne dépasse pas les 50 cm.

5.2.3. Les courants côtiers :

Les courants agissent pendant l'hiver et ont une direction Ouest - Est par houle NW, le reste de l'année les courants ont une direction Est - Ouest.

Ces courants locaux peuvent favoriser le transport près de la côte, induit par le déferlement des houles et des courants de houles le long de la côte (transport littoral et transport perpendiculairement au rivage).

Le sens et l'intensité de ce courant sont fonction de l'amplitude et de l'incidence par rapport à la côte, mais également de la topographie de la plage sous-marine et de la granulométrie.

a. Les courants de dérive littorale (longshore currents) :

Lorsque la houle arrive à la côte avec une incidence oblique, celle-ci donne naissance à un courant de dérive littorale ; la vitesse de ce courant est maximale pour un angle de 50°- 60°.

La dérive littorale prend naissance au niveau de la zone de déferlement ou l'énergie est maximale.

Dans le cas général, de petite et moyenne amplitude, les courants assurent le triage des sables et graviers de la frange littorale (-10m), Par contre les houles de fortes amplitudes, pourraient agir en fonction de l'amplitude jusqu' aux fonds de -40m à -60 m.

b. Les courants de retour ou « rip currents » :

Ce courant est induit par les houles d'incidence frontale .il assure la distribution vers le large des sédiments arrachés à la côte. Ces courants possèdent une vitesse qui dépend de l'énergie de la houle et de la pente et de la plage. Ils sont responsables de la dispersion d'une partie des sédiments côtiers vers le large.

6. CADRE CLIMATOLOGIQUE :

Le climat peut se définir comme étant l'ensemble des conditions dominantes du milieu physique de la Terre. Plus précisément c'est l'état de l'atmosphère dans un lieu donné, température, phénomènes atmosphériques, précipitations etc...., Afin de se doter de données localisées sur le site d'étude, nous sommes contraints de réunir toutes les informations brutes afin de les analyser et de les synthétiser.

6.1. Les Vents

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.

6.1.1. Observation du Vent Au Large

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 Sacré 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 Meteorological Observations) au large d'Alger confirment l'existence de deux périodes distinctes :

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.

Les vents le plus forts sont ceux venant de l'Ouest ces derniers se lèvent brusquement et soulèvent une forte houle.

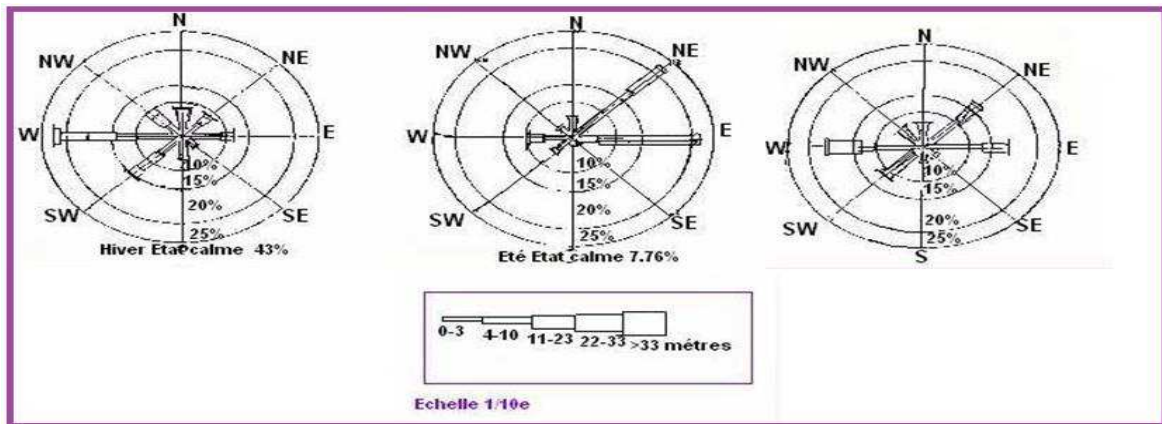


Figure n°I.3 : Roses récapitulatives saisonnières et annuelles des fréquences d'apparition du vent au large. (L'US Naval Weather service, de 1963 à 1970).

6.1.2. Vents locales :

La fréquence des vents sont requises dans le tableau :

DIRECTION	Annuelle	Hivernale	Estivale
Nord Est à Est	18,80 %	12.20 %	23.40 %
Nord Nord Ouest	23.30 %	27.50 %	19.00 %
Ouest	8.40 %	8.50 %	8.20 %
Sud Sud Est	7.50 %	2.20 %	3.60 %
Vents nuls	11.60 %	6.40 %	16.80 %

Tableau n°I.2 : Fréquences des vents à la station de Bou-Ismaïl (1956-1960)

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

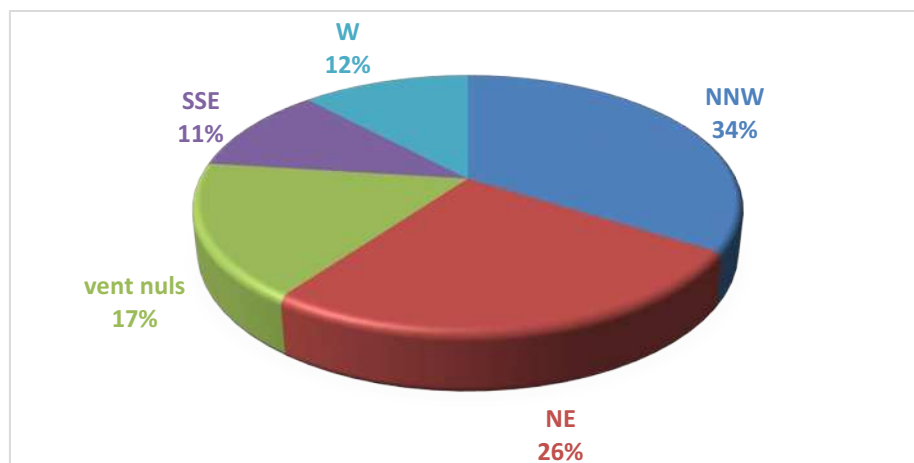


Figure n°I.4 : Répartition annuelle des vents en % (ONM, Bou-Smail, 1956-1960)

6.2. Température

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 août. et la température moyenne annuelle entre 1995 à 2004 et de 19,4°C

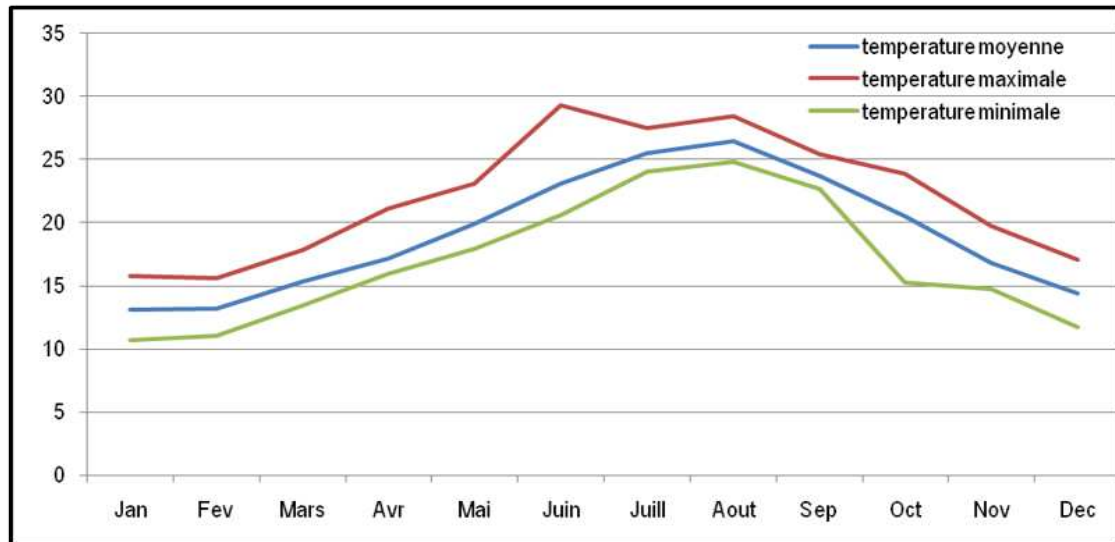


Figure n°I.5 : Distribution des températures Moyennes Bouharoun 1992-2007

6.3. Précipitations

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 à 2006 est de 569,77mm.

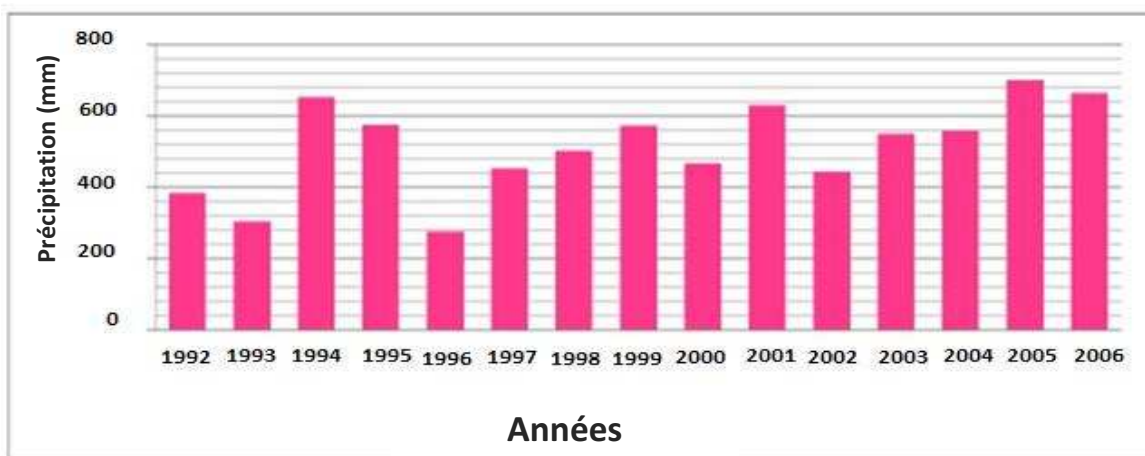


Figure n°I.6 : Précipitations annuelles en mm (ANRH 1992 -2006)

7. Erosion dans la zone de d'étude

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

7.1. Causes d'érosion :

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 n°I.5).

• 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 n°I.2). 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 n°I.3). 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)

Chapitre I : Présentation De la Zone d'Etude

- **La Pollution :**

L'écoulement des eaux usées transport avec lui les sédiments et entraine une érosion importante au niveau de la plage (photo n°I.4), 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.



Photo n°I.1 : Etat actuel de la plage de Bois Sacré.



Photo n°I.2 : Présence d'urbanisation importante à côté de la plage de Bois Sacré



Photo n°I.3 : déchets sur la plage de Bois Sacré.



Photo n°I.4 : Ecoulement des eaux usées sur la plage



Photo n°I.5 : Granulométrie grossière témoignant la forte Énergie de la houle



Chapitre II :

Etude de la Morphologie
Sous-Marine



Introduction :

La morphologie des fonds marin est soumise à l'action des facteurs hydrodynamiques, qui entraîne des modifications dans l'ensemble du système littoral. L'évolution des fonds est le résultat des échanges transversaux et longitudinaux entre les différentes unités morphologiques de la côte (OUADJ, BOUAZIZ, 2014). L'objectif de ce chapitre est d'étudier la morphologie du fond de la plage de bois sacré et observer les changements de fond marin après la mise en place des ouvrages transversaux, qui ont pour but de diminuer la profondeur par accumulation de sable et protéger les habitations de l'attaque des vagues.

1. Réalisation des cartes bathymétriques :

La carte bathymétrique constitue un document de base nécessaire pour la reconnaissance de la morphologie sous-marine (OUADJ, BOUAZIZ, 2014), c'est aussi un moyen de connaissance de la dynamique sédimentaire, ainsi elle nous permet de définir la morphologie sous-marine.

Ces levées ont été traitées à l'aide du logiciel Arc Gis 10.2. On obtient deux cartes 2D et 3D et des profils en travers pour interpréter le fond marin jusqu'à -14m

Pour bien observer l'impact des ouvrages de protection on a traité une carte bathymétrique de la zone avant l'implantation des brise-lames, et une deuxième carte réalisée en 2016 après la réalisation du projet de protection.

1.1 La bathymétrie de l'avant-projet (en 2009) :

La carte de bathymétrie utilisée pour cette étape est issue de la digitalisation et extraction des lignes isobathes avec le logiciel Arc Gis 10.2 à partir de la carte déjà digitalisée par le LEM de la carte marine n°1206 de « Kef Souari à Tipaza : échelle 1/120000 » ainsi que celle issue de la campagne de reconnaissances sur site réalisée en novembre 2004 par le LEM dans le cadre du projet de l'étude de la carte sédimentaire du littoral algérien 2^{ème} tranche.

1.1.1. Manipulation sur Arc Gis :

a- Aperçu de logiciel Arc Gis 10.2 :

Arc Gis est l'un des logiciels SIG les plus utilisés. Ce logiciel offre de nombreuses potentialités pour la manipulation, la gestion, l'analyse et l'édition des données spatiales. Différentes couches d'informations spatiales peuvent être manipulées offrant la possibilité d'analyser une ou plusieurs couches selon le lien spatial. C'est à dire, l'appartenance au même espace géographique et ayant le même système de coordonnées (SOUDANI, 2006 in OUADJ et BOUAZIZ, 2014).

Le logiciel Arc Gis 10.2 comprend trois applications principales : Arc Catalog, Arc Map Et Arc Toolbox.

Arc Catalog : est un explorateur de données tabulaires et cartographiques offrant des outils de gestion et d'organisations analogues à ceux offerts par les systèmes d'exploitation comme Windows ou DOS (copier, renommer, effacer, créer des icônes, etc.). Il est vivement conseillé d'utiliser Arc Catalog pour effacer les fichiers car ces fichiers sont accompagnés d'autres fichiers que l'explorateur de Windows, s'il est utilisé, ne permet pas de l'est effacer automatiquement. Arc Catalog permet aussi de visualisée les données tabulaire et des couches géographiques ainsi qu'une exploitation des différentes thèmes qui les constituent

Arc Map : est l'application fondamentale du logiciels Arc Gis elle contient une boite à outils, organisées sous formes de modules indépendants (extensions), permettant de gérer, manipuler analyser et éditer les différentes couches d'information de la base de données.

Arc Toolbox : est une boite à outils permettant d'effectuer des conversions et de transferts de format et aussi de projection.

b- Extraction de données sur Arc gis :

Digitaliser chaque iso ligne sur la carte déjà géo-référencées en créant des points par :

- Importation des informations sue chaque coordonnées par : DATA ----> export data sous format TIFF.

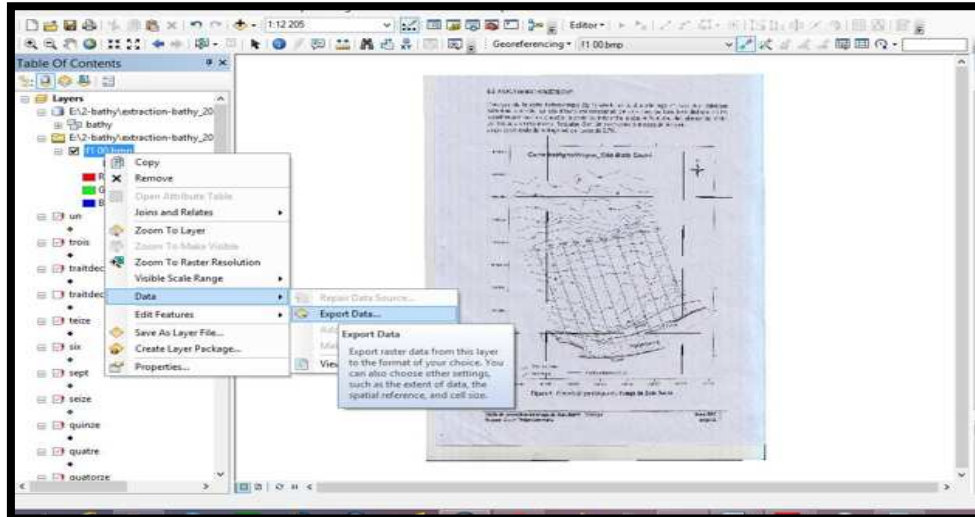


Figure n° II.01 : Exportation de Data sur Arc Map 10.2

- création d'une base de données géographique sur Arc Catalog NEW ----> **Personal GeoDataBase** ----> **Feature Dataset** ----> **Feature**

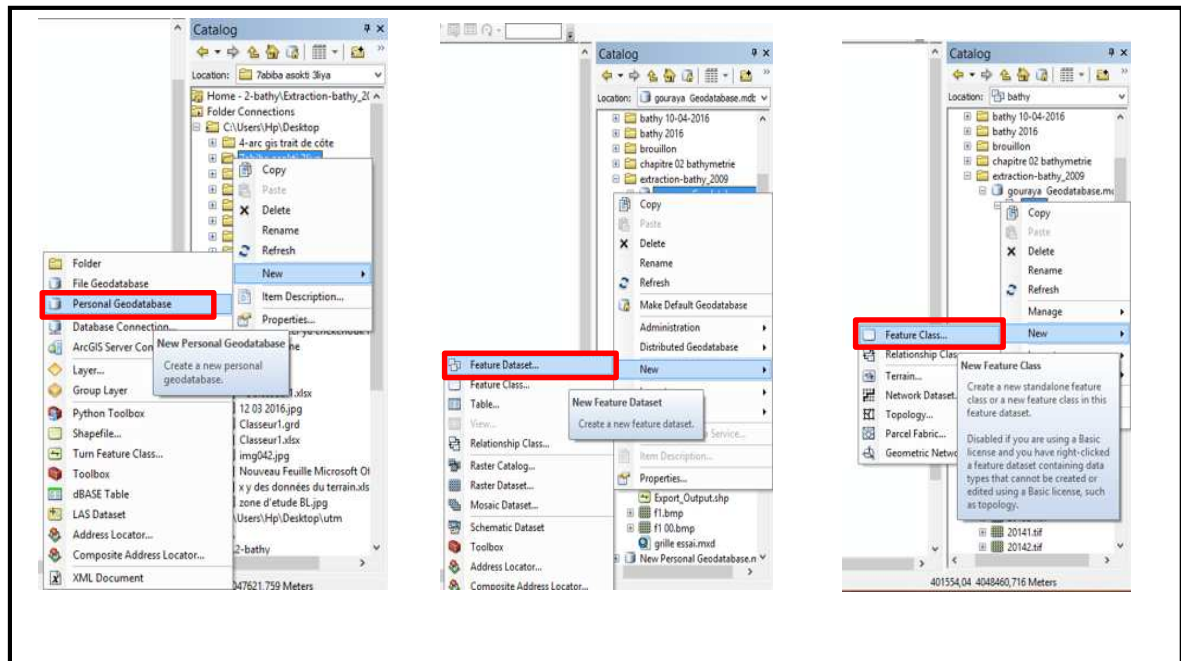


Figure n° II.02 : étapes de création de feature class pour digitalisation sur Arc Map 10.2

- On commence la digitalisation en utilisant l'outil **EDITOR** ---->Start Editing et enregistrer les modifications dès qu'on finit : **Save edits** ---->Stop editing

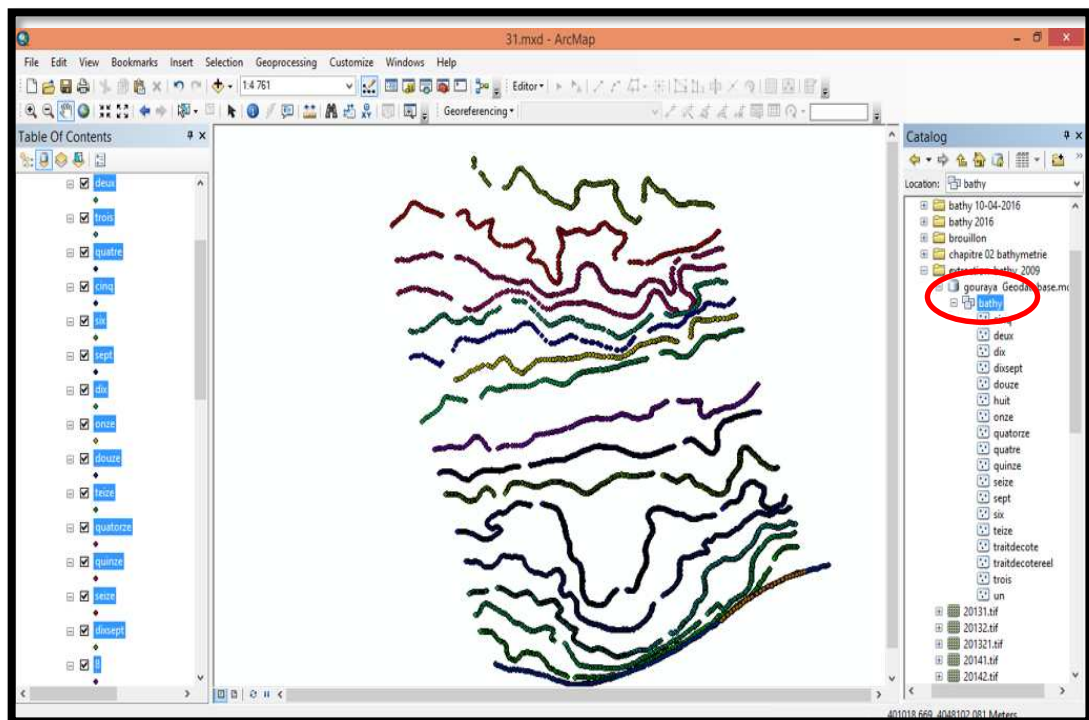


Figure n° II.03 : présentations des isobathes en points de la zone de bois sacré (2009) sur Arc Map 10.2

- Ensuite extraction des coordonnées géographiques (XY) en mètres

A partir de : **Arc Toolbox** ----> Data Management Tools ----> Features ----> **Add XY coordinates**

- Les coordonnées métriques seront affichées dans l'attribut Table pour chaque iso ligne

Ces données seront classées sur un classeur Excel en ajoutant la colonne des profondeurs pour chaque iso-ligne

- les données de XYZ seront intégrées aussi sur ARC MAP 10.2 pour afficher la bathymétrie

c- Exploitation des données obtenues :

Une fois préparées les données sur un fichier Excel (respecter les valeurs négatives pour la bathymétrie, ainsi que le format ; mettre des virgules non pas des points). Intégrer ces données par : Add DATA ----> en clic droit sur la table des données et utiliser display XY coordinate (le système de projection doit être défini par convention WGS 84 UTM 31).data export data

Ensuite interpoler les données irrégulières des points (X, Y, Z) afin de les ordonner, à partir de : **Arc Toolbox** ----> Spatial analyst Tools ----> Interpolation ----> IDW.

Une fois la carte en 2D est affichée on peut ajouter les contours des isobathes à partir de : **Arc Toolbox**----> Spatial analyst Tools ----> Surface ----> Contour.

Pour afficher la carte en 3D ont a suit les étapes suivantes :

- Sur Arc MAP 10.2 : Créer une couche TIN : **Arc Toolbox**----> 3D Analyst Tool ----> Conversion ----> From Raster ----> Raster to TIN
- Sur Arc Scène 10.2 : ouvrir la couche TIN créée auparavant et changer le facteur d'élévation pour l'afficher en 3D

1.1.2. Aperçue De La Carte Bathymétrique De L'avant-Projet :

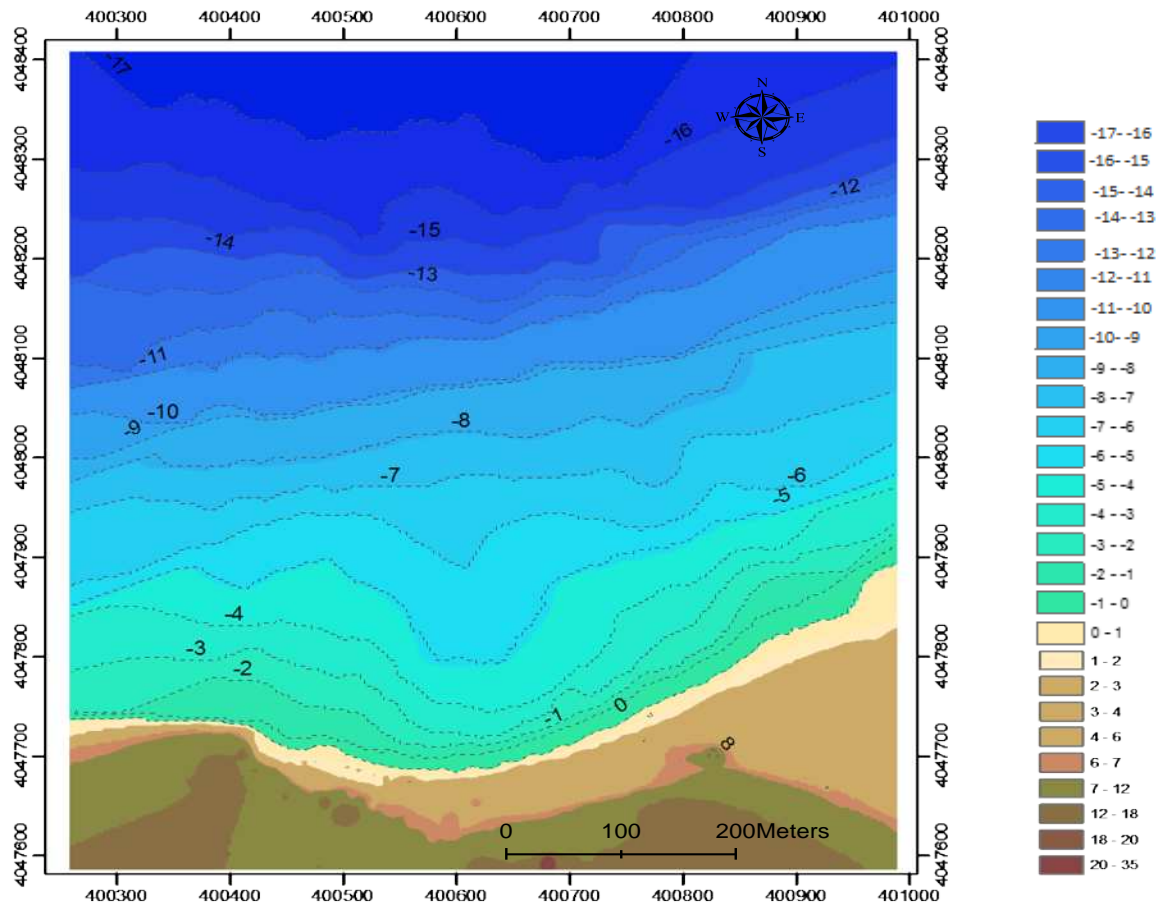


Figure n° II.04 : carte Bathymétrique (en 2D) de la plage de bois sacré. (LEM, 2009)

La carte bathymétrique montre des isobathes plus au moins régulières, espacées et parallèles à la côte.

Le site d'étude est caractérisé par une zone centrale bien distincte où les isobathes sont serrées à la côte, la pente est forte entre la côte et l'isobathe -4m, elle est de l'ordre de 10% suivi d'un replat entre l'isobathe -5 et -6m correspond à la fosse de lévigation. et un autre creux plongeant (fosse de lévigation) en -14m. La pente générale de la plage est de l'ordre de 2.7%.

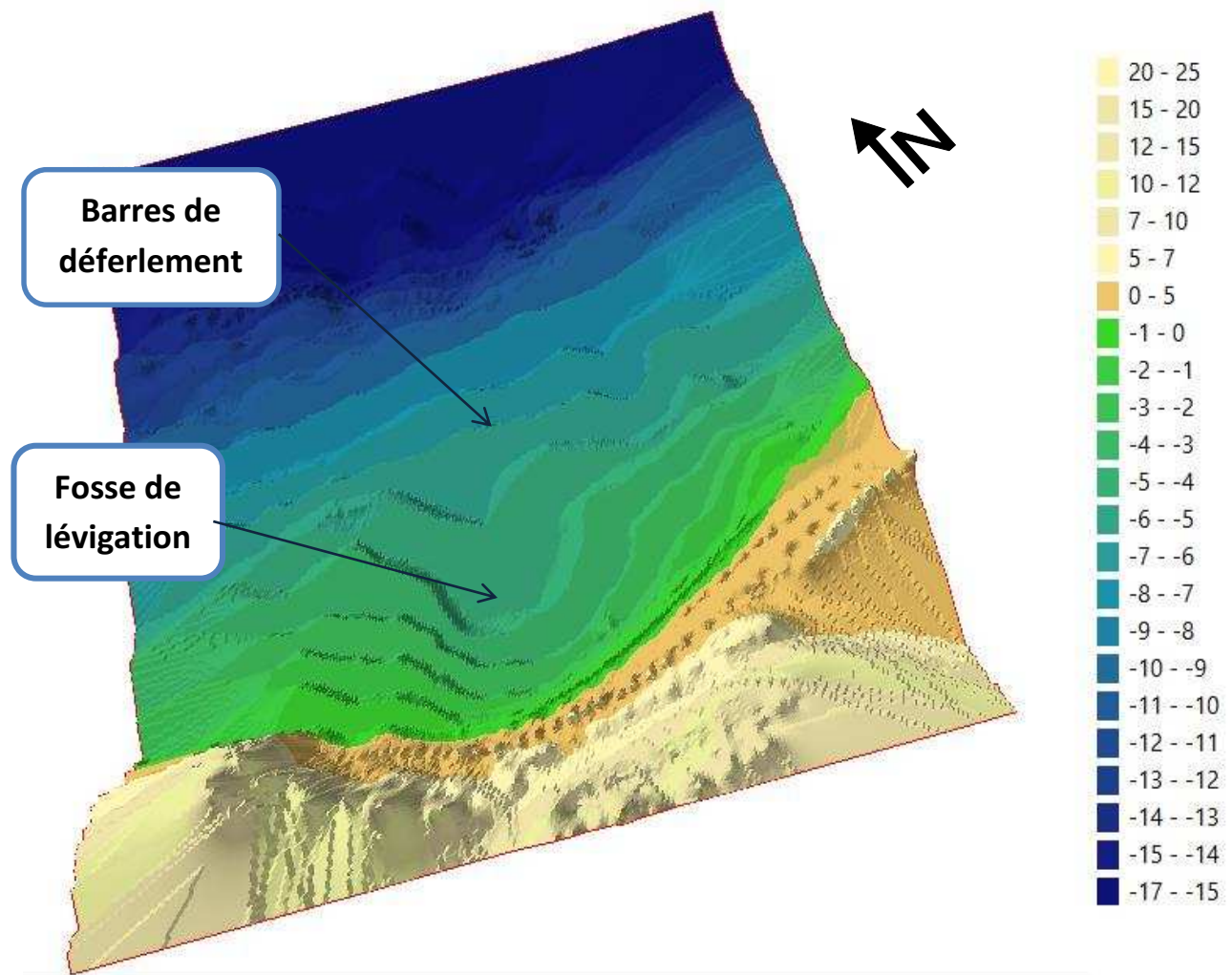


Figure n° II.05 : carte (en 3D) de la Bathymétrie de la plage de bois sacré (LEM, 2009)

1.2 Bathymétrie D'après l'implantation des ouvrages de protection (2016) :

Le levé bathymétrique consiste à déterminer les coordonnées tridimensionnelles des points du fond marin dans le système géodésique WGS84. 128 stations ont été choisies pour des mesures de profondeurs ainsi pour distinguer les reliefs sous-marines.

Les résultats obtenus lors de notre levé bathymétrique nous ont permis de réaliser une carte bathymétrique de la plage de Bois sacré à l'aide de logiciel Arc Gis 10.2.

1.2.1. Travail en mer :

Les travaux en mer ont été effectués le 05 et le 10 Avril 2016, A bord d'une embarcation (Figure n° II.06).

Les conditions météorologiques étant favorables ; le vent était faible, et la mer calme. Le nombre des stations mesurées est de 132 stations. (Voir ANNEXE II.1)



Figure n° II.06 : embarcation utilisées dans la sortie.

Les coordonnées géographiques des stations étaient déjà préparées avant la sortie et vérifiées et changées et enregistrées le jour de la sortie à l'aide d'un GPS.

Les mesures étaient faites avec une méthode classique c'est-à-dire à l'aide d'une chaîne métallique graduée rattachée à un poids pour avoir des mesures exactes.



Figure n° II.07 : Mesure des profondeurs par un filet métallique gradué

1.2.2. Exploitation des données obtenues

A l'aide d'Arc Map 10.2, On a digitalisé le trait de côte pour extraire les coordonnées des stations qui correspond à la profondeur 0, Les mesures obtenues sont représentées en tableau en ANNEXE II.1.

Le positionnement des points de prélèvement est affiché en **Figure n° II.08**.

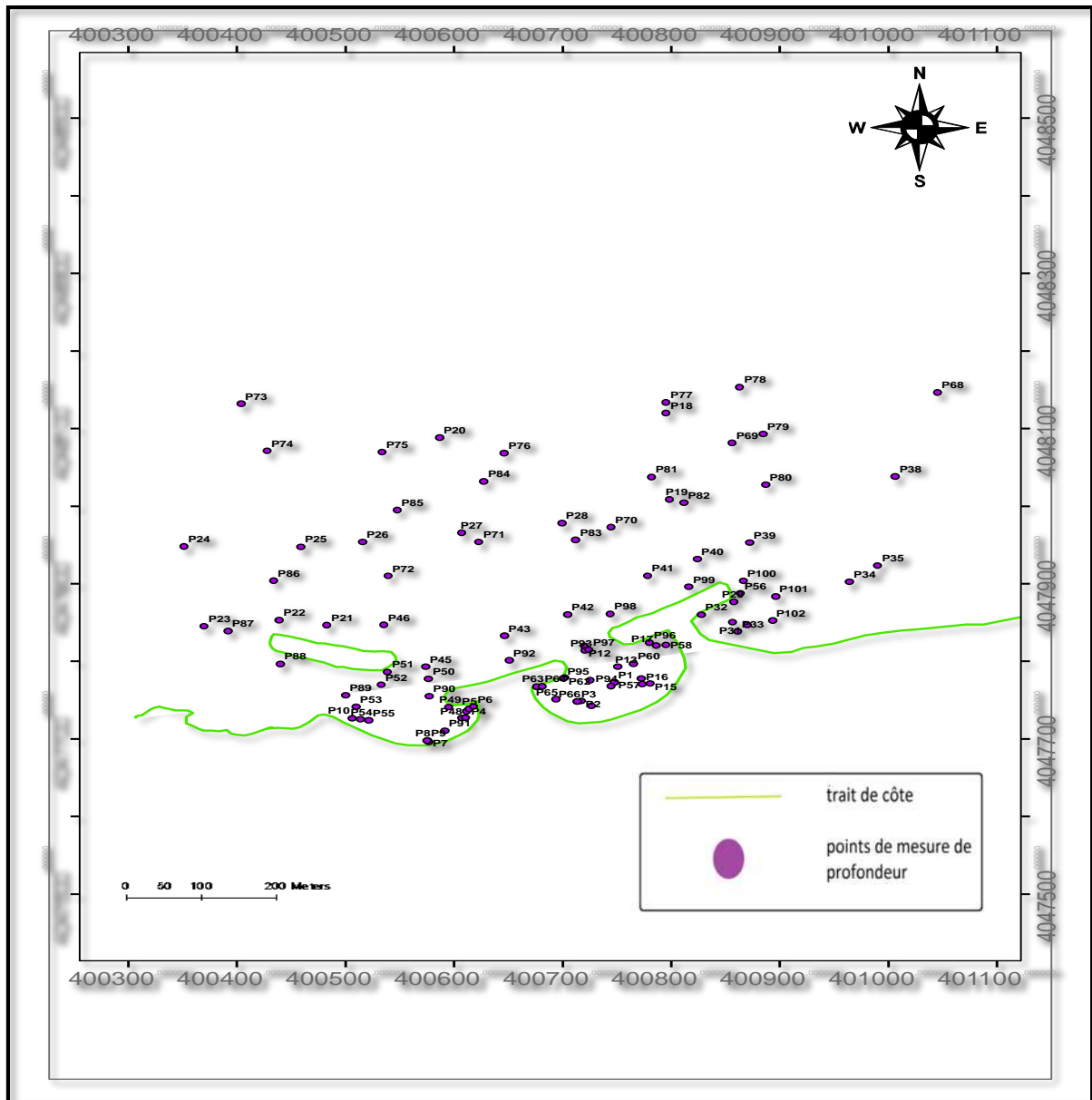


Figure n° II.08 : carte de points de prélèvements des mesures de la bathymétrie dans la plage de bois sacré, Gouraya,(OUDHA,2016)

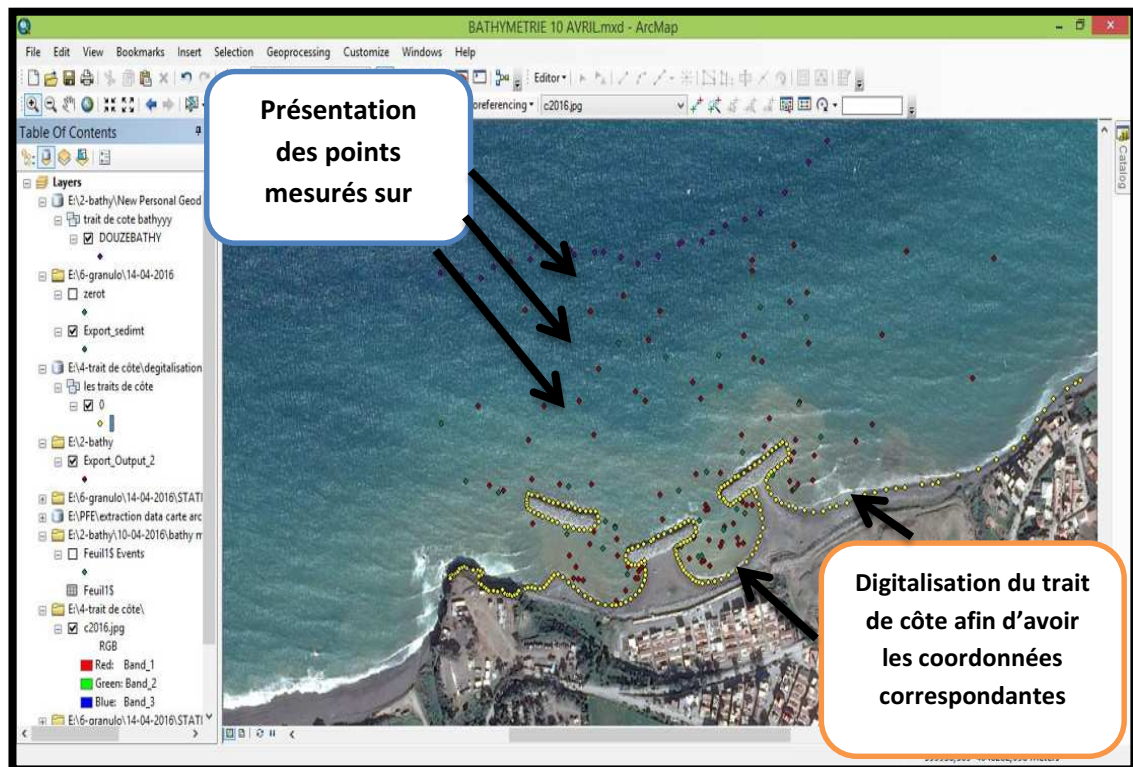


Figure n° II.09 : digitalisation du trait de côte et présentation des points mesurés sur terrain

- les coordonnées XY qui correspondent à la profondeur zéro ont été extraites à partir de **Arc Tool Box** => **Data Management Tools** => **Feature Add XY Coordinate**.
- Copier Les coordonnées précédentes de la table des attributs dans une feuille Excel ainsi que les mesures enregistrées par le GPS et les profondeurs mesurées correspondantes
- Convertir les coordonnées de degrés décimales vers des coordonnées métriques.
- Préparer les données bathymétriques dans une feuille d'Excel (respecter les valeurs négatives pour la bathymétrie, ainsi que le format; mettre des virgules non pas des points).

Avec les mêmes étapes décrites dans la partie précédente, on a pu établir la carte bathymétrique du site bois sacré de l'année 2016.

1.2.3. Aperçu De La Carte Bathymétrique De L'après-Projet de protection de la plage Bois Sacré :

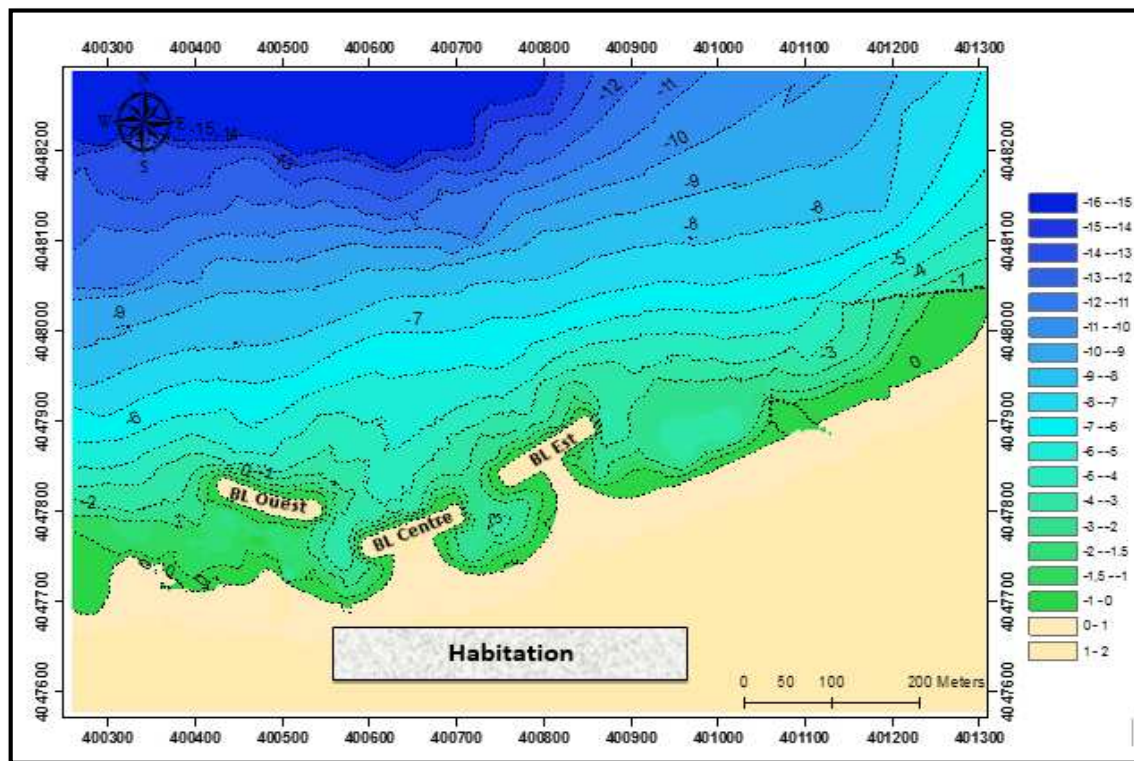


Figure n° II.10 : carte bathymétrique de la plage de bois sacré (OUDHA ,2016)

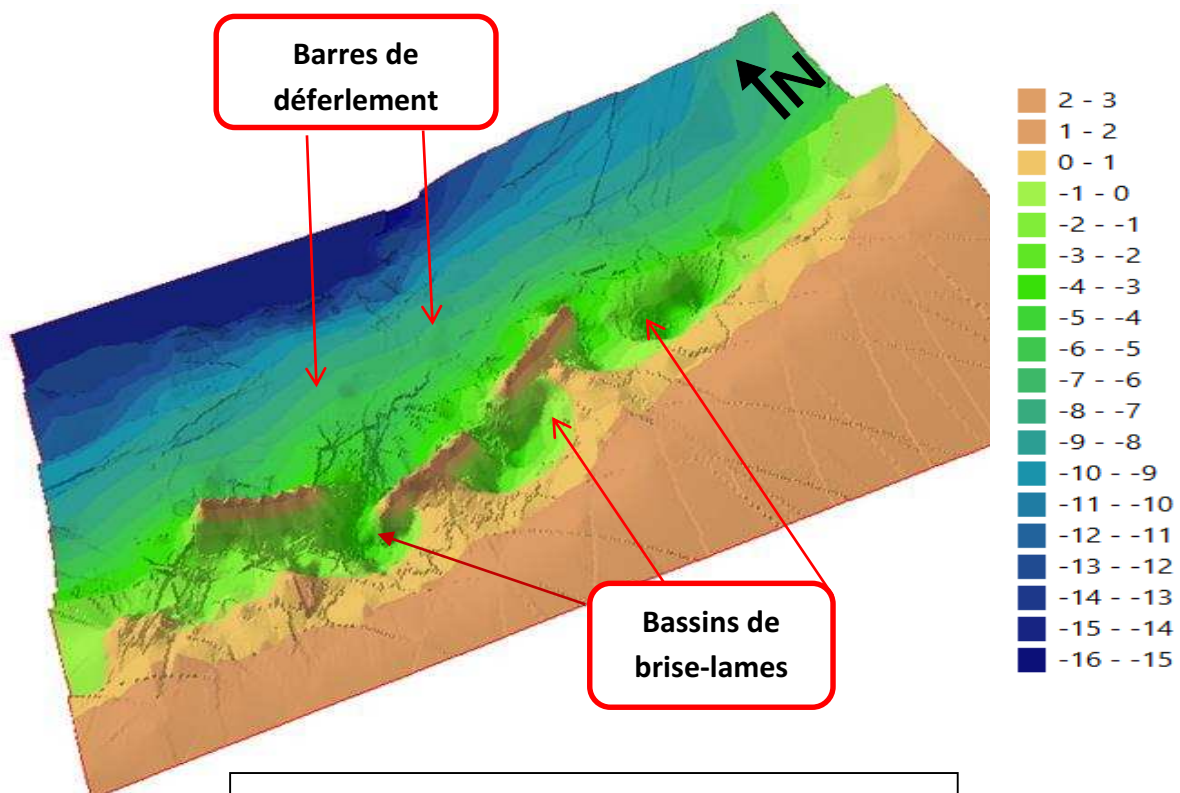


Figure n° II.11 : vue en 3D de la bathymétrie de la plage de bois sacré (OUDHA ,2016)

La bathymétrie montre des isobathes parallèles à la côte et très serrées et irrégulières au niveau des brises lames de l'isobathe 0 jusqu'à -4m avec l'existence des formes particulières : des bassins des brises lames comme le montrent les profils 3, 5 et 7. Ces bassins sont suivis avec une barre de déferlement à -6m. (Voir Figure n° II.11), ces isobathes s'élargissent au fur et à mesure que l'on avance vers le large, la pente générale de la plage est de 2.95%.

NB : la topographie représentée en 3D dans la carte bathymétrique en 2016 n'est pas réel exceptionnellement au niveau des brise-lames.

Profils bathymétriques : 7 profils sont tracés sur la carte bathymétrique afin d'étudier au mieux la morphologie sous-marine et comprendre l'évolution du fond.

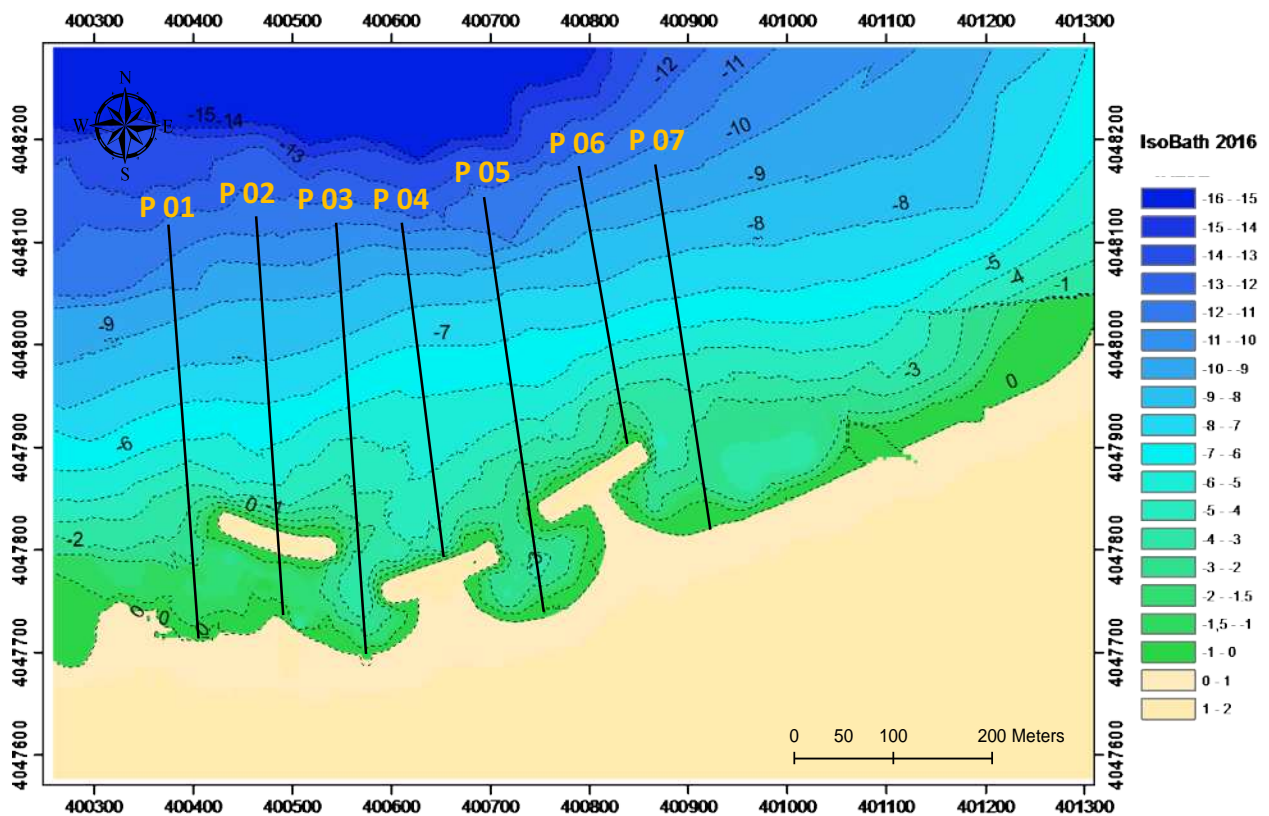


Figure n° II.12 : carte bathymétrique de la plage de bois sacré et les tracés de profils (OUDHA ,2016)

Profil 1 :

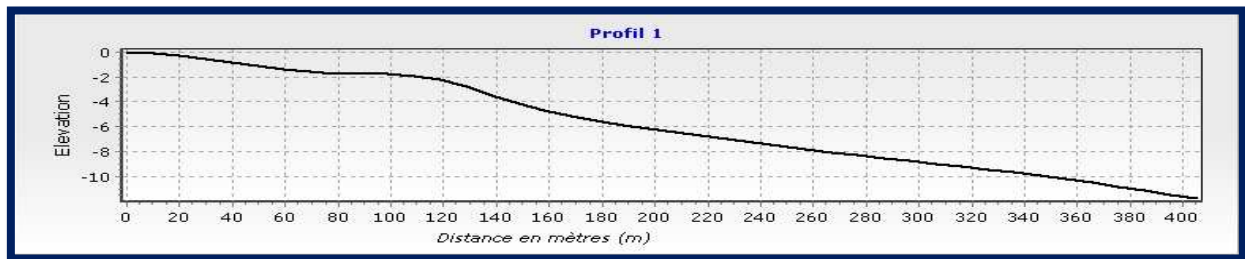


Figure n° II.13 : graphe du Profil bathymétrique 1

Le profil descend de la côte vers le large avec une pente douce de 1.16 % jusqu'à 80 mètres de distance avec -2 m de profondeur et commence à ce stabilisée (1.75%) avec une barre de déferlement au zones proche du brise-lame 3, et entame une deuxième descente dans une distance de 120 m de la côte à -2 m du fond et atteint -12 mètres à 400 m de distance, la pente est généralement comprise entre 1.16 et 2.96 %.

Profil 2 :

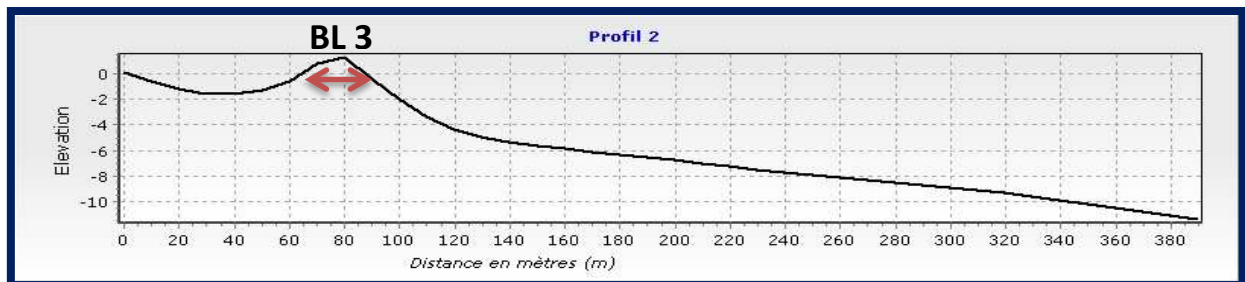


Figure n° II.14 : graph du Profil bathymétrique 2

Le profil descend avec une pente très douce qui atteint 1.5m à 20 m de distance de la côte et qui remonte en rapprochant de brise lame on observe une accumulation importante du sédiment qui favorise la formation d'un tombolo derrière le brise-lame puis entame une rupture abrupte de pente à 90 m de distance jusqu'à 120 m de distance à la côte avec -5m de profondeur, ensuite avance en pente modéré et atteint -12m de profondeur à 400 m de distance de la cote ,la pente générale de la plage est de 2.91 %.

Profil 3 :

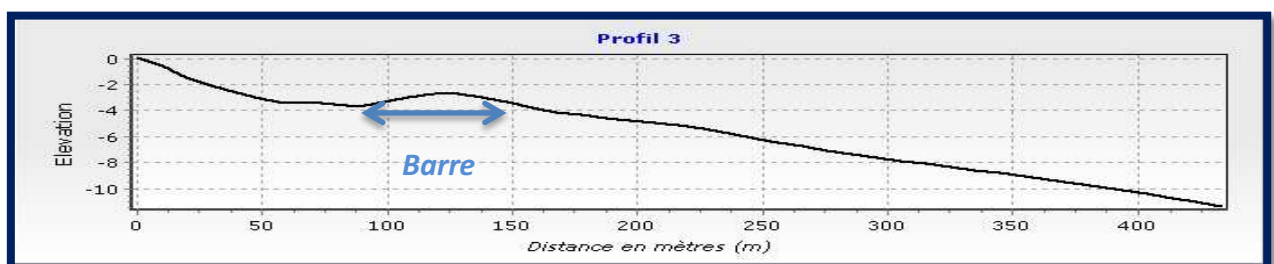


Figure n° II.15 : graph du Profil bathymétrique 3

Le profil descend avec une pente raide qui s'accroît à -3.4 m et se stabilise de 60 m à 88 m de distance de la côte, suivi d'une barre de déferlement à -5 m de profondeur et correspond à une distance de 130m de la côte puis entame une deuxième descente de pente modérée, et atteint -10 m à 400 m de distance de la côte, la pente générale est de 2.62%.

Profil 4 :

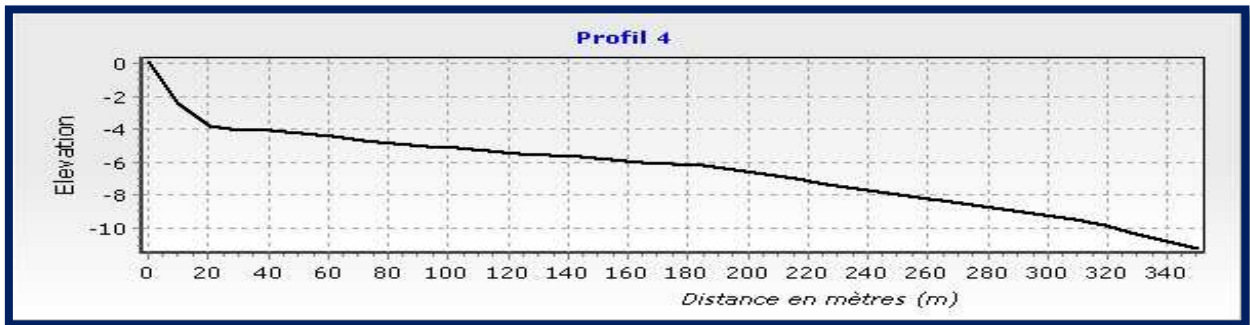


Figure n° II.16 : graph du Profil bathymétrique 4

Le profil descend de la côte vers le large avec une pente abrupte qui s'accroît à -3 m de profondeur correspond à une distance de 10 mètres puis avance en pente modérée jusqu'à -4 m de profondeur correspond à 20m de distance de la côte, puis avance en pente douce jusqu'à -6 m de fonds (180 m de distance) puis entame une deuxième rupture de pente jusqu'à -11m (distance de 340 m), la pente générale de la plage est de 3.21%.

Profil 5 :

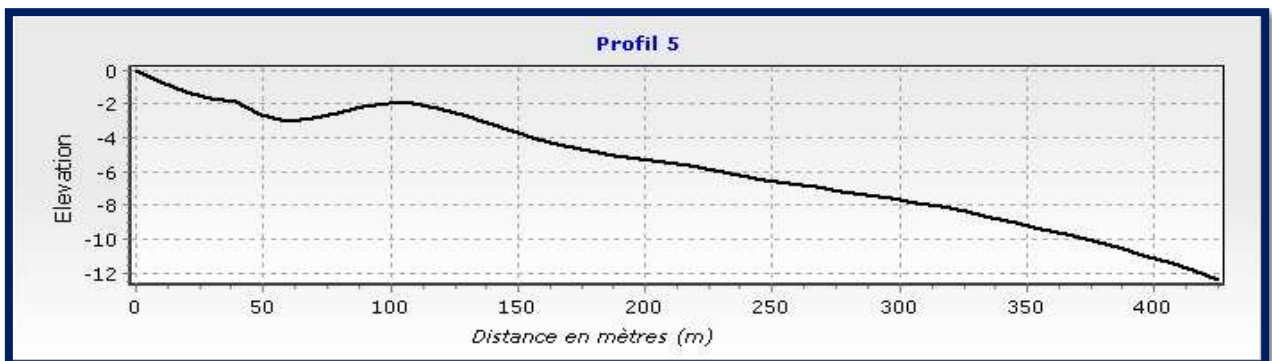


Figure n° II.17 : graph du Profil bathymétrique 5

Le profil descend de la cote vers le large avec une pente raide de -2m de profondeur à une distance de 30 m de la côte ou il s'accroît et entame une deuxième rupture ou existe une morphologie particulière un bassin atteints -3m de profondeur (à 60m de distance de la côte) ,suivi d'une barre de déferlement qui remonte à -2 de profondeur ,puis entame une rupture de pente modérée, la distance par rapport à la côte est de 400m à -11m de profondeur, la pente générale est de 2.92%.

Profil 6 :

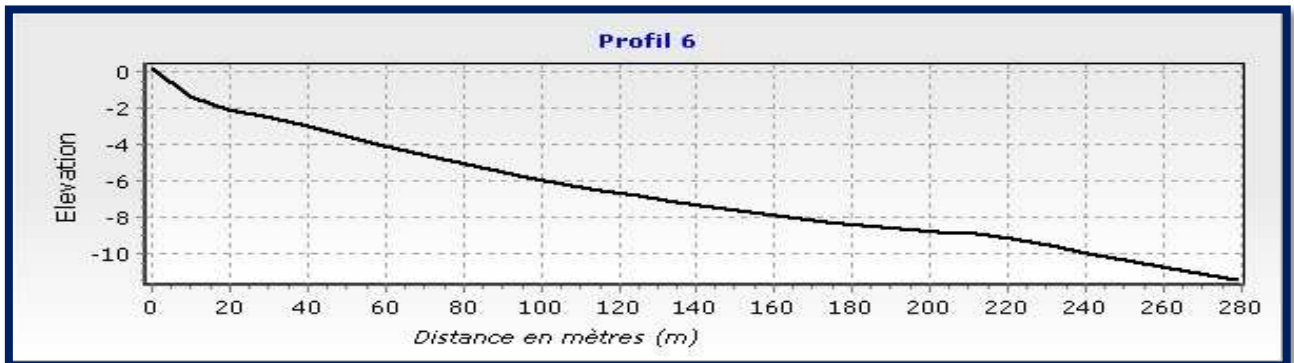


Figure n° II.18 : graph du Profil bathymétrique 6

Le profil descend de la côte vers le large avec une pente raide jusqu'à -1.8 m de profondeur (10 mètres de distance de la côte) puis entame une deuxième rupture de pente modéré jusqu'à -9 m de profondeur qui correspond à 190 m de distance et atteint -11 m à 280 mètres de distance à la côte, la pente générale est de 3.95%

Profil 7 :

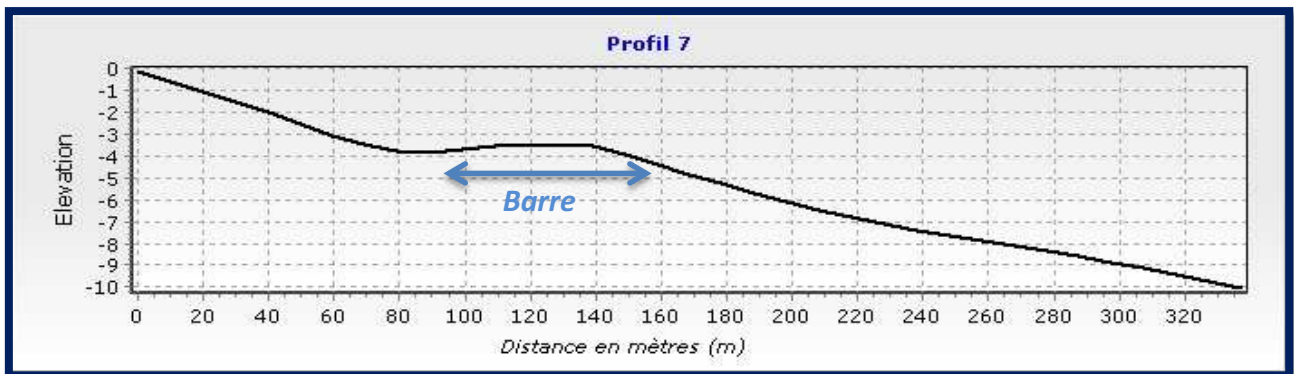


Figure n° II.19 : graph du Profil bathymétrique 7

Le profil descend avec une pente raide de la côte vers le large, et atteint -4 mètres de profondeur dans la zone proche du brise-lame à 79 m de distance de la côte, suivi d'une barre de déferlement à -3.3 m (à 110 de distance) qui se stabilise jusqu'à 140m de distance, ensuite entame une rupture de pente raide vers le large, la distance à la côte en -10m de profondeur est de 340 mètres

2. Impact des ouvrages de protection sur le fonds marin de la plage :

De points de vue morpho-sédimentaire les brises lames ont toujours des incidences bien positives que négatives. La plage de bois sacré est exposée au plusieurs facteurs agissent sur sa morphologie sous-marine, on peut citer le grand apport en sédiments terrigènes de l'oued située à l'Est de la plage

A côté de son exposition aux houles frontales qui entraînent des quantités de sédiments importantes .ces derniers seront piégées à l'ombre des brise-lames.

Pour étudier l'impact il est nécessaire de faire une étude comparative entre les reliefs morphologique de la plage avant et après l'implantation des brise-lames (**Figure n° II.20**) ou les isobathes représentées en bleu correspond à la bathymétrie actuelle de plage, par contre les isobathes représentées en tirets noire correspond à la bathymétrie en année 2009 avant la réalisation du projet de protection de la plage.

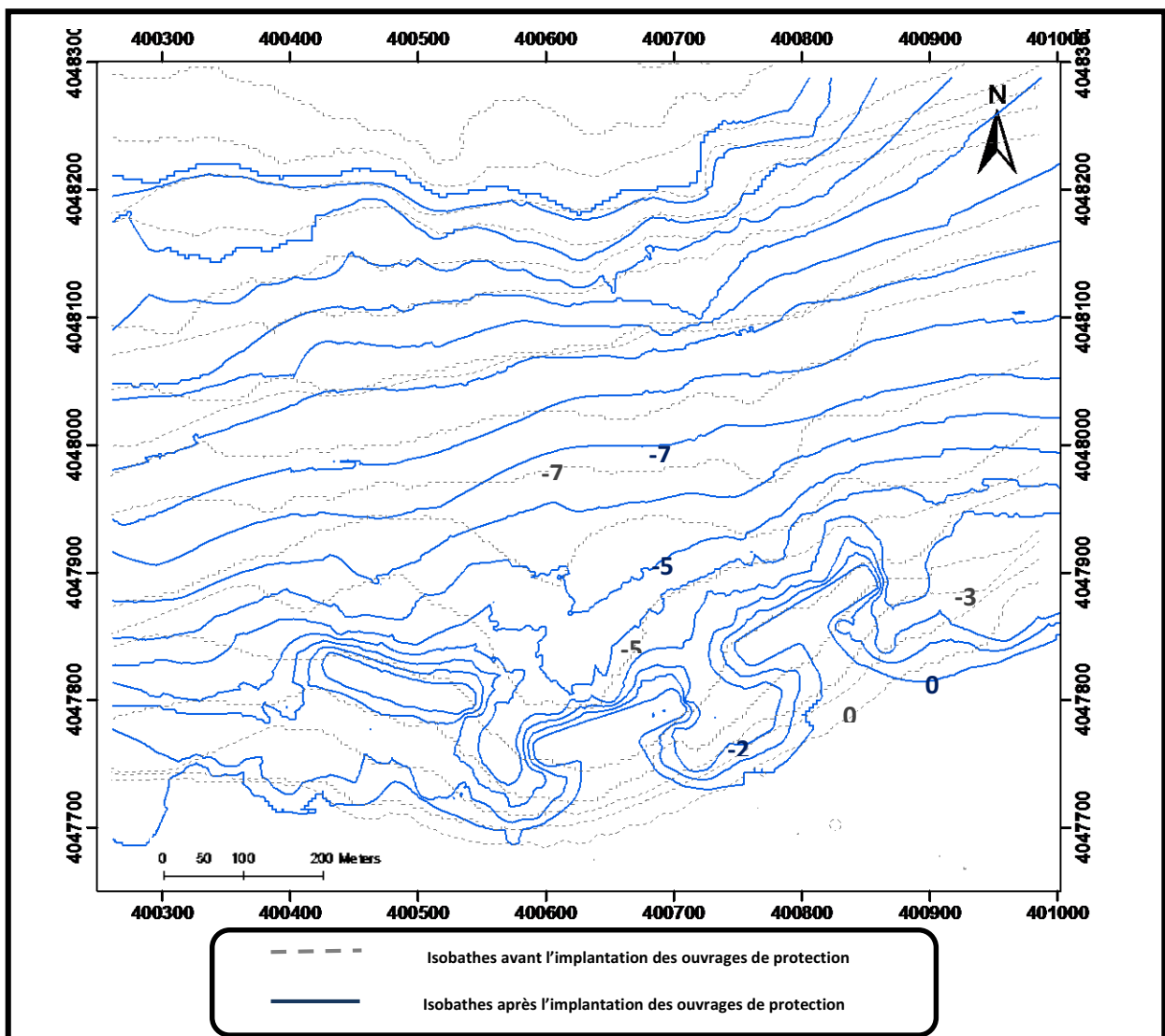


Figure n° II.20 : contours des isobathes superposées des années 2009 et 2016

A partir de la figure on constate un remodelage du fond marin liée aux directions des houles ce qui donne une frange côtière de forme en arc, où ont trouvé que les isobathes devenues très serrées autour des brises lames.

Ces ouvrages de protection permettent la fixation des fonds par arrêt des pertes de matériaux en limitant les mouvements de sédiments dans le profil, et par conséquent un soulèvement des fonds

La morphologie sous-marine connaît plusieurs accentuations : apparition des bassins au niveau de la zone de l'ombre entre le Brise-lame Ouest et le Brise-lame Centre, et très remarquée à l'extrémité Est du brise lame Est, où le fonds est creusé aux pieds des ouvrages à cause de forts affouillements aux extrémités des brises lames.

Une avancée perpendiculaire au rivage : l'existence des brises lames favorise une création d'un gradient longitudinale des hauteurs des houles formée représenté par la formation plusieurs barres de déferlement.

Un grand stock sédimentaire accumulée et par conséquent la zone devenue moins profonde où on remarque que les anciennes isobathes de -3 et -4 sont actuellement à 0 de profondeur et le fond à soulever dans les zone autour des brise-lames (-1 m et -2m de profondeur).et aussi la fosse de lévigation de -5 mètres (en 2009) devenue moins étroite.

3. Etude d'évolution du fonds par des profils bathymétriques :

Cette analyse nous a permis d'observer l'évolution des fonds au niveau du site d'étude et de faire ressortir de diverses information en traitant les profondeurs des années 2009 et 2016 avec le même positionnement du tracés de profils bathymétriques.(Voir Annexe II.2)

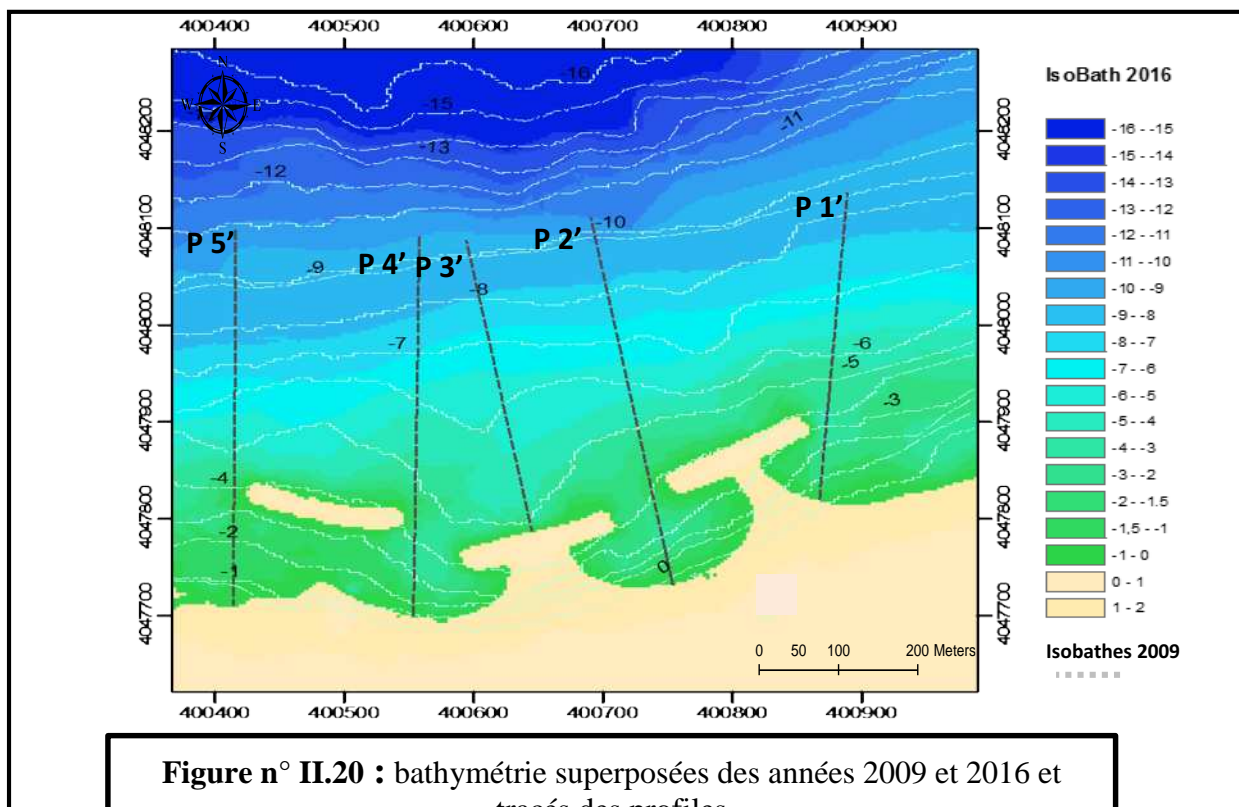


Figure n° II.20 : bathymétrie superposées des années 2009 et 2016 et tracés des profils

Profil 1' :

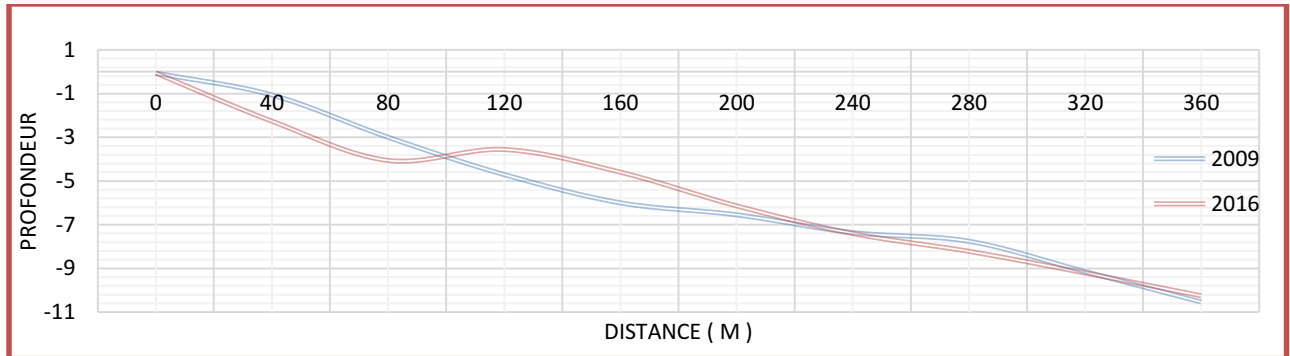


Figure n° II.21 : graph du Profil bathymétrique 1'

Le profil de l'année 2009 descend avec une pente modérée de la côte vers le large et reconstruit un enfoncement du fond et formation d'un bassin à l'ombre de brise-lame remarquée après la construction de brises lame EST, il atteint une profondeur maximale de -4 mètres (correspond à 80 m de distance de la côte), il se poursuit avec une barre de déferlement en -3.3 mètres où les sédiments viennent de s'accumuler à ce niveau (à 120m de distance de la côte) et fait disparaître la fosse de lévigation qui s'étala de 100m à 220 m de distance de la côte avec une profondeur de -6m, l'élévation du fond à ce niveau est de 2 mètres.

Profil 2' :

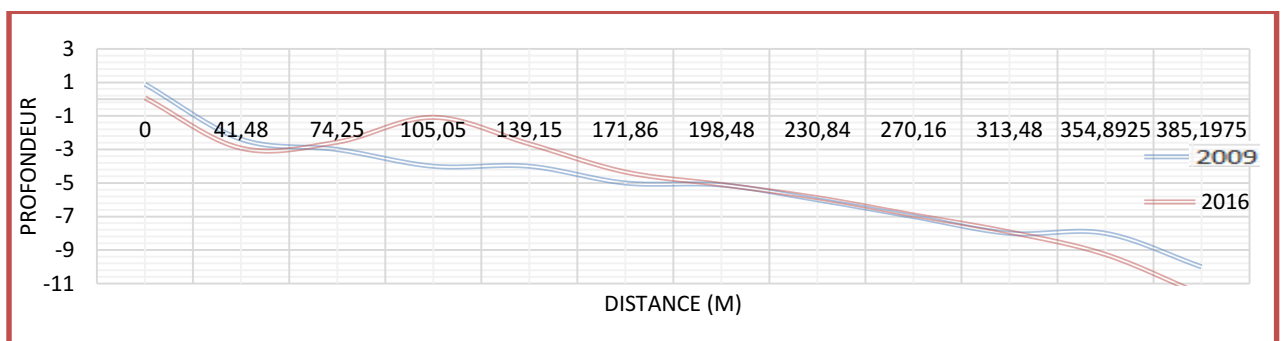


Figure n° II.22 : graph du Profil bathymétrique 2'

On observe un soulèvement du fond tout le long des 42 premières mètres, un bassin à l'ombre de brise-lame s'est formé à ce niveau (-3 m de profondeur à 42m de distance de la côte), poursuit avec un soulèvement du fond dans la zone confinée entre le brise-lame CENTRE et EST où le fond marin s'est élevé de 3 mètres à celui de l'avant implantation des brises-lames, ensuite entame une deuxième descente de profils, à partir de 198 mètres de distance de la côte on observe une quasi similitude des fonds.

Profil 3' :

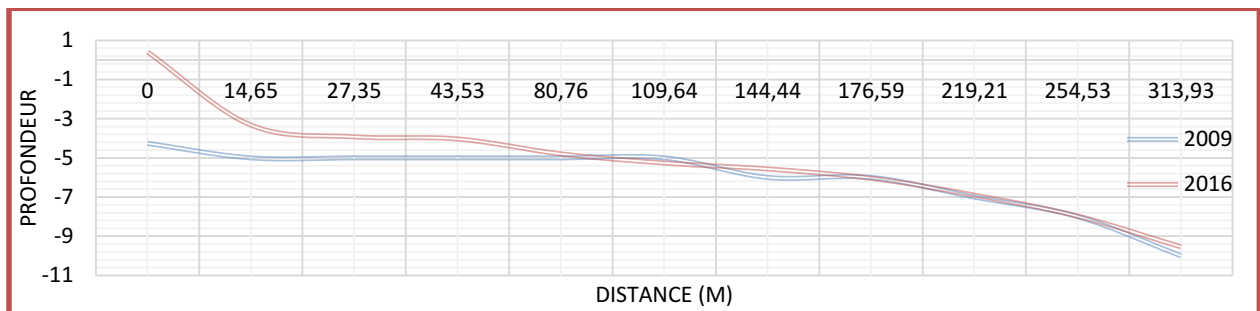


Figure n° II.23 : graph du Profil bathymétrique 3'

Le profil est tracé à partir de brise lame centre dont sa position actuelle correspond à 2 mètres à 0 mètres (2 mètres est la hauteur de brise-lame), sa position correspondait auparavant (en 2009) à la profondeur -4 mètres, le soulèvement du fond est évalué de 4 mètres à 0m de distance de la côte et 1.5m à 15.65 mètres de distance, et 1 mètre à 27.35m de distance de la côte, à partir de cette distance on aperçoit pas de modification de fond marin dans la période qui s'étale de 2009 à 2016.

Profil 4' :

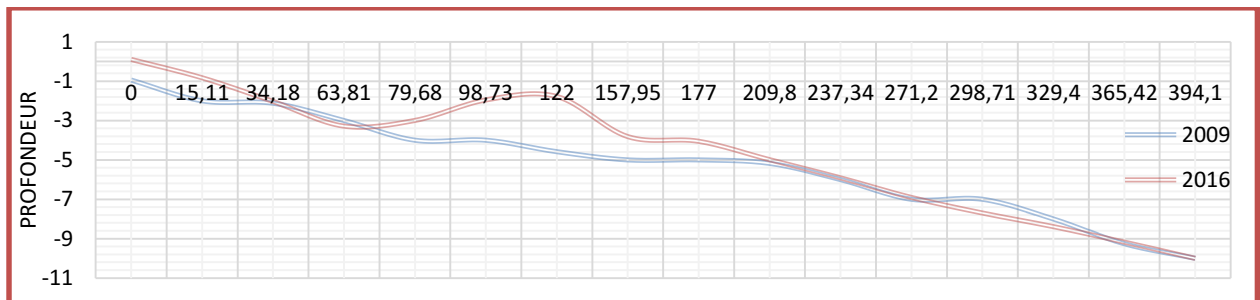


Figure n° II.24 : graph du Profil bathymétrique 4'

On observe une remodelation du fonds dont la pente était douce en revanche actuellement le fonds marin est devenue très accentuée, le fond (à niveau zéro) a soulevé de 1 mètre de celui d'avant construction du brise lames Centre et Ouest, un bassin entre ces deux derniers brise-lames s'est formé à 63 mètres de distance de la côte et atteint -3 m de profondeur, et poursuit d'un soulèvement du fonds de 2.5 mètres.

Profil 5' :

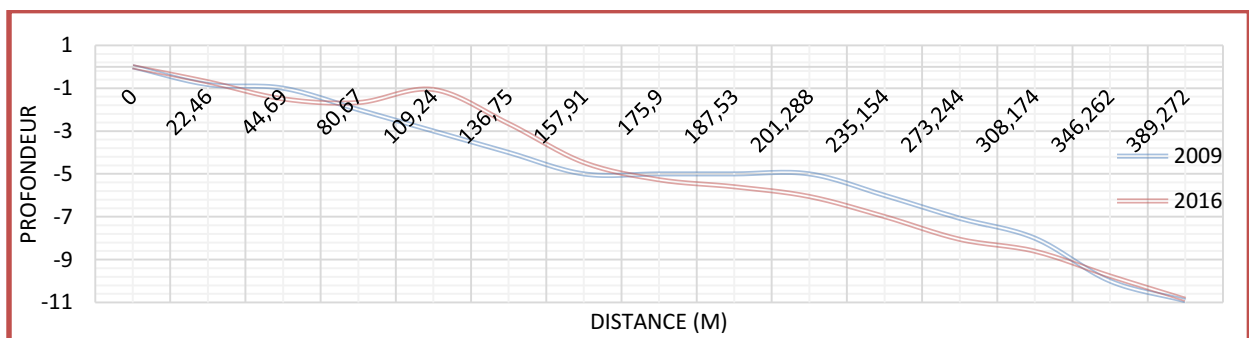


Figure n° II.25 : graph du Profil bathymétrique 5'

Les profils descendent de la cote avec une pente modéré , aucun modification de fond n'a été observée le long des premières 45 mètres, un bassin de brise-lame est formée et atteint -2 mètres de profondeur (distance de 60m) ensuite formation d'une barre de déferlement (-1 m de profondeur à 109 mètres de distance),à ce niveau le fond s'est diminuer de 2 mètres, ensuite un enfoncement de 1 mètres de profondeur s'étale de 175 m à 345 mètres de distance.

Conclusion

Au terme de ce chapitre, consacré à l'étude bathymétrique et morphologie sous-marine de la plage de bois sacré , nous pouvons retenir ce qui suit :

- La topographie sous-marine de cette zone est très accentuée, et descend en pente forte vers le large.
- La cartographie des bathymétries de différentes périodes permet d'évaluer l'impact des ouvrages de protection sur les reliefs sous-marins.
- On constate une efficacité locale de projet de protection du site Bois Sacré, le soulèvement du fonds et l'atténuation d'énergie de la houle par déferlement des vagues a créé une zone calme et abritée.



Chapitre III :

Etude Granulo-Sédimentaire



Introduction

L'environnement côtier est gouverné par des facteurs hydrodynamiques ; une étude de la répartition spatiale des dépôts sédimentaires, pélites et grains moyens sont exposés dans ce chapitre. Enfin, nous concluons par l'analyse de la dynamique sédimentaire.

La connaissance de la nature des sédiments superficiels est un élément indispensable à une bonne gestion du domaine côtier, elle aide à prédire l'évolution future de la côte proche (**HEQUETTE et al, 2008 in LAYOUNE et al, 2011**) car les sédiments de la plate-forme participent au budget général du domaine marin incluant le trait de côte. La taille des particules est la propriété la plus fondamentale des sédiments qui les soumettent aux phénomènes d'érosion, de transport et de dépôt (**CORDIER, 2007**) et reflète globalement l'énergie du milieu dans lequel il se trouve (**TRENTESAUX, 2005**)

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

1. Prélèvement des sédiments

Pour une étude sédimentologique 28 échantillons ont été prélevés dans la couche superficielle sur une distance de 300 mètres à la côte et jusqu'à -9m de profondeur mètres au maximum, à l'aide d'une benne preneuse de type Van Veen, et on a mesuré la profondeur de 28 stations. Le positionnement des stations de prélèvement a été effectué à l'aide d'un G.P.S (Voir Annexe N°III 1)



Figure n° III.01 : localisation des stations de prélèvements des sédiments de la plage bois sacré

1.1 Déroulement de la sortie :

Les travaux en mer ont été effectués le 10 Avril 2016, les conditions météorologiques étant favorables ; le vent était faible, et la mer calme. A bord d'une embarcation, le matériel et les outils nécessaires pour le déroulement des opérations, embarqués sont :

- Une benne preneuse de type Van Veen. (**Figure n° III.02**)
- Fil gradué, destiné à relever la profondeur à chaque station.
- Sachets en plastiques prévus pour contenir les échantillons de sédiment prélevés, étiquetés
- Un appareil G.P.S



Figure n° III.02 : Prélèvement des sédiments à l'aide d'une benne de type Van Veen

2. Méthodes d'Analyse au Laboratoire :

Les échantillons prélevés sont ramenées au laboratoire de géologie et aménagement au sein de l'ENSSMAL, traitées et classées dans des boîtes de pétries libellées, sur lesquelles, on utilisera pour chaque analyse, la quantité de sédiments nécessaires. (**Figure n° III.03**)

2.1. L'étude Granulométrique :

La granulométrie consiste à évaluer le pourcentage de la masse totale correspondant à la dimension de particules (**Rivière., 1977**).

L'analyse granulométrique des sédiments meubles a pour but de connaître la répartition quantitative pour chaque classe dimensionnelle des particules élémentaires constituant l'échantillon.

2.2 Principe de la méthode

Ce procédé consiste à passer l'échantillon par une série de tamis de mailles décroissantes et de récolter ensuite le poids partiel de chaque quantité dans le tamis et le peser.

Cependant, il existe de très nombreuses normes de tamisage, dans lesquelles les mailles varient selon une progression géométrique décroissante permettant un espacement régulier des abscisses dans l'échelle logarithmique, ainsi qu'une représentation étendue sur un graphique.

Pour l'opération de tamisage, nous avons utilisé une série de tamis dont l'écartement des tailles se fait selon la norme AFNOR. L'ordre des tamis par ordre de diamètre décroissant est le suivant : 2000 μm , 1600 μm , 1400 μm , 1000 μm , 800 μm , 630 μm , 500 μm , 400 μm , 315 μm , 250 μm , 200 μm , 180 μm , 160 μm , 140 μm , 125 μm , 100 μm , 80 μm , 63 μm , 50 μm et 40 μm .

2.3. Mode opératoire

Cette phase conduit à l'évaluation en pourcentage de chaque dimension de particule a la masse totale du sédiment. Pour chaque échantillon, on procède de la manière suivante :

- Une fois arrivés au laboratoire, les échantillons sont disposés sur la paillasse selon leur ordre de prélèvement. Puis nous passons à la préparation et à l'étiquetage des boîtes de Pétri, où seront verser les 200 g de sédiment. Ensuite placer tous les échantillons à l'étuve pour un premier séchage pendant 24 h à une température de 105°C.
- Une fois les 24 h sont passées, nous prélevons de chaque échantillon une quantité de 180 g, ensuite nous les faisons passer sous un filet d'eau à l'aide d'un tamis de 50 μm . Le but de cette opération est de débarrasser le sédiment des pélites.

Les échantillons remis dans les boites de Pétri subiront un autre séchage a l'étuve pendant 24 h à 1 05 °C.

- Après ce deuxième séchage, chaque échantillon est pesé, la différence par rapport au poids initial représente la quantité des fractions pélitiques.
- La seconde étape de l'analyse granulométrique est le tamisage. Cette opération s'est faite à l'aide d'une table vibrante sur laquelle nous disposons la colonne de tamis, dans un ordre décroissant, mais la série de tamis est divisée en deux colonnes vue que la capacité de la tamiseuse est limitée. On utilise un fond étanche à la base de la colonne pour récupérer le refus. La durée d'un tamisage est de 10 minutes pour une fréquence de 100 Hz.
- Nous arrivons à présent à la dernière du tamisage, le sédiment être trié selon la taille des grains qui le compose. Ainsi chaque refus de tamis est alors versé délicatement dans une boîte de Pétri pour la pesée a l'aide d'une balance de précision. Un grand soin doit être apporté lorsque l'on enlève les derniers grains qui restent dans le tamis. On utilise généralement un pinceau.



Figure n° III.03: échantillons prélevés étiquetés et mise en boîte de pétries.

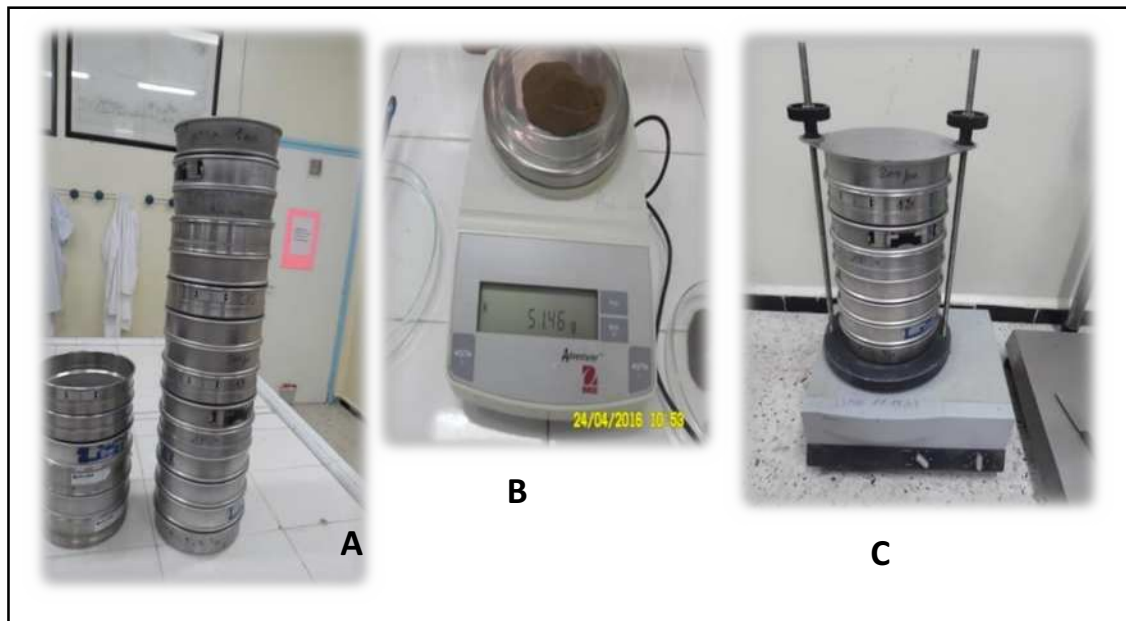


Figure n° III.04 : Matériels utilisés en analyse granulométrique :
A : série AFNOR, B : Balance de précision, C : Tamiseuse

Les résultats obtenus sont représentés en tableau, ou il est affiché pour chaque échantillon les pesées de refus partiels et le diamètre de mailles du tamis qui le correspond (Voir Annexe n° III.2)

2.4. Les paramètres et indices granulométriques

C'est la phase d'interprétation des résultats obtenus. Pour cela, on a procédé de la manière suivante :

- Traitement des résultats sous formes de fiches granulométriques ;
- Représentations graphiques en courbes cumulative ;
- Exploitation des résultats pour la répartition des cartes des différents indices et paramètres granulométriques

2.4.1. Les paramètres de position

Les paramètres de positions sont extraits à partir de la courbe de fréquence cumulative (en ordonnée échelle arithmétique : le pourcentage des tamis cumulés, en abscisse échelle logarithmique : les diamètres des tamis), permettent de calculer les différents indices granulométriques.

a. Les quantiles

Q₂₅ : Correspond au diamètre du grain représentant 25% en poids du sédiment, c'est le premier quartile.

D₅₀ : La médiane : C'est l'indice absolu (Rivière., 1977), correspond au diamètre du grain moyen dont l'ordonnée est à 50 % du poids total du sédiment, elle est déduite à partir de la courbe cumulative. (**Tableau n° III.01**)

Q₇₅ : Correspond au diamètre du grain représentant 75% en poids du sédiment, c'est le second quartile.

D₁₀ : diamètre du grain à l'ordonnée 10%, premier décile.

D₉₀ : diamètre du grain à l'ordonnée 90%, second décile.

Tableau n° III.01 : Classification des grains de sable (Folk et Ward., 1957)

Diamètre du grain	Classification
< 10 µm	Sable très fin
10-150 µm	Sable fin
150-250 µm	Sable moyen
250-500 µm	Sable grossier
>500 µm	Sable très grossier

b. Le mode granulométrique

Le mode granulométrique (Mo) correspond à la dimension la plus significative de la distribution granulométrique, c'est-à-dire la dimension la plus représentative des grains d'un sédiment.

2.4.2. Les Indices granulométriques :

Les indices granulométriques sont calculés à partir des paramètres granulométriques tirés de la représentation graphique. Ces paramètres granulométriques sont lus directement sur les courbes cumulatives. Ce sont les valeurs de la taille qui correspondent à chaque pourcentage. Ces paramètres, donnés en millimètres ou en micromètres sont ensuite transformés en unité de phi (Φ). Avec : $\Phi = -\log_2 D$.

2.4.2.1. Indice central (TRASK & WARD, 1954) :

C'est de positionner globalement l'échantillon sur l'échelle des dimensions des sédiments. Il traduit la puissance moyenne des paléo-écoulements (LOSSON et CORBONNOIS, 2006).

$Mz = (\Phi_{16} + \Phi_{50} + \Phi_{84}) / 3$ taille moyenne

Tableau n° III.02 : Les valeurs adoptées pour Mz pour l'Indice central

Valeur de MZ	Taille moyenne
MZ < -6	Galet
-6 < MZ < -2	Granule
-2 < MZ < -1	Sable très grossier
-1 < MZ < 0	Sable grossier
0 < MZ < 1	Sable moyen
1 < MZ < 2	Sable fin
2 < MZ < 3	Sable très fin
3 < MZ < 3.98	Vase

2.4.2.2. Les indices de dispersion ou de classement

Ils donnent une idée sur l'étalement de la courbe au tour de son grain moyen, et nous Renseignent sur le degré de classement du sédiment.

- Le storting de Trasck : $S_0 = (Q_{75} / Q_{25})^{1/2}$
- Folk et Ward : $\phi = [(\phi_{84} - \phi_{16}) / 4] + [(\phi_{95} - \phi_5) / 6,6]$

Tableau n° III.03 : Les valeurs adoptées de S₀ pour le classement

Les valeurs de S ₀	Le classement
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

2.4.2.3. Les coefficients d'asymétrie

Il permet d'évaluer la tendance des sédiments vers le grossier, ou vers le fins. Plus le coefficient est loin de l'unité, plus le mode est loin du diamètre moyen. Ainsi, l'asymétrie reflète le milieu de dépôt que les conditions de transport.

Graphiquement, le Skewness exprime la partie bombée de la courbe qui suivant la position nous donne la valeur positive ou négative.

- Le Skewness de Trasck : $Sk = (Q_{25} * Q_{75}) / (D_{50})^2$
- Folk et Ward : $Sk = ((\phi_{16} + \phi_{84} - 2\phi_{50}) / 2 (\phi_{84} + \phi_{16})) + ((\phi_5 + \phi_{95} - 2\phi_{50}) / 2 (\phi_{95} + \phi_5))$

Tableau n° III.04 : Les valeurs adoptées de Sk pour l'asymétrie.

La valeur de Sk	L'asymétrie
$Sk < 1$	Classement maximum vers les fines
$Sk = 1$	La symétrie est parfaite
$Sk > 1$	Classement maximum vers les grossiers

3. Résultat et discussion :

La cartographie de la distribution spatiale des paramètres granulométriques peut fournir des informations sur la provenance des sédiments et les conditions de dépôt (**FRIEDMAN, 1979 ; BUI et al, 1990 in CORDIER, 2007**).

Les prélèvements superficiels réalisés dans la plage de bois sacré, ont permis de connaître la couverture sédimentaire des fonds marins.

3.1. Analyse de la fraction fine :

La carte d'isopélites de la plage sous-marine de bois sacré montre une répartition spatiale très faible dans la zone rocheuse : entre la falaise et le brise-lame Ouest (moins de 1%) et commence à augmenter dans une direction OUEST-EST qui expliquent la direction de houle dominante avec présence d'un faciès de faible teneur entre brise-lames Centre et Ouest, Au large les teneurs sont de 1.9% à 2.6% découpées par des teneurs en pélites de 4% à 8%

En observant la répartition de cette dernière faciès on constate qu'elle est d'origine terrigène d'embouchure d'oued de la plage bois sacrés ou la plus grande teneur en pélites dans la plage est observées en sédiments pièges derrière le brise-lame Est (35% correspond à la station 9) voir **Annexe III.1**

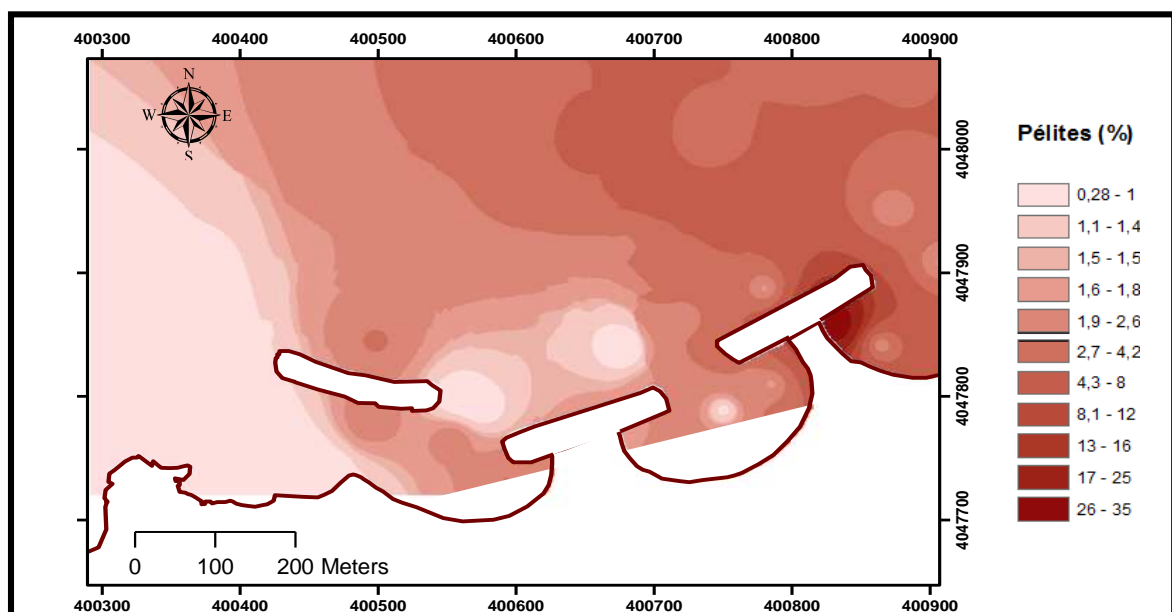


Figure n° III.05 : Carte de la répartition des pélites dans la Plage Bois Sacré

3.2. Analyse de la fraction grossière

3.2.1. Les courbes granulométriques

- Aspect général des courbes cumulatives

Le refus de chaque tamis est pesé puis transformé en pourcentage cumulé, les résultats de ces analyses ont été présentés sous forme des courbes cumulatives réalisées sur papier semi-logarithmique à l'aide d'un logiciel (MATLAB). En abscisses logarithmique, le diamètre des différentes fractions du sédiment, et en ordonnée, les pourcentages cumulés inférieurs à une taille donnée.

Les courbes cumulatives permettant de comparer les résultats des analyses des différents échantillons et de calculer les indices granulométriques. (**Voir Annexe III.3**).

- Courbes uni modales

Indiquent la présence d'un seul stock sédimentaire, représenté par un seul mode granulométrique.

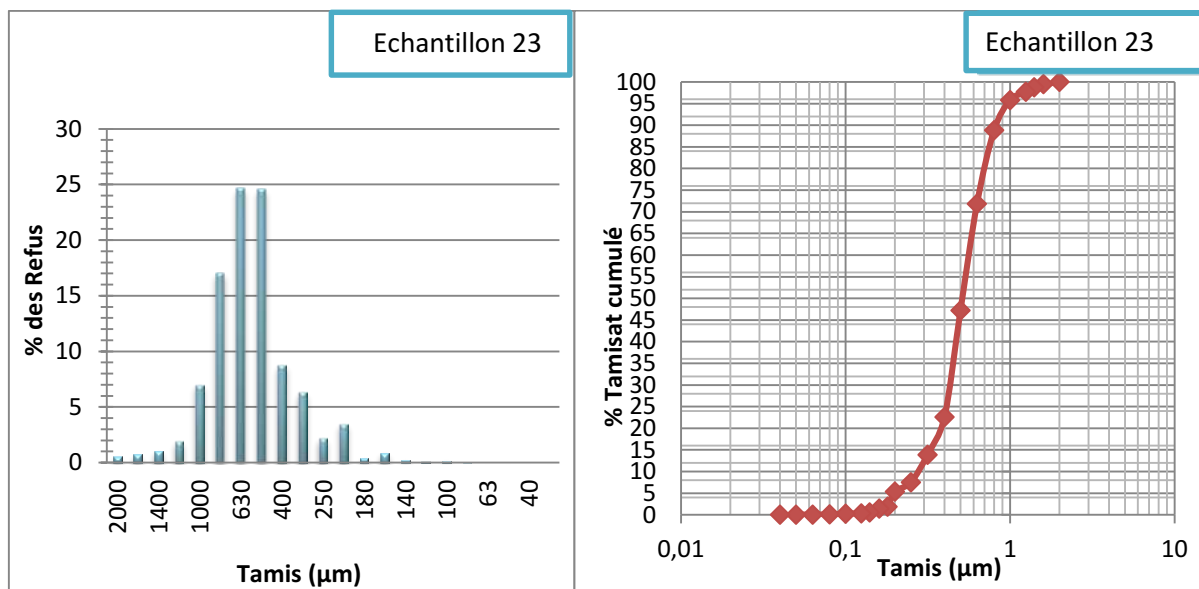


Figure n° III.06 : Histogramme de uni modale

Figure n° III.07 : Courbe granulométrique fréquences uni modale

- Courbes bimodales :

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

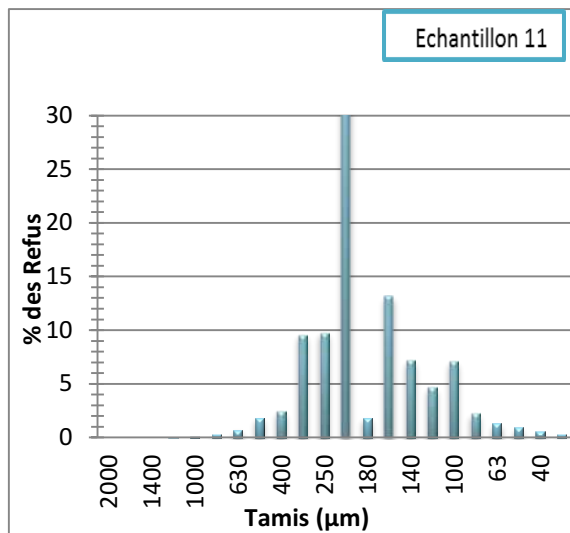


Figure n° III.08 : Histogramme de fréquences bimodale

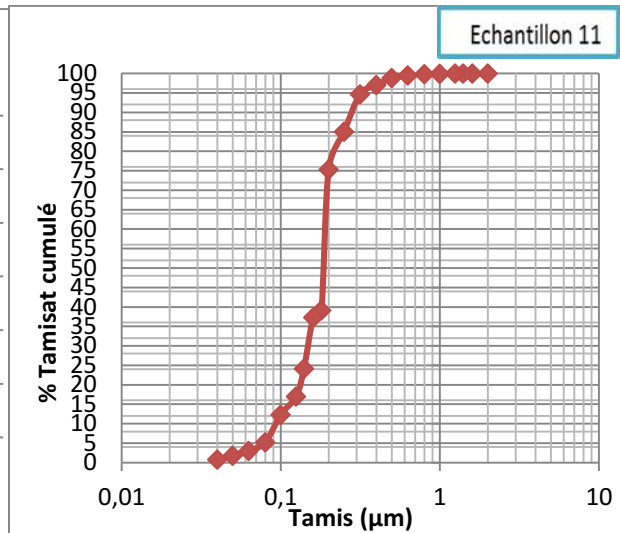


Figure n° III.09 : Courbe granulométrique fréquences bi modale

- Courbes plurimodales :

Elles rendent compte de la présence de plusieurs stocks sédimentaires au sein d'une même population dynamique. Elles sont surtout représentatives du sédiment grossier. Ces courbes sont marquées par la présence de plusieurs modes granulométrique.

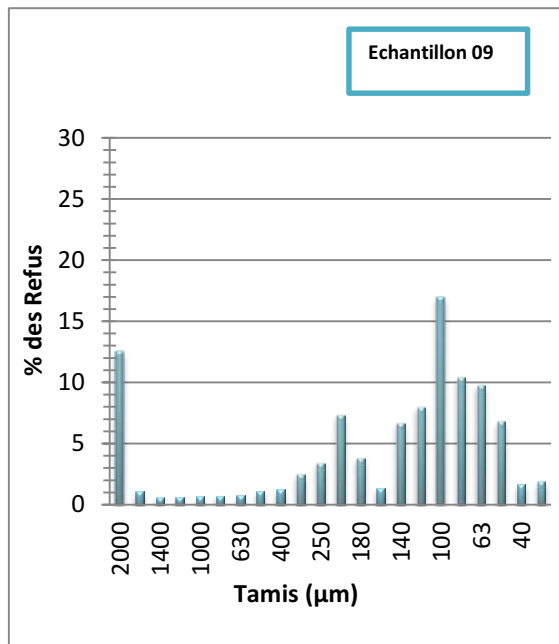


Figure n° III.10 : Histogramme de fréquences plurimodale

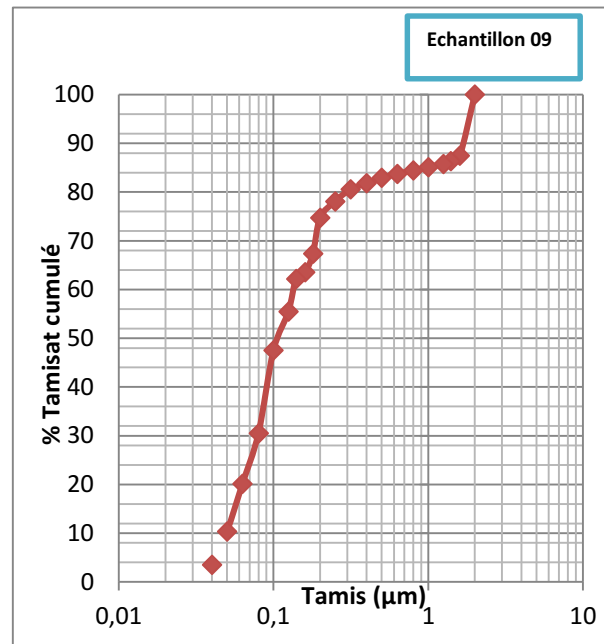


Figure n° III.11 : Courbe granulométrique plurimodale

3.2.2. Les Quantiles :

a. Le décile inférieur (D10)

La répartition de décile inférieur montre 3 faciès dont la première est en aval de brise-lame 1 ou le diamètres de grain de sédiment est 350 μm et connait une décroissance en allant vers le brise lame 2 et une autre faciès de diamètre de 350 μm dans la zone situé entre la falaise et brise-lame Ouest (avec dominance de diamètre 250 μm), remarque une concentration de diamètres entre 100 et 140 μm dans la zone du milieu entre brise-lame Centre et le brise-lame Est, le diamètre de grain de sédiment le plus fin est localisées au large.

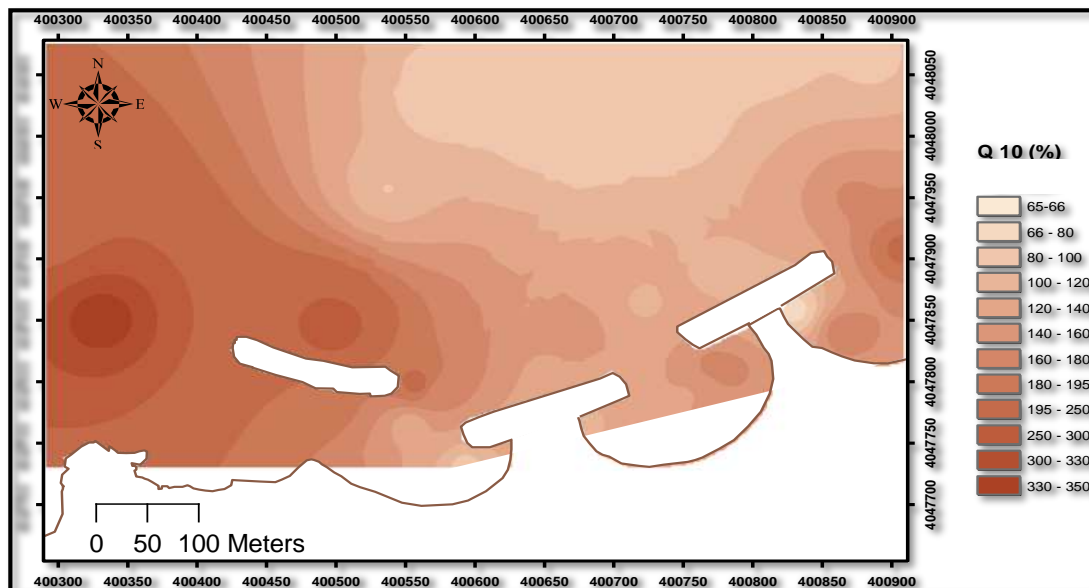


Figure n° III.12 : Carte de la répartition du décile inférieur (D10).

b. Le quartile inférieur (Q25) :

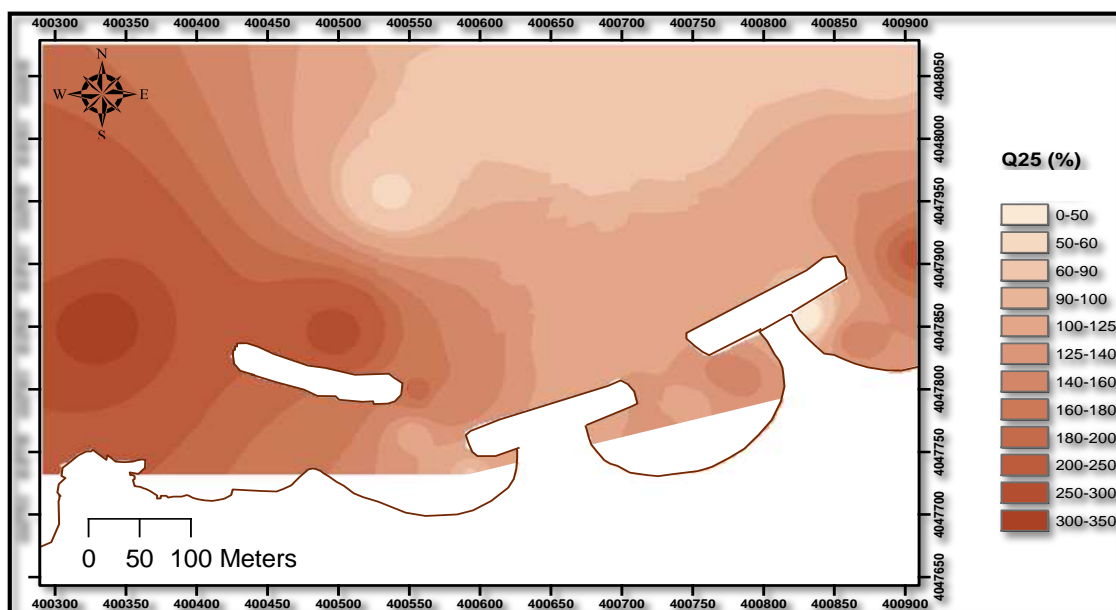


Figure n° III.13 : Carte de la répartition du quartile inférieur (Q25).

La distribution du quartile inférieur (Q25) est semblable à celle du décile inférieur (D10). Un premier faciès est localisé devant l'emboucheur d'Oued de la plage, les diamètres varient entre 350 et 200 μm . , Un grand faciès de diamètres 350 jusqu'à 250 μm dans la zone situées entre la falaise et le brise-lame Ouest, ensuite ça diminue vers le brise-lame Centre (160 à 100 μm), Au large (-8 -9m) de la plage les diamètres varient entre 100 et 50 μm , exceptionnellement en amont de brise-lame Est le diamètre de grain est de 50 μm ou on trouve des sédiments vaseuses piégés issue de l'embouchure de oued de la plage.

c. La médiane (Q50) :

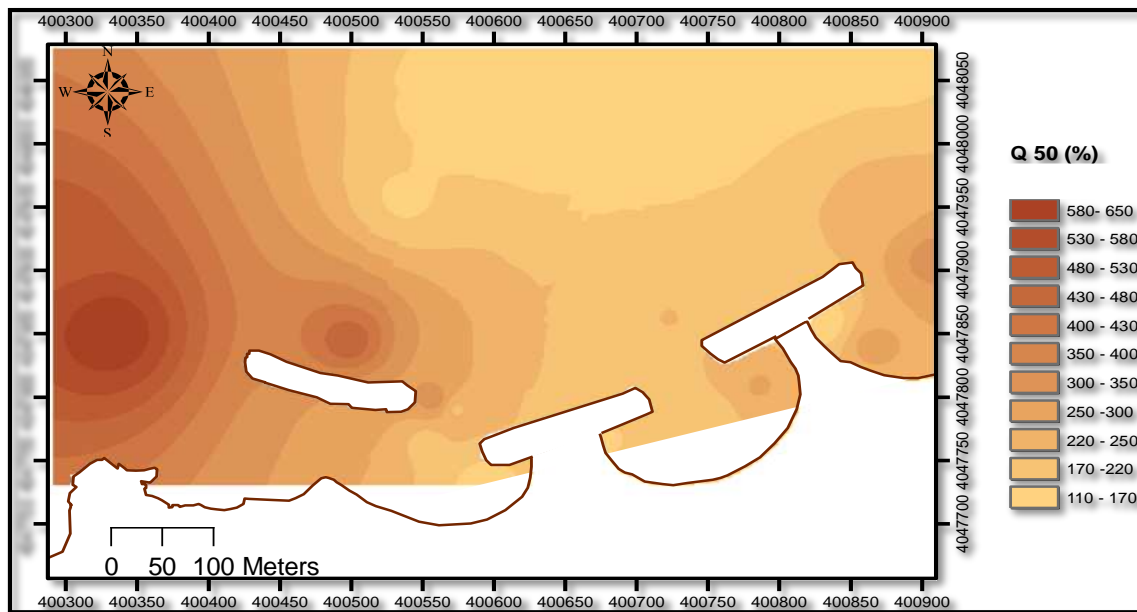


Figure n° III.14 : Carte de répartition de la médiane (D50).

La répartition de la médiane nous montre 3 faciès : la première est sous forme circulaire devant la falaise ou on trouve des diamètres de 650 μm et se diminue au diamètre de 400 μm devant le brise-lame Ouest (sable grossier), un deuxième faciès de 200 μm de la zone qui situe entre le brise-lame Ouest et brise-lame Centre jusqu'au aval de brise-lame Est (sable moyen), un troisième faciès au large de sable fin ou le diamètre de sable sont de 150 à 180 μm . cette distribution montre une dominance de sable grossier et moyen dans la plage bois sacré.

d. Le quartile supérieur (Q75) :

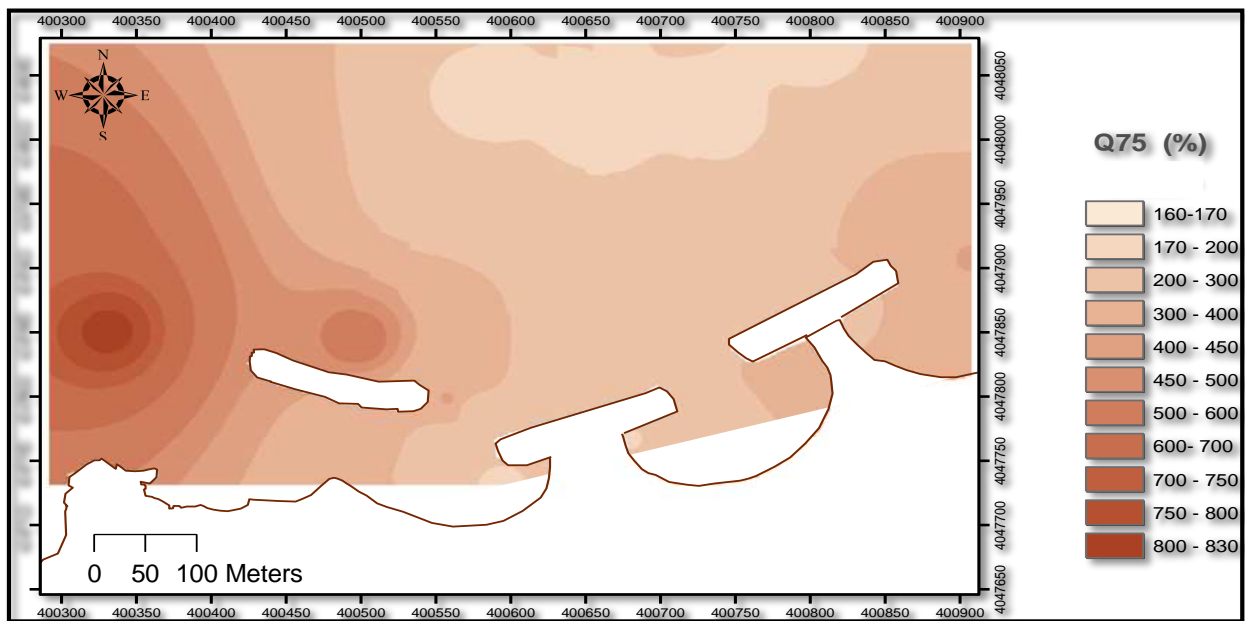


Figure n° III.15 : Carte de la répartition du quartile supérieur (Q75) dans la plage de bois sacré.

La répartition des quartiles supérieur Q75 montre une distribution circulaire devant la falaise ou on trouve des diamètres de grain de 800 µm et ça commence à se dégrader en allant vers le brise-lame Centre (400 µm) ou s'est découpées par un faciès large de 180 à 200 µm de diamètre de grain, à droite de brise-lame Est les diamètres sont de 210 à 300 µm, Au large les diamètres de grain de sédiments sont de 170 µm

e. Le décile supérieur (D90) :

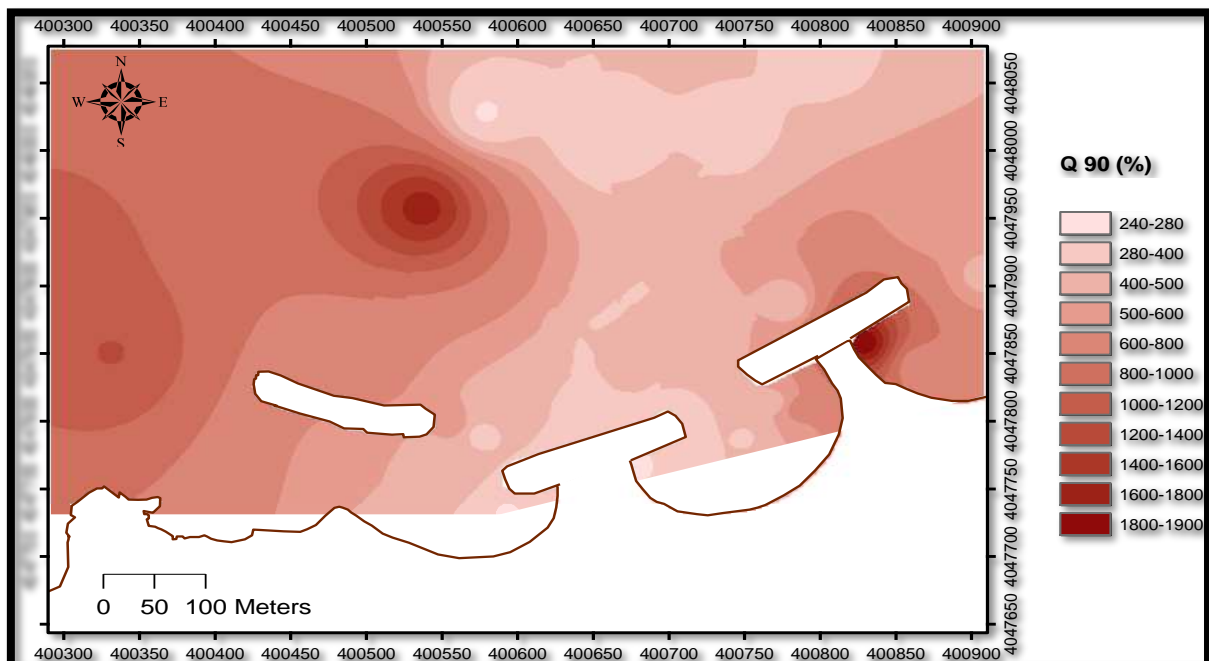


Figure n° III.16 : Carte de la répartition du décile supérieur (D90).

La répartition du décile supérieur D90 montre deux faciès différentes la première de diamètre varie entre 800 et 1900 μm dans la zone entre la falaise et le brise-lame Ouest, et autour du brise-lame Est, le deuxième faciès de diamètre de grain qui varie entre 600 et 280 μm remarquées au large et autour du brise-lame Centre.

3.3.1. Indice de classement :

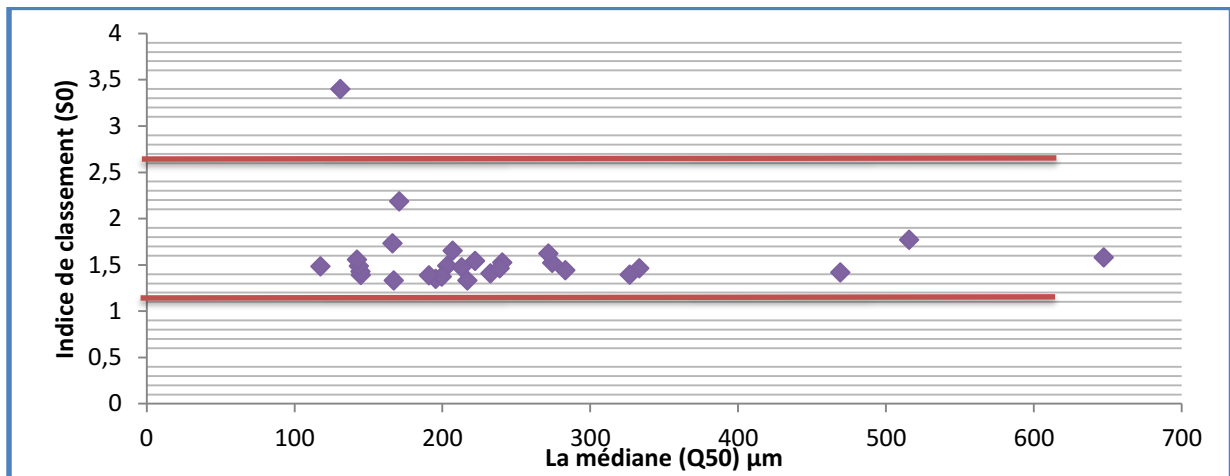


Figure n° III.17 : Relation entre l'indice de classement S_0 et la médiane

Les valeurs de S_0 dans la plage de bois sacré varient entre 1.1 et 2.6 donc les sédiments sont *Bien classés*.

3.3.2. Le coefficient d'asymétrie :

Les valeurs de l'indice d'asymétrie des échantillons de la plage de bois sacré varient autour de 1, une moitié avec des valeurs inférieures à 1 et l'autre moitié supérieures à 1. Donc cela traduit un tri maximum vers les fines dans certaines zones et dans d'autres zones le tri est maximum vers les grossiers.

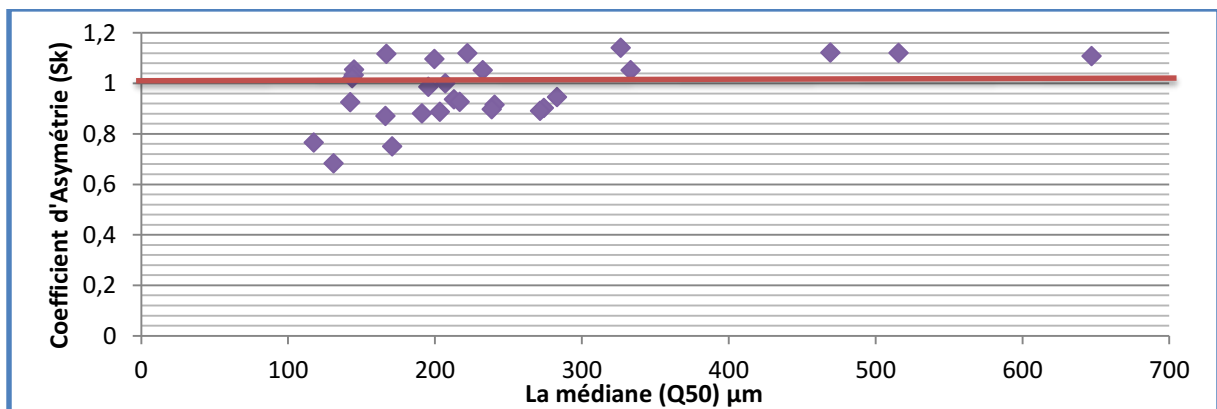


Figure n° III.18: Relation entre l'indice de classement S_k et la médiane

4. Analyse de la dynamique sédimentaire de la plage de Bois Sacré avec le modèle Mc Laren / Gao et Collins :

La zone de l'estran joue un rôle très important sur la stabilité et sur l'évolution de la zone côtière. Les processus hydro-sédimentaires dans ce milieu littoral sont assez complexes et difficiles à traiter. Les houles, la marée, les courants et le transport sédimentaires sont mutuellement dépendants et interagissent pour façonner la plage à des échelles de temps et d'espace variées. Sous l'action des vagues et des courants, le sable est arraché du fond, transporté par l'écoulement puis déposé en permanence. Soumis à cette forte activité hydrodynamique, la plage change régulièrement de texture et de morphologie (**AOUDJ et BOUAZIZ, 2014**).

Notre analyse de la dynamique sédimentaire ne couvre pas toute notre zone d'étude, faute de données, mais juste une petite portion.

4.1.Principe du modèle :

Le modèle développé par McLaren (1981, 1985) est basé sur le principe suivant : les variations dans la répartition granulométrique d'un sédiment depuis sa source jusqu'au moment du dépôt dépendent de la dynamique hydrosédimentaire. Cette dynamique (érosion, transport, tri et dépôt sélectif) peut traduire les directions du transport résiduel. Ce modèle repose sur la comparaison entre les échantillons des trois paramètres sédimentologiques, le grain moyen (Mz), l'indice de classement (S_i) et l'indice d'asymétrie (S_k) entre deux prélèvements.

Par comparaison de (n) paramètres, 2_n cas possibles peuvent apparaître entre deux échantillons. Théoriquement, les cas possible sont au nombre de huit (**McLaren et BOWLES, 1985**) :

Cas :	Définition des cas en unité phi
1	$\mu_1 \geq \mu_2 \quad S_{i1} \geq S_{i2} \quad S_{k1} \geq S_{k2}$
2	$\mu_1 \leq \mu_2 \quad S_{i1} \geq S_{i2} \quad S_{k1} \geq S_{k2}$
3	$\mu_1 \geq \mu_2 \quad S_{i1} \geq S_{i2} \quad S_{k1} \leq S_{k2}$
4	$\mu_1 \leq \mu_2 \quad S_{i1} \geq S_{i2} \quad S_{k1} \leq S_{k2}$
5	$\mu_1 \geq \mu_2 \quad S_{i1} \leq S_{i2} \quad S_{k1} \geq S_{k2}$
6	$\mu_1 \leq \mu_2 \quad S_{i1} \leq S_{i2} \quad S_{k1} \geq S_{k2}$
7	$\mu_1 \geq \mu_2 \quad S_{i1} \leq S_{i2} \quad S_{k1} \leq S_{k2}$
8	$\mu_1 \leq \mu_2 \quad S_{i1} \leq S_{i2} \quad S_{k1} \leq S_{k2}$

Procéder à la comparaison des paramètres texturaux pour déterminer dans quel cas nous nous trouvons :

Chapitre III : Etude Granulo-Sédimentaire

Type1 : $Mz_2 > Mz_1, Si_2 < Si_1, Sk_2 < Sk_1$

Type2 : $Mz_2 < Mz_1, Si_2 < Si_1, Sk_2 > Sk_1$

Il y a mouvement potentiel du sédiment entre les deux stations



Dans les deux cas le tri s'améliore dans la direction du transport.

Choisir la distance critique (Dcr) :

La distance critique notée Dcr est définie comme étant la distance séparant une station de sa voisine, ou bien c'est la distance en deçà de laquelle tout échantillon est compris dans ce périmètre. Le choix de la Dcr se base sur le principe que chaque échantillon doit avoir plusieurs voisins, et qu'il n'y ait pas d'échantillon se trouvant en dehors de ce périmètre.

Le sens du transport sédimentaire est déterminé par le tri, les sédiments se déplacent vers la station où le tri est meilleur, c'est-à-dire le tri le plus faible.

L'étape suivante consiste à tracer les vecteurs de transport et faire une somme vectorielle.

4.2. Procédure analytique :

L'application du GSTA (Grain Size Trend Analysis) passe par plusieurs étapes :

a. Préparation des données d'entrée :

La grille d'entrée est formée de 6 colonnes :

	A	B	C	D	E	F
1	28	1	180			
2	1	400592,73	4047732,0	0,14043	1,3901	1,0544
3	2	400553,34	4047764,8	0,21248	1,493	0,88785
4	3	400557,96	4047798,9	0,32678	1,4652	1,0528
5	4	400498,32	4047844,3	0,45719	1,4206	1,1222
6	6	400883,64	4048061,4	0,17385	1,7354	0,87131
7	7	400871,43	4047950,6	0,24865	1,5258	0,9156
8	8	400906,49	4047908,3	0,31533	1,3953	1,141
9	9	400828,61	4047858,7	0,21188	3,4025	0,68255
10	10	400863,96	4047841,6	0,2784	1,523	0,90273
11	11	400722,02	4047863,3	0,21093	1,5449	1,1191
12	12	400779,23	4047887,6	0,20975	1,653	1,0008
13	13	400676,50	4047838,9	0,22088	1,4754	0,93657
14	14	400709,36	4047800,3	0,19839	1,3491	0,98633
15	15	400708,08	4047753,7	0,19418	1,3742	1,0972
16	16	400680,64	4047767,0	0,15934	1,3336	1,1166
17	17	400713,81	4047755,2	0,223273	1,409	1,0517
18	18	400749,75	4047789,0	0,19757	1,3896	0,88123
19	19	400770,68	4047814,7	0,24686	1,465	0,89807
20	20	400783,80	4047810,2	0,28379	1,6251	0,89154
21	21	400574,02	4047790,7	0,22099	1,3329	0,92645
22	22	400494,88	4047783,0	0,28702	1,4452	0,94521
23	23	400331,36	4047851,5	0,63424	1,582	1,108
24	24	400292,19	4047925,3	0,47337	1,7722	1,1201
25	25	400527,00	4047957,7	0,18848	2,1888	0,74982

Figure n° III.19 : La grille d'entrée dans le modèle GSTA.

1 : Nombre des stations de prélèvement

2 : Coefficient qui dépend du type des coordonnées choisies, dans le cas des coordonnées métriques en prend le numéro un (1)

3 : Distance critique (Dcr) ; est pris comme l'intervalle de l'échantillonnage spatial, maximal et spécifique. Les échantillons à comparer sont considérés comme étant des voisins, s'ils sont égaux ou inférieurs à cette distance.

4 : indices granulométriques (Mz, S₀ et Ski).

5 : les coordonnées en format métriques (X, Y)

b. Application du GSTA :

Le logiciel GSTA est un programme destiné à l'analyse du transport sédimentaire. Son application est facile, il suffit d'introduire un fichier input contenant le nombre de stations, les coordonnées géographiques et les indices granulométriques. Ce fichier est sous format (*.dat), il est obtenu à l'aide du logiciel SURFER. Le fichier output qu'on obtient, contient les coordonnées des stations avec les directions de transport sédimentaire.

c. Exploitation des données :

Les résultats doivent être traités avec Excel, puis exploités avec le logiciel Surfer, à l'aide de la fonction Vecteur Map, qui permet de dessiner une carte des vecteurs modélisant le transport sédimentaire.

d. Aperçue des résultats de la modélisation du transport sédimentaire :

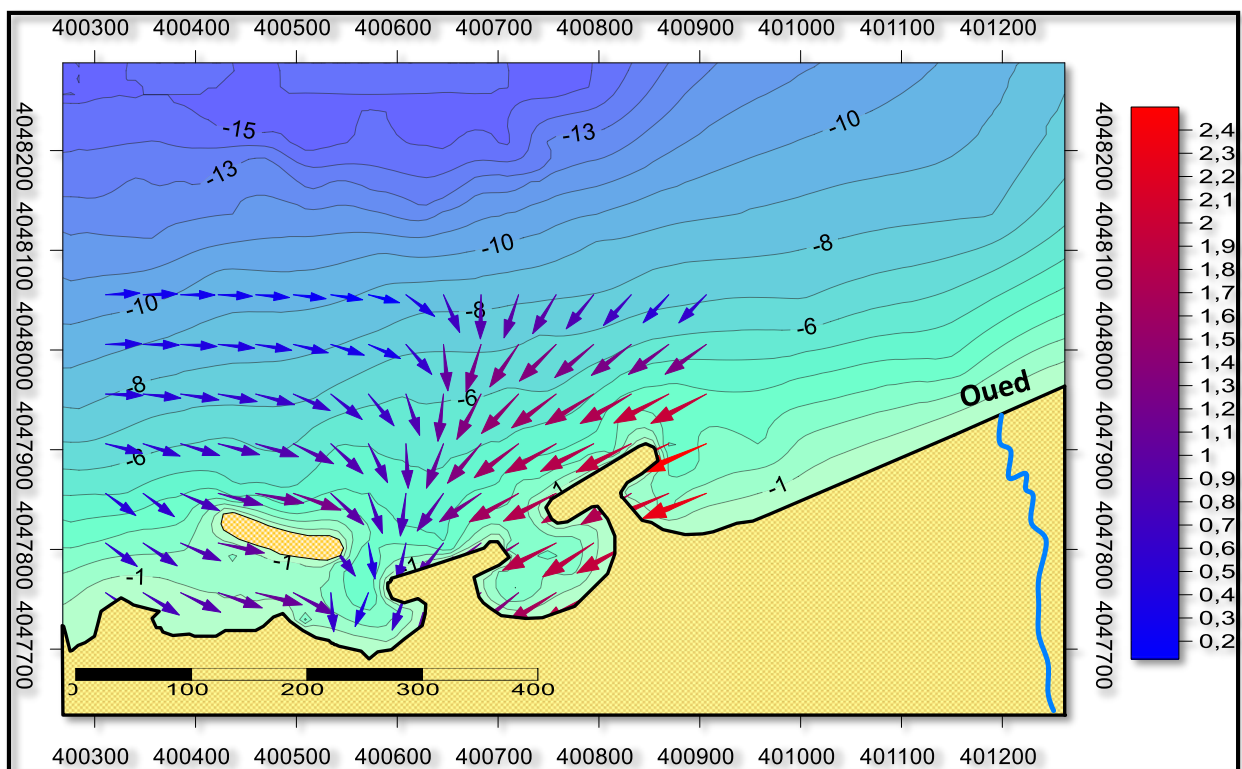


Figure n° III.20 : Modélisation du transport sédimentaire dans la plage de bois sacré

Dans cette partie de l'étude, nous avons tenté de déterminer les trajectoires principales du transport sédimentaire par une approche basée sur la distribution spatiale et la comparaison des paramètres granulométriques usuels, la taille moyenne, le tri et l'asymétrie de la distribution sédimentaire. La fiabilité des résultats dépend de la taille des vecteurs, plus le module est grand plus le résultat est fiable.

A partir des résultats obtenus de la modélisation du transport sédimentaire avec le modèle de GSTA, nous déduisons qu'il y a une tendance du transport des sédiments de plusieurs directions. Ceci fait que la majorité des échantillons sont plurimodales de plusieurs stocks sédimentaires :

- Un Apport terrigène de direction Nord-Est venu d'oued adjacent avec une grande intensité de transport rapprochement de la zone à l'oued avec une distance de 315 mètres.
- Sédiment provenant de direction Nord entraînée par attaque frontale des vagues sont piégés par les ouvrages de protection ces derniers empêche l'entraînement d'une importante quantité sédiments par les courant de retour et provoque l'accumulation de sédiments, et par la suite un soulèvement des fonds marins (Voir Chapitre II).
 - La diffraction des houles de Nord-Ouest au niveau de la plage, engendre des déplacements de sédiment vers la plage bois sacré.

Les sédiments sont d'abord mis en suspension par les houles au moment de leur déferlement et sont entraînés par les différentes directions des houles diffractées, Cette déviation des houles de différentes directions et la concentration des transports sédimentaire à une forte probabilité d'être à l'origine des accumulations au niveau de la plage et formation des tombolos.

Conclusion :

Les résultats de l'analyse des dépôts sédimentaires dans la plage bois sacré, montrent que la couverture sédimentaire est composée dans sa globalité par une majorité du sable moyen et grossier (diamètres des grains entre 150 μm et 500 μm)

L'étude des autres paramètres (D_{10} , Q_{25} , Q_{50} , Q_{75} et D_{90}) fait apparaitre une dispersion de répartition de sédiments constitutive de la plage bois sacré due à la présence des différents stocks sédimentaires au sein d'une même population dynamique.

La modélisation du transport sédimentaire, montre que la plage de bois sacré se trouve comme étant le siège d'une dynamique sédimentaire très active.



Chapitre IV :
Etude de la Réfraction de
La Houle



Introduction

L'étude de la réfraction a pour but la connaissance des caractéristiques de la houle (direction et hauteur) au cours de sa propagation depuis le large jusqu'à l'approche de la cote, et plus particulièrement les ouvrages de protection.

La connaissance des caractéristiques de la houle (direction, amplitude, période) permet d'apprécier et de comprendre les phénomènes qui se produisent dans la zone de déferlement, et aide à s'informer sur le comportement des houles face aux ouvrages maritimes.

Dans ce chapitre, nous allons exposer les facteurs hydrodynamiques qui agissent sur notre zone d'étude, à savoir : les vents et les houles d'une part, et de l'autre nous exploiterons ces derniers afin d'appliquer le modèle de vagues SWAN (Simulating Waves Nearshore), pour arriver enfin à la présentation des différentes cartes produites par le modèle portant sur l'agitation de la houle à la côte en fonction des houles dominantes.

1. Principe de calcul de la réfraction 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 représentées suffisamment au large dans les fonds ou les houles ne sont pas réfractées. Les coefficients de réfraction est défini de la manière suivante :

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

Les calculs de la réfraction de la houle entre le large et la côte sont effectués par le modèle numérique SWAN (Simulating Waves Nearshore développé par l'université de DELFT) 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,

Il est donc parfaitement adapté à la problématique du littoral. Le coefficient de réfraction est calculé par SWAN.

Les paramètres significatifs de la houle ont été représentés avec un spectre bidimensionnel de type JONSWAP ayant un facteur d'affinement du pic (γ) et un "spreading" directionnel issus de la cambrure de la houle (formule de Wilson, 1965).

2. Données d'entrée :

2.1. La bathymétrie :

Pour étudiée l'impact des ouvrages de protection sur la réfraction de la houle, deux carte ont été établies pour caque direction de houle au large :

- 1- Une bathymétrie issue de de la digitalisation de la carte marine n°1206 de « Kef Souari à Tipaza : échelle 1/120000» ainsi que celle réalisées par des mesures sur terrain en 2016. (Voir chapitre II).
- 2- Une bathymétrie deuxième avant la réalisation du projet de protection de la plage bois sacré issue des données de la compagne digitalisation de la carte marine n°1206 de « Kef Souari à Tipaza : échelle 1/120000» ainsi que celle issue de la campagne de reconnaissances sur site réalisé en novembre 2004 par le LEM dans le cadre de projet de l'étude de la carte sédimentaire du littoral algérien 2^{ème} tranche.

2.2. Données de houles au large :

La houle est une oscillation périodique de la surface de la mer, elle se produit par l'action des vents et subit des modifications (réfraction, diffraction et réflexion ou déferlement) en se rapprochant vers la côte sous l'effet de la diminution de la profondeur.

La connaissance des caractéristiques de la houle au large : direction, amplitude, période, énergie, permettent de :

- Mieux analyser les constatations faites quant à l'évolution de littoral,
- Déterminer le dimensionnement des ouvrages de protection à réaliser,
- Mieux estimer le transit sédimentaire.

Données de SSMO

Les données du Summury of Synoptic Meteorological Observations (SSMO) consistent en des observations de navire sur la période 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, ainsi que la détermination de la probabilité de retour des houles.

Les caractéristiques des houles extrêmes sont, par secteur de provenance et pour toutes directions confondues, les suivantes :

Chapitre IV : Simulation De La Réfraction De La Houle

Tableau n° IV 01 : Hauteurs des houles extrêmes par secteur de provenance

DIRECTION DE HOULE	EST	NORD EST	NORD	NORD OUEST	OUEST	TOUTES DIRECTIONS
Biennale	4,12 m	4,93 m	4,90 m	4,16 m	7,36 m	7,44 m
Quinquennale	4,70 m	5,67 m	5,75 m	4,87 m	8,43 m	8,34 m
Décennale	5,14 m	6,23 m	6,38 m	5,40 m	9,22 m	9,02 m
Vingtennale	5,59 m	6,79 m	7,02 m	5,94 m	10,02m	9,70 m
Cinquantennale	6,17 m	7,53 m	7,87 m	6,65 m	11,08m	10,60 m
Centennale	6,62 m	8,08 m	8,50 m	7,18 m	11,88m	11,27 m

On constate que plus de 80% des houles appartenant au secteur Ouest- Nord-Ouest prédominent en hiver avec des périodes variant entre 8 et 9 secondes, et atteignent les valeurs maximales de 13s en période de tempêtes.

L'amplitude moyenne la plus fréquente est de 2 à 3 m, des houles peuvent atteindre des amplitudes maximales de 4 à 6 m.

Pendant l'été, les houles de directions Nord – Nord Est se distinguent par une période moyenne de 6 à 7s et une amplitude de 0.50 à 1.50 m ; près de 50% des houles ont des périodes de 6 à 9s n'atteignant que rarement 3 m d'amplitude.

Pour une période de 6 s, la longueur d'onde des houles d'été est 130m et la célérité de 10 m/s

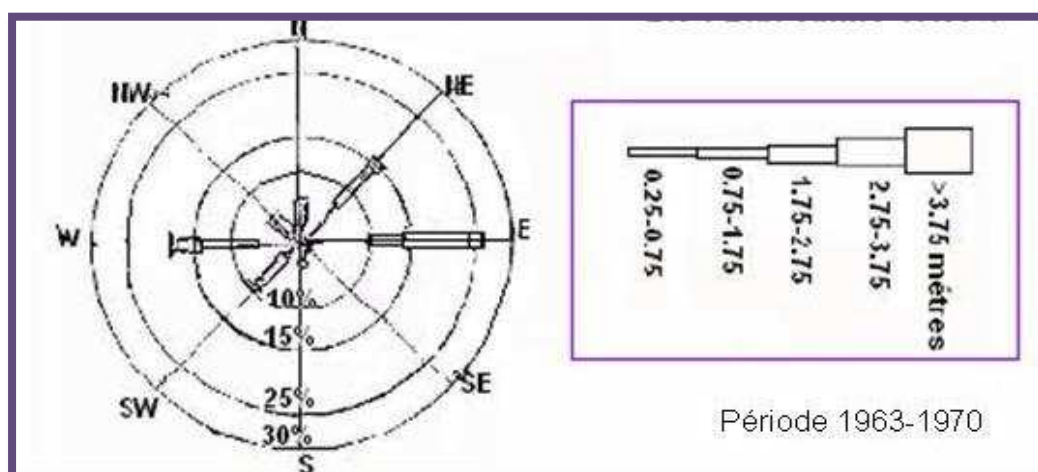


Figure n° IV. 01 : Rose annuelle des houles

Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques des houles biennales extrêmes retenues pour la détermination des conditions de houles au pied des ouvrages de protection à projeter (dimensionnement des ouvrages).

Période de retour	Caractéristiques de la houle	Nord Est (40°N)	Nord (360°N)	Nord-Ouest (320°N)
BIENNALE	Hs (m)	4,93	4,90	4,16
	Tp (s)	10,91	10,87	9,99

Tableau n° IV 02 : caractéristiques des houles extrêmes par secteur de provenance

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 approximativement perpendiculaire à la côte pour mesurer les effets d'une houle frontale (360°N)
- Deux directions de houle à incidence oblique (40°N et 320°N)

3. Application du modèle SWAN

3.1. Description du modèle SWAN

Le modèle SWAN (Simulating Waves Nearshore (SWAN)) (Holthuijsen et al. 1993, Booij et al. 1999, Ris et al. 1999) est un modèle de propagation des vagues et des houles de 3^{ème} génération base sur l'équation d'équilibre de densité d'action spectrale et décrit l'évolution du spectre d'énergie de la houle pour certaines conditions spécifiées de vents, courants et bathymétrie. Le modèle est base sur une équation dite WABE : "l'équation de balance d'action des vagues", définit par (Stive *et al*, 2006) comme suit :

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial c_x N}{\partial x} + \frac{\partial c_y N}{\partial y} + \frac{\partial c_\sigma N}{\partial \sigma} + \frac{\partial c_\theta N}{\partial \theta} = \frac{S}{\sigma}$$

Où :

$N(\sigma, \theta)$ = densité de l'action des vagues

T = temps [s]

x = distance dans la direction x [m]

y = distance dans la direction y [m]

σ = fréquence relative [Hz] comme on l'observe dans un cadre de référence se déplaçant avec la vitesse du courant

θ = direction de la vague [degrés] c_x, y, σ, θ = vitesses de propagations [m / s] pour respectivement x, y, σ et θ

S = source / puits terme en termes de densité d'énergie (Génération par le vent, dissipation et non-linéaire onde interactions)

La densité de l'action $N(\sigma, \theta)$ est égale à la densité d'énergie divisée par la fréquence relative:

$$N(\sigma, \theta) = E(\sigma, \theta) / \sigma$$

Le premier terme de l'équation représente le taux de variation locale de la densité avec le temps, le deuxième et le troisième terme représentent la surfabilité d'un ASR dans les propagations des vagues irrégulières de la densité dans l'espace d'action. Le quatrième terme représente le décalage de la fréquence relative due aux variations de la profondeur et les courants. Le cinquième terme représente le courant induit par la profondeur ainsi que la réfraction. Les expressions c_x, y, σ, θ sont prises de la théorie de l'onde linéaire.

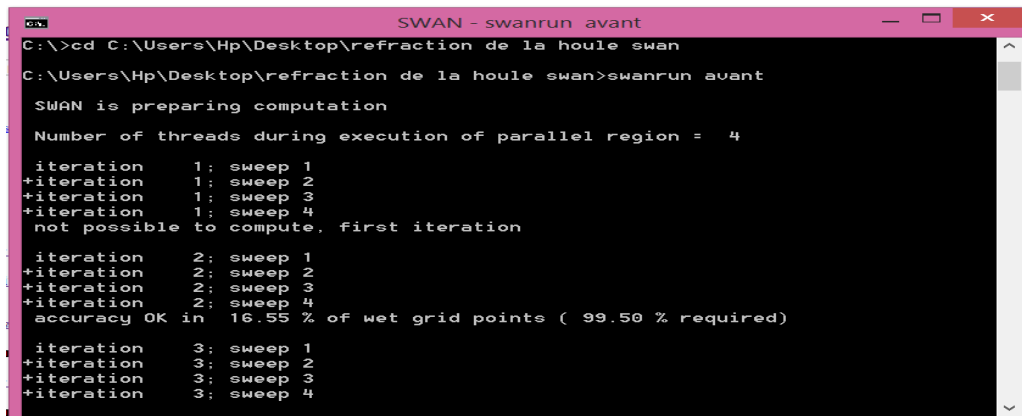
3.2. Les étapes à suivre

Pour commencer, le modèle exige un fichier d'entrée SWAN sous le nom de

"test1" comprenant en plus de l'algorithme, les données de bases qui sont : la délimitation de la zone d'étude (coordonnées géographiques en UTM), la hauteur de la houle, l'angle du vent, la période.

Cette étape est schématisée par une capture d'écran comprenant le logiciel Surfer à droite (1), le fichier SWAN à gauche (2) et au milieu la base de donnée commune qui relie les deux fenêtres. (Voir annexe n° IV)

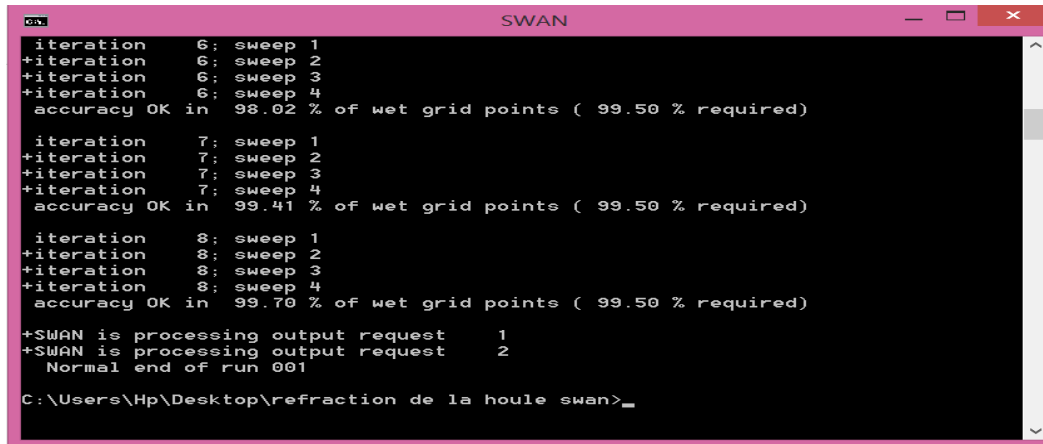
Après avoir remplir le fichier " apres", on le exécute par un Invite de commande comme dans cette figure :



```
SWAN - swanrun avant
C:\>cd C:\Users\Hp\Desktop\refraction de la houle swan
C:\Users\Hp\Desktop\refraction de la houle swan>swanrun avant
SWAN is preparing computation
Number of threads during execution of parallel region = 4
iteration 1: sweep 1
+iteration 1: sweep 2
+iteration 1: sweep 3
+iteration 1: sweep 4
not possible to compute, first iteration
iteration 2: sweep 1
+iteration 2: sweep 2
+iteration 2: sweep 3
+iteration 2: sweep 4
accuracy OK in 16.55 % of wet grid points ( 99.50 % required)
iteration 3: sweep 1
+iteration 3: sweep 2
+iteration 3: sweep 3
+iteration 3: sweep 4
```

Figure n°IV.02. Insertion du fichier «Input »

Après l'exécution y aura un fichier sous format *.TXT, qu'on pourra ouvrir à l'aide d'Excel et choisir les deux paramètres qui nous intéressent à savoir : la hauteur significative de la houle dans chaque point ainsi que la direction de propagation des vagues.



```
iteration      6: sweep 1
+iteration     6: sweep 2
+iteration     6: sweep 3
+iteration     6: sweep 4
accuracy OK in 98.02 % of wet grid points ( 99.50 % required)

iteration      7: sweep 1
+iteration     7: sweep 2
+iteration     7: sweep 3
+iteration     7: sweep 4
accuracy OK in 99.41 % of wet grid points ( 99.50 % required)

iteration      8: sweep 1
+iteration     8: sweep 2
+iteration     8: sweep 3
+iteration     8: sweep 4
accuracy OK in 99.70 % of wet grid points ( 99.50 % required)

+SWAN is processing output request      1
+SWAN is processing output request      2
Normal end of run 001

C:\Users\Hp\Desktop\refraction de la houle swan>_
```

Figure n°IV.03. Itération et conception du fichier «Output ».

En utilisant les résultats de SWAN et à l'aide de "Arc Map 10.2 ", on a créé les couches suivantes: la houle significative et la direction de propagation des vagues de chaque cas.

4. Résultats et interprétations

Cette étude a pour but de vérifier le choix de dimensionnement de structures des ouvrages de protection et évaluer leur impact sur le comportement de la houle. Nous avons pris les mêmes conditions de de houle sur une fréquence d'apparition de deux ans (houles biennales).

4.1. Résultats de réfractions des houles d'après-projet de protection du rivage de bois sacré :

a. La réfraction de la houle de direction 40° Nord Est :

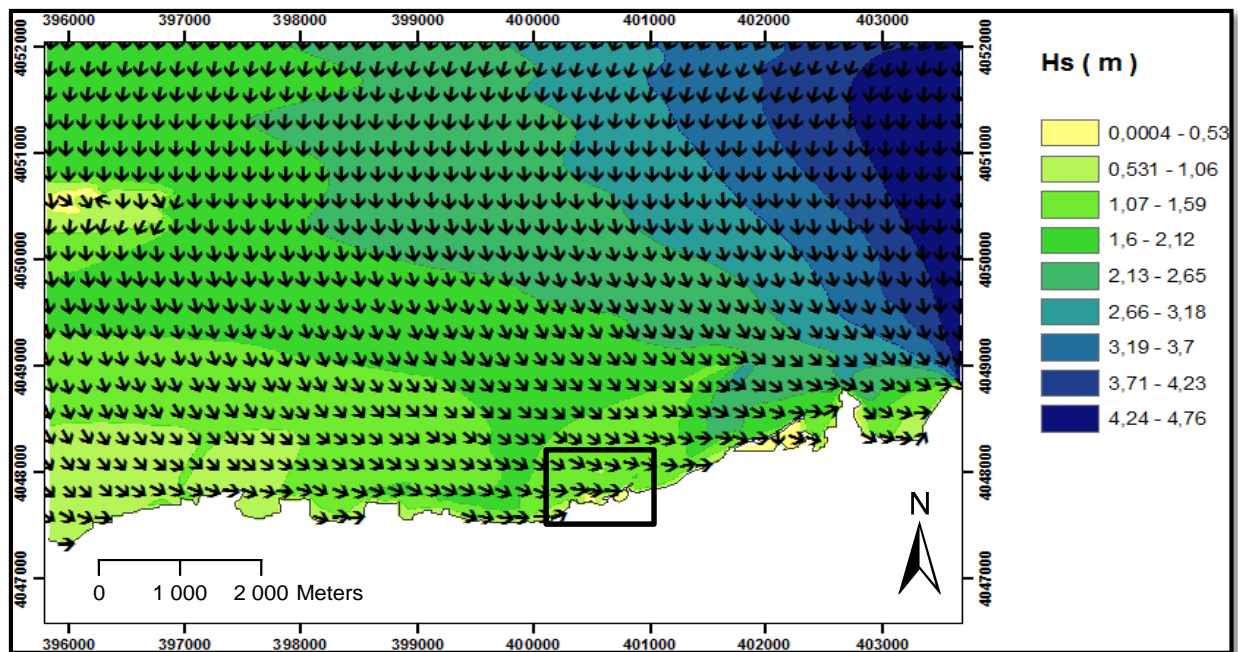


Figure N°IV.04 : Réfraction de la houle pour une direction NE 40° et une période de 10.91 s de large vers la côte (bathymétrie 2016)

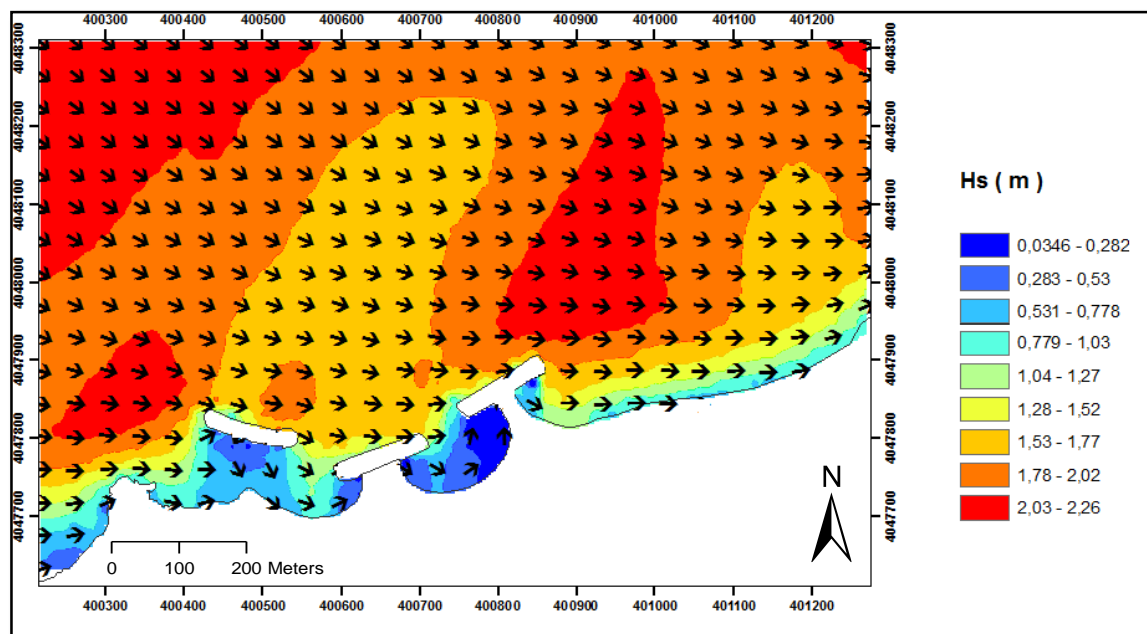


Figure n°IV.05:vue détaillée de la propagation des houles du Nord EST (40°) vers la côte (bathymétrie 2016).

Les figures (Figure 4 et 5) présentent les résultats de l'étude de la réfraction pour des houles de secteur 40° Nord-Est et d'une période de 10.91.

La figure 4 montre que La propagation se fait d'une façon oblique de la large à la côte, les hauteurs significatives de la houle de diminue de 4.73 m à 0.53 m. ces houles se propage avec une direction de 40° au large et se réfracte pour atteindre un angle de 311° NW dans la

profondeur -16 mètres, due à une morphologie sous-marine particulière (une fosse à -60mètres de profondeur).

Les houles selon le montre la figure 4 sont plus réfracté à partir des directions de 311° à -16m et se réfracte à 290° NW en -5m de profondeur. les hauteurs significatives se diminue de 1.61 m à 0.029 m (de -16m de profondeur au trait de côte), les coefficients de réfraction sont de 0.3 à 0.0013 qui se traduisent une divergence des vagues et atténuation et dispersion d'énergie de la houle.

Au niveau des ouvrages de protection, on note une circulation tourbillonnaire entre ces ouvrages, comme les montres les vecteurs représentent leurs sens du courant.

La zone situé entre la falaise et le brise lame centre subit des houles très énergétique avec une houle significative réfractée de hauteur entre 0.82 et 0.34, provoque une érosion de cette partie entre brise lame est et centre faute de dimensionnement de distance entre le brise-lame Centre et Ouest, Ce qui a provoqué l'érosion de la falaise et recul de trait de côte.

La zone confinée entre le brise-lame Centre et Est subit les houles incidentes les moins énergétiques ou les houles significatives varient entre 0.53 et 0.029 (zone calme)

Dans la zone situé à l'ombre de l'extrémité Est du brise-lame Est les houles sont plus énergétiques ou les Hs se varie de 1.13 m à 0.50 m ce qui provoque une érosion à ce niveau (voir chapitre V Evolution du Trait de Côte).

b. La réfraction de la houle de direction 360° Nord

Les figures 6 et 7 présentent les résultats de l'étude de la réfraction des houles de direction 360° N et de période de 10.87 s.

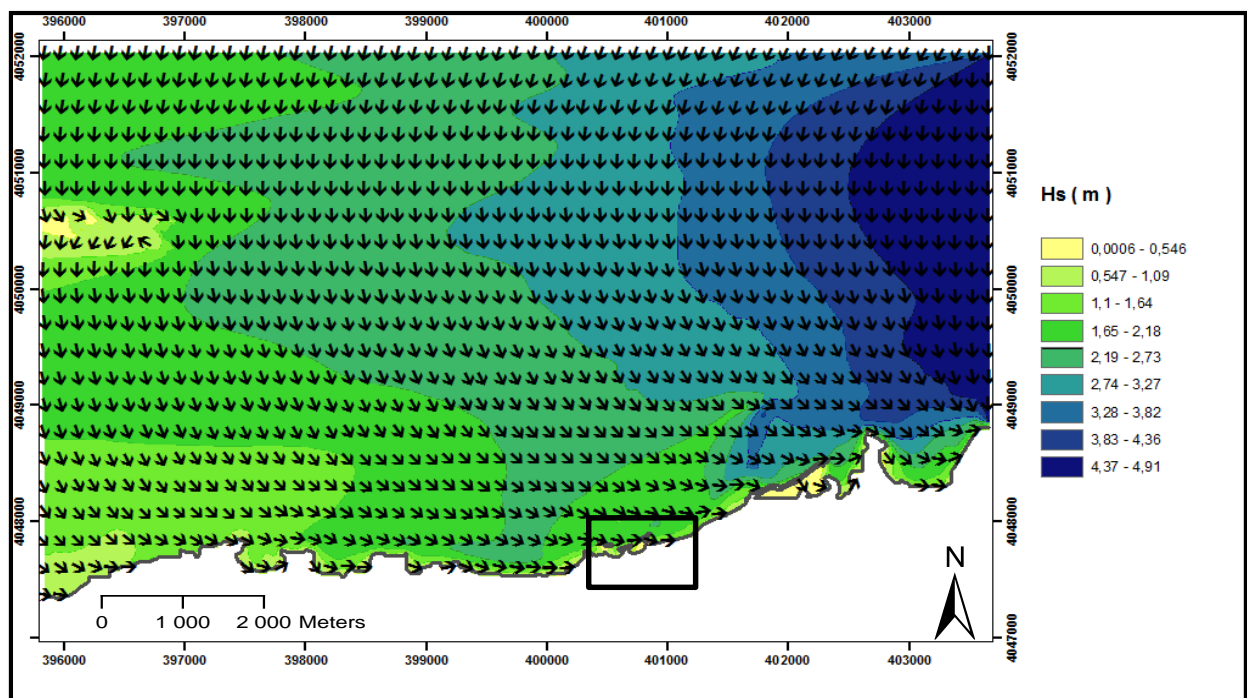


Figure N°IV.06 : Réfraction de la houle pour une direction N 360° et une période de 10.87s de large vers la côte (bathymétrie 2016).

La figure 6 montre que les houles se propage de direction quasi frontale au large le coefficient de réfraction est égale à 1 se traduisent par une conservation d'énergie au large.

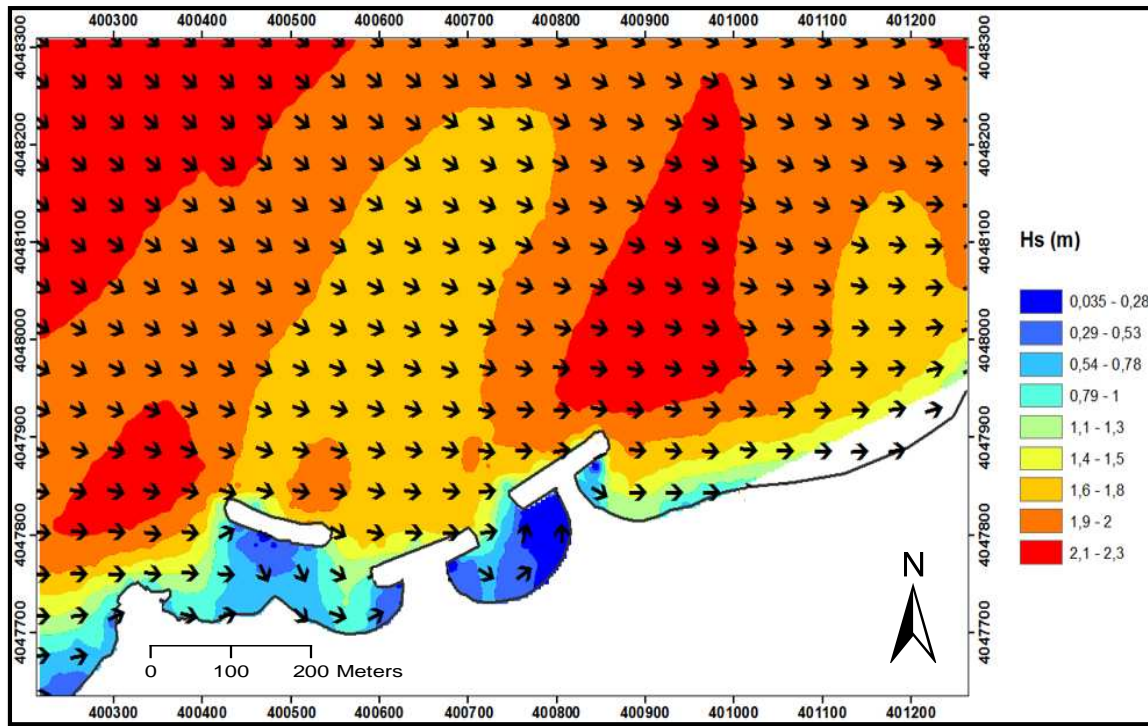


Figure n°IV.07: vue détaillée de la propagation des houles du Nord (360°) vers la côte (bathymétrie 2016).

La figure 7 montre que les houles de direction Nord se réfracte et atteint la côte avec un angle d'arrivée de 308° (direction nord-ouest de dérive littorale), Les coefficients de réfraction se réduisent en rapprochant de la côte il se varie entre 0.39 et 0.02 traduit une divergence des houles et étalement d'énergie. la hauteur significative atteint 1.77 m à -4m de profondeur. La présence des brises lames induit à une diminution d'énergie de la houle, les hauteurs significatives au trait de côte se varient de 0.5 m à 0.03 m.

Au niveau des ouvrages de protection, on note une circulation tourbillonnaire entre ces ouvrages, comme les montres les vecteurs représentent leurs sens du courant.

La zone situé entre la falaise et le brise lame centre subit des houles très énergétiques avec une houle significative réfractée de hauteur entre 1.52 et 0.77, provoque une érosion très importante de cette partie entre brise lame est et centre faute de dimensionnement de distances entre le brise-lame Centre et Ouest, Ce qui provoque l'érosion de la falaise et recul de trait de côte.

La zone confinée entre le brise-lame Centre et Est subit les houles incidentes les moins énergétiques ou les houles significatives varient entre 0.53 et 0.035 (zone abritée)

Dans la zone situé à l'ombre de l'extrémité Est brise-lame Est les houles sont plus énergétiques ou les Hauteurs des houles significative se varie de 1.77 m à 0.53 m ce qui provoque une érosion à ce niveau.

c. La réfraction de la houle de direction 320° Nord

Les figures 7 et 8 présentent les résultats de l'étude de la réfraction des houles de direction 320 NW et de période de 9.99 s.

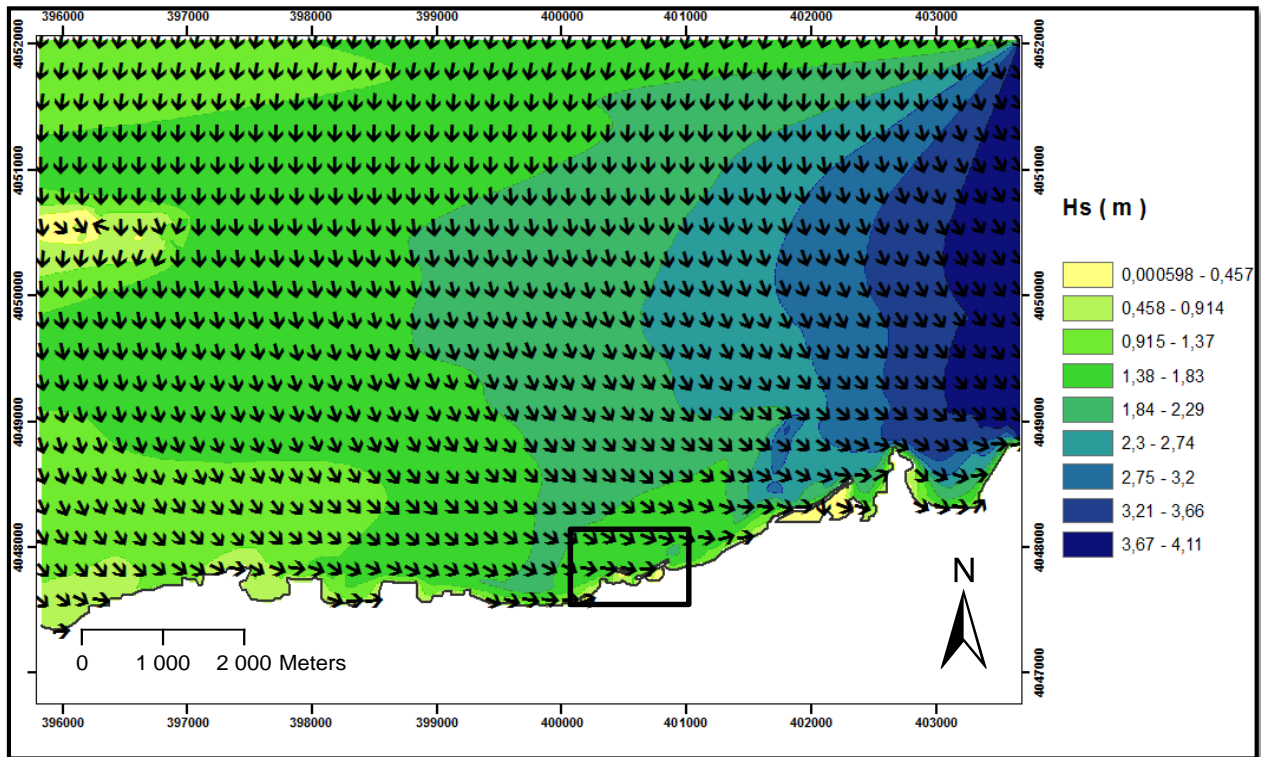


Figure N°IV.08 : Réfraction de la houle pour une direction NW 320° et une période de 9.99 s de large vers la côte (bathymétrie 2016).

La figure 8 montre que les houles se propagent de direction quasi frontale au large le coefficient de réfraction se varie de 0.87 au large et 0.37 à -27 mètres de profondeur se traduisent par une divergence d'énergie de la houle.

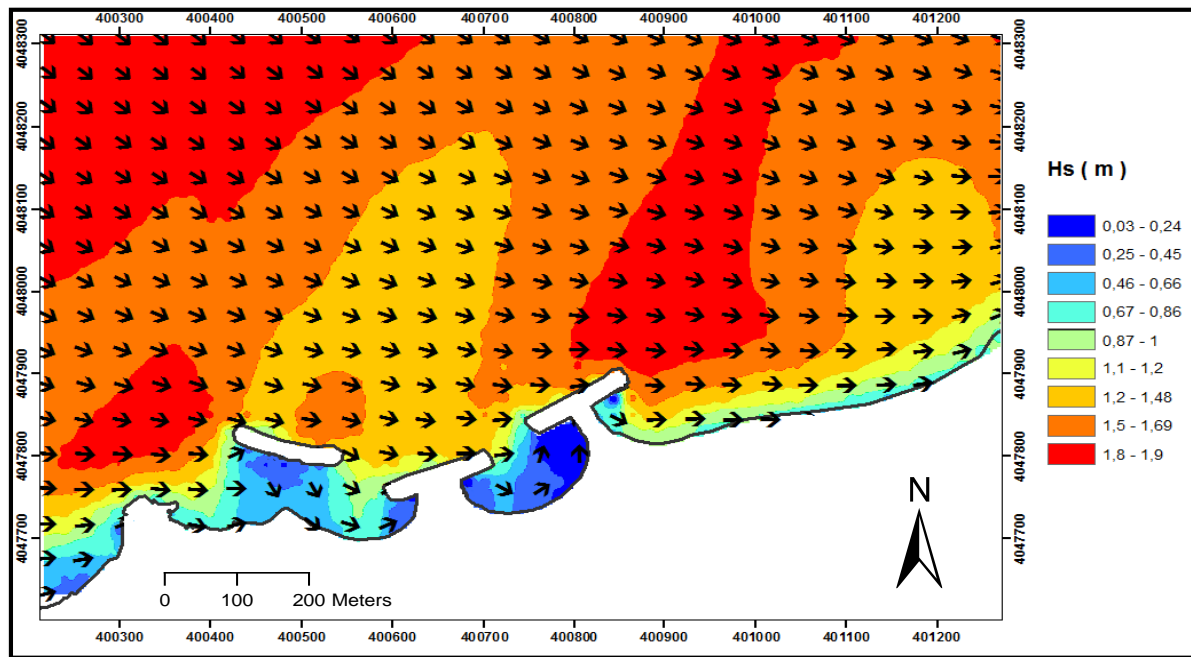


Figure n°IV.09 : vue détaillée de la propagation des houles du Nord-Ouest (320°) vers la côte (bathymétrie 2016).

La figure 9 montre que les houles de direction Nord-Ouest se réfracte et atteint la côte avec un angle d'arrivée de 313° (-15 m de profondeur), Les coefficients de réfraction se réduisent en rapprochant de la côte, il se varie entre 0.87 et 0.027 traduit une divergence des houles et dissipation d'énergie. la hauteur significative atteint 1.2 m à -4m de profondeur. Les brises lames assurent une diminution d'énergie de la houle, les hauteurs significatives au trait de côte se varient entre 0.94 et 0.16.

Au niveau des ouvrages de protection, on relève une circulation tourbillonnaire très intense entre ces ouvrages, comme les montres les vecteurs représentent leurs sens du courant.

On remarque clairement que les houles de direction 267° Ouest sont directement orientées à la zone situé entre la falaise et le brise lame centre, faisant supporter a cette partie leur force d'énergie où les hauteurs des houles significatives réfractées varient entre 1.1 m et 0.37 m, Ce qui a provoqué l'érosion de la falaise et recul de trait de côte , en évitant ainsi la zone abritée entre le brise-lame Centre et Est qui subit des houles incidentes moins énergétiques ou les houles significatives varient entre 0.74 et 0.16.

On constate une grande perturbation à l'ombre de l'extrémité Est du brise-lame Est ou les houles sont les plus énergétiques ou les Hs se varie de 1.5m à 1.2 m ce qui provoque une érosion de cette partie. Ces données faites de cette houle la plus menaçante de la zone d'étude

4.2. Résultats de réfractions des houles d'avant-projet de protection du rivage de bois sacré :

a. La réfraction de la houle de direction 40° Nord-Est

Les figures 10 et 11 présentent les résultats de l'étude de la réfraction des houles de direction 40° NE et de période de 10.91 s.

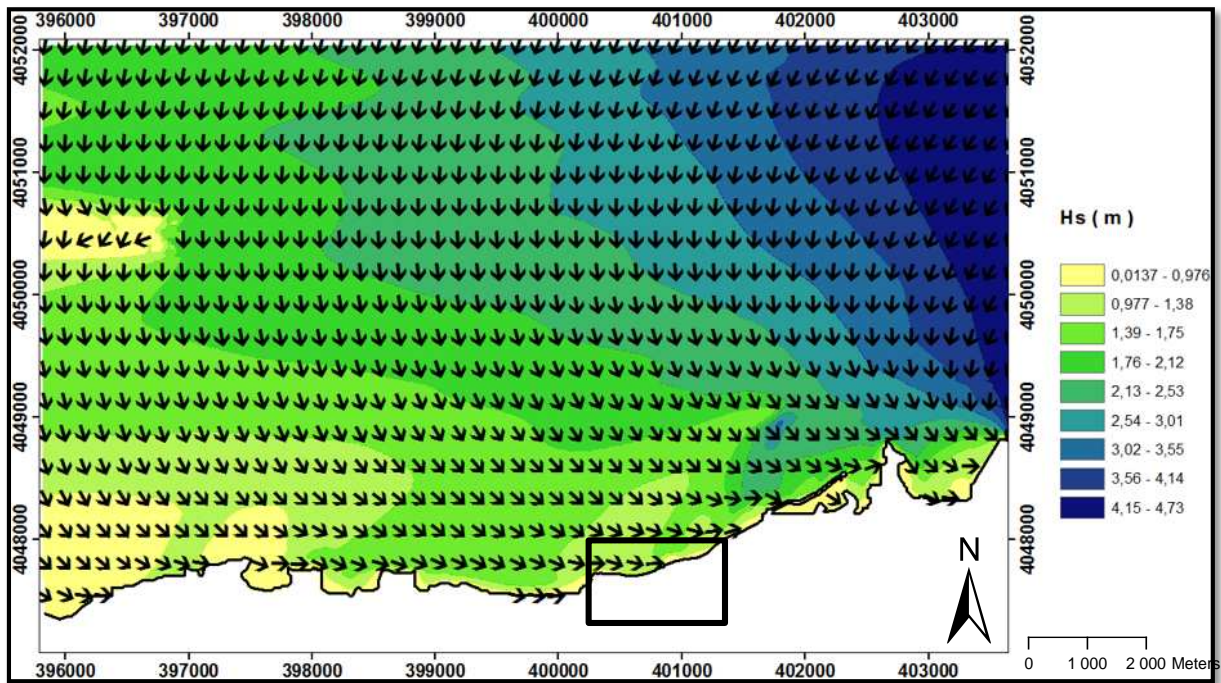


Figure N°IV.10 : Réfraction de la houle pour une direction NE 40° et une période de 10.91 s de large vers la côte (bathymétrie 2009).

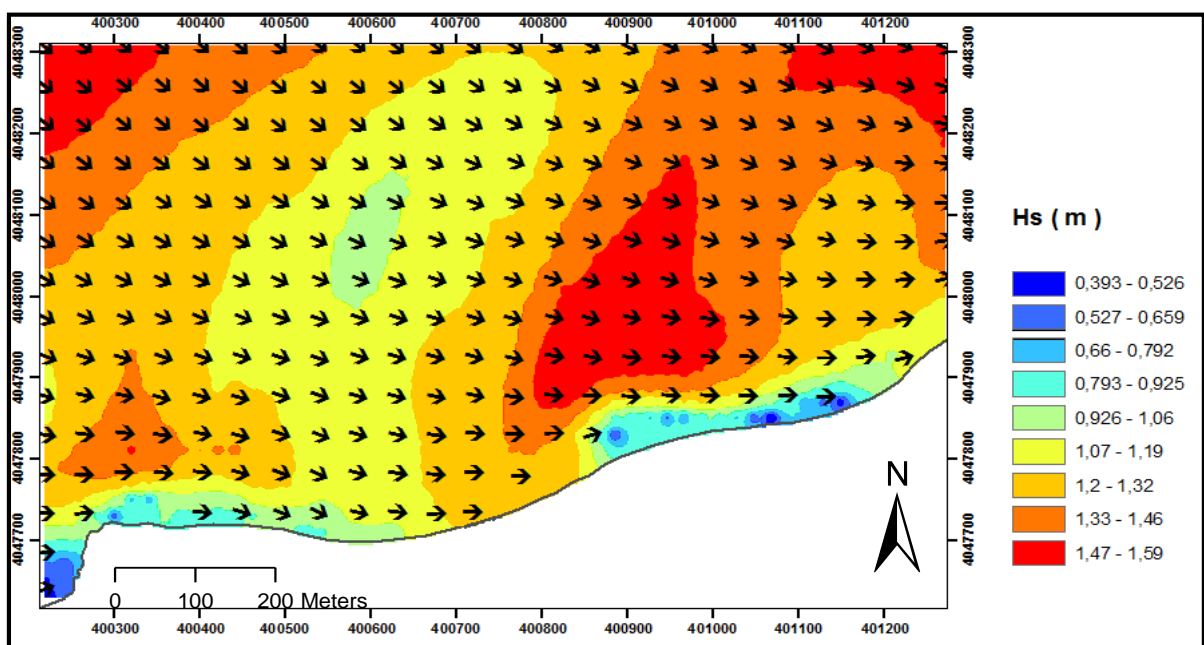


Figure n°IV.11: vue détaillée de la propagation des houles du Nord EST (40°) vers la côte (bathymétrie 2009).

Chapitre IV : Simulation De La Réfraction De La Houle

Les valeurs de coefficient de réfraction K_r dans la cote varient entre 0.08 et 0.32, les houles sont plus réfractés dans la zone d'étude et atteignent des hauteurs significatives très importantes variant entre 1.46 m et 0.926 m au niveau de trait ce qui explique le recul immense de trait de côte.

b. La réfraction de la houle de direction 360° Nord

Les figures 12 et 13 présentent les résultats de l'étude de la réfraction des houles de direction 360° N et de période de 10.87 s.

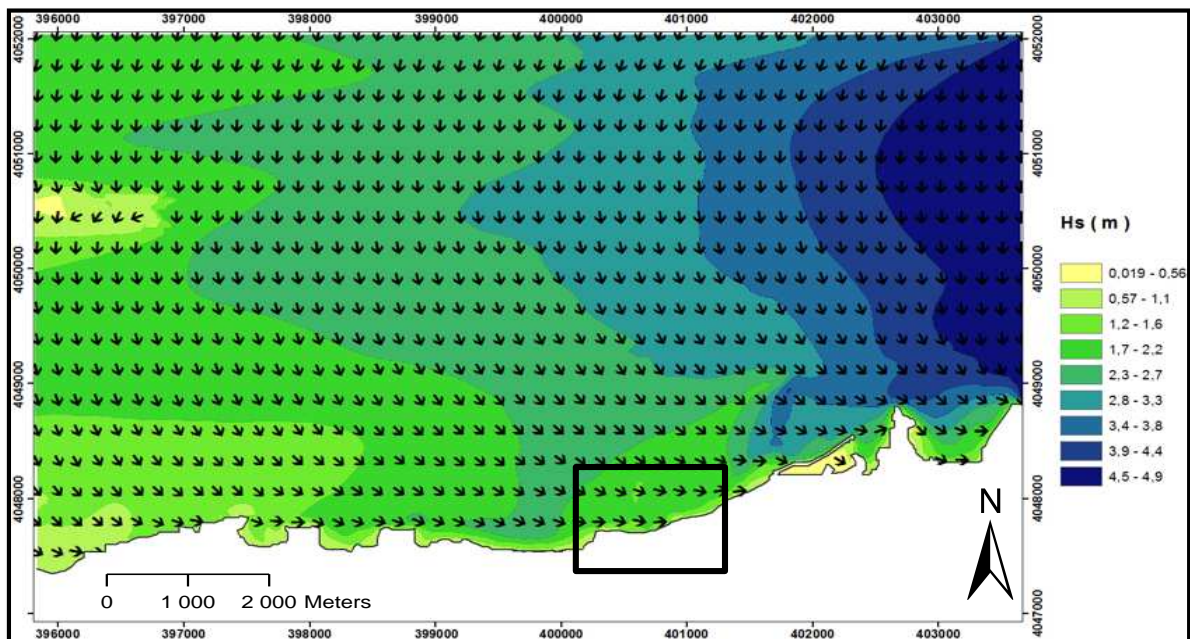


Figure N°IV.12 : Réfraction de la houle pour une direction N 360° et une période de 10.87 s de large vers la côte (bathymétrie 2009).

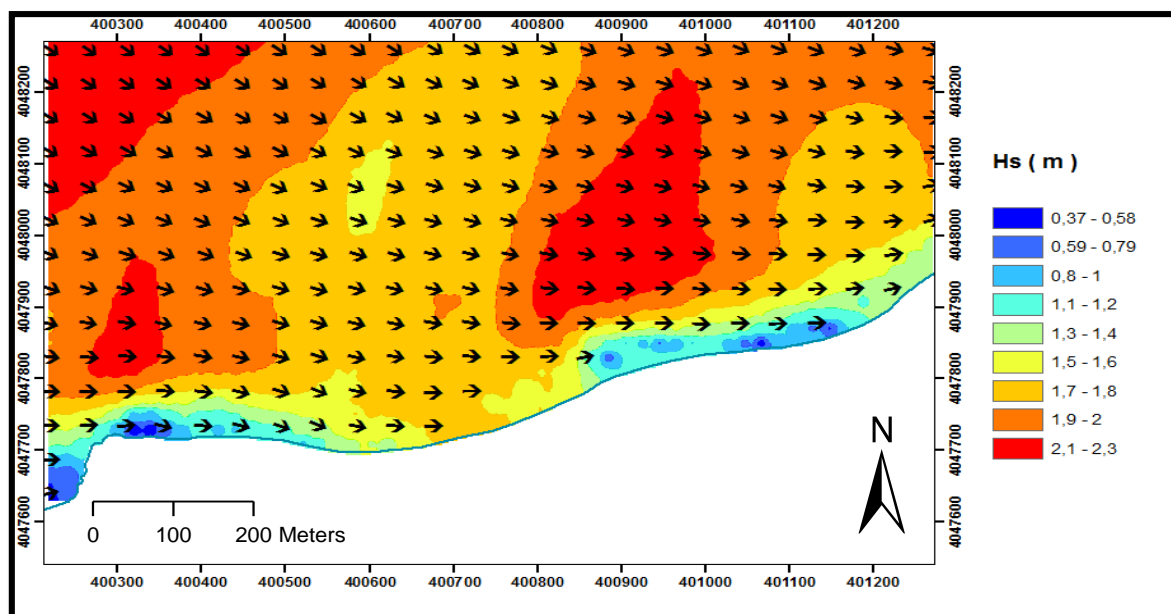


Figure n°IV.13 : vue détaillée de la propagation des houles du Nord (360°) vers la côte (bathymétrie 2009)

Chapitre IV : Simulation De La Réfraction De La Houle

Les houles se propage au large de façon frontale, et commence à se réfracté de façon oblique en rapprochent de la cote, au niveau des petites fonds de 6 mètres de profondeur elle se propage d'une direction parallèle à la ligne de rivage 266° NW, Le coefficient de réfraction se varie entre 0,02 m et 0,80 m (dans les 17 mètres premières).

Elles perdent que peu de leur énergie du large à l'approche de la cote d'où les hauteurs atteignent le trait de côte avec des hauteurs qui varie entre 1,8 et 0,37, ces données font de cette houle très menaçante et provoque une érosion importante dans la zone d'étude. (Voir chapitre V évolution du trait de côte).

c. La réfraction de la houle de direction 320° Nord-Ouest

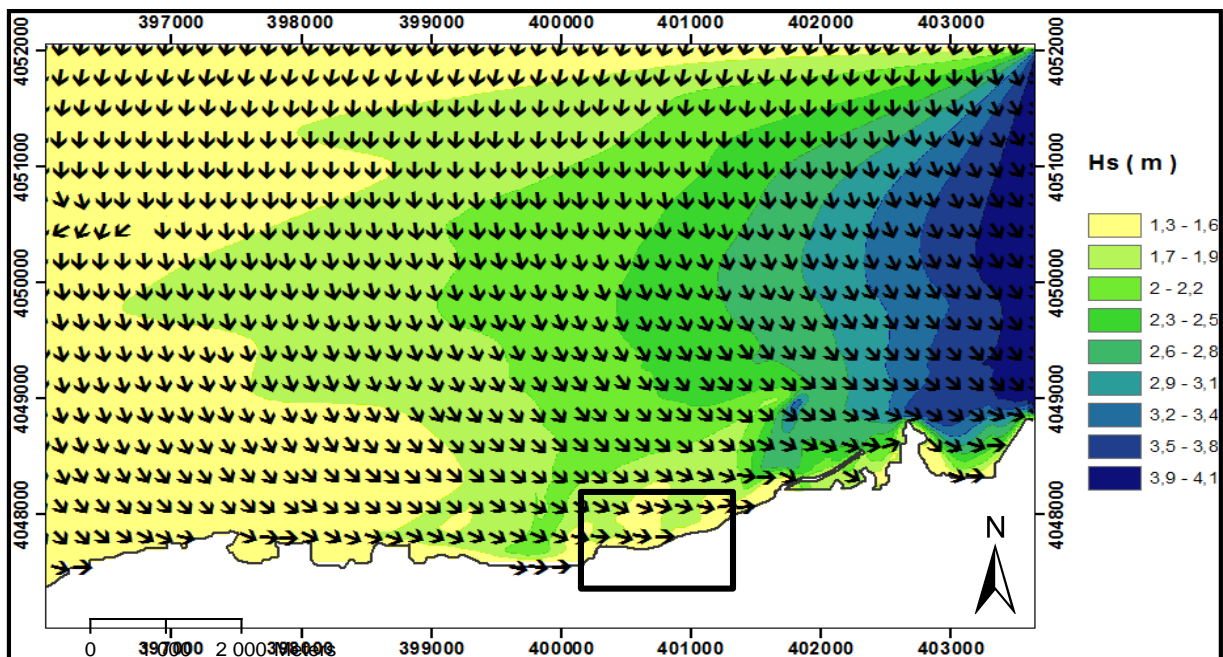


Figure N°IV.14 : Réfraction de la houle pour une direction N 320° et une période de 9.99 s de large vers la côte (bathymétrie 2009).

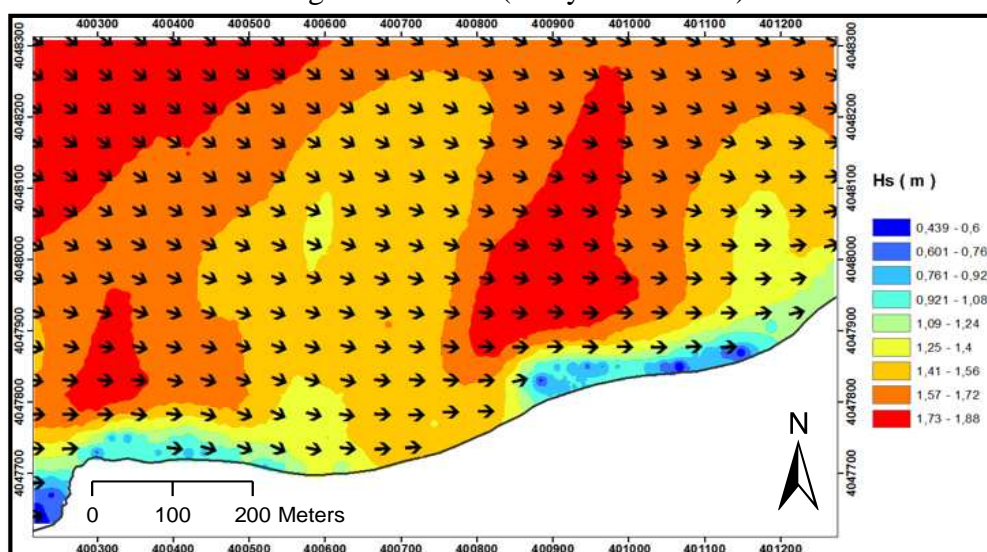


Figure n°IV.15: vue détaillée de la propagation des houles du Nord (320°) vers la côte (bathymétrie 2009).

Les figures 14 et 15 présentent les résultats de l'étude de la réfraction des houles de secteur 320° NW et de période de 9.99 s.

La propagation se fait d'une façon oblique, le coefficient de réfraction est égal à 0,41 à -17 m de profondeur d'où ces houles atteignent le trait de côte en changeant la direction à 280° NW. Les hauteurs significatives varient entre 1.8m et 0.41 m (dans les 17 mètres premières), Elles perdent que peu de leur énergie du large à l'approche de la cote d'où les hauteurs atteignent le trait de côte avec des hauteurs qui varie entre 1.4 et 0.44, ces données font de cette houle très menaçante et érosive de la zone d'étude.

4.3. Observations de comportement des houles après l'implantation des ouvrages de protection :

Direction	Année de mesures	Amplitude de la houle au large Hs (m)	Hs à la côte A – 01m	Kr (-01m)	Hs à la côte à – 05 m	Kr (-05m)	Hs à la côte à – 10 m	Kr (-10m)	Hs à la côte à – 15 m	Kr (-15m)
N40°	2009	4,93	0,8338	0,16912	1,32439	0,269	1,4887	0,302	1,336	0,271
	2016	4,93	0,2898	0,0588	1,2407	0,252	1,4892	0,3021	1,456	0,2955
N360°	2009	4,9	0,8771	0,179	1,74506	0,356	1,9903	0,4062	1,783	0,364
	2016	4,9	0,5571	0,114	1,1039	0,225	1,4801	0,3021	1,262	0,2576
N320°	2009	4,16	0,8341	0,2005	1,6325	0,392	3,3623	0,8082	3,668	0,8819
	2016	4,16	0,599	0,144	1,4378	0,346	3,5815	0,8609	3,641	0,8752

Tableau n°IV.03 : valeurs de coefficients de réfraction moyennes des houles de secteurs NE 40°, N 360°, N320°

D'après les résultats du **Tableau n°IV.03** on déduit y a une quasi similitude des caractéristiques des houles dans les profondeurs de -15m et -10m en passant de 2009 avant l'implantation des brises lames jusqu'à 2016 après l'implantation de ces derniers, on enregistre que :

- Les houles provenant des directions 40°N, et 360°N sont peut réfractées à -10 et à -15m, elles gardent presque la totalité de leur énergie du large avec un coefficient de réfraction Kr variant entre et 0,2 et 0,4.
- Les houles provenant de la direction 320°N sont les plus réfractés à -10 et à -15m, le coefficient de réfraction Kr variant entre et 0,88 et 0,87 traduit une dissipation d'énergie par rapport à l'énergie observé au large.

Dans les petits fonds entre -5m et à -1 m de profondeur qui correspond à la zone de l'implantation des brises lames (brise lame Est implanté à -3m, brise lame Centre implanté à -4m, brise lame Ouest implanté à -2m), les ouvrages commencent à agir sur le comportement de propagation de la houle :

Les variations sont très remarquées lorsque la houle atteint la profondeur -1 m le coefficient de réfraction 0.169 enregistré en 2009 et actuellement il est estimé de 0,058 pour une direction 40° NE ou la houle perd une importante partie de leur énergie. Ainsi les houles de direction 360°N lorsqu'elles atteignent la profondeur de -1 m perd une grande partie de leur énergie, le coefficient de réfraction est estimé de 0,179 l'énergie est minimale à celle enregistrée en 2009 ($K_r = 0.114$)

Par rapport aux houles provenant de la direction 320°N, on enregistre une atténuation d'énergie après l'implantation des brise-lames le coefficient de réfraction est estimé de 0.144 alors qu'il était estimé en 2009 de 0,2.

En conséquence, les valeurs de coefficient de réfraction actuellement montrent que les ouvrages de protection assurent une diminution d'énergie de la houle et création d'une zone plus ou moins calme et protégée des fortes tempêtes.

Conclusion

Le modèle de vague SWAN a été implanté sur notre zone d'étude de Bois Sacré afin d'étudier et reproduire les variabilités spatio-temporelles des turbidités de cette zone.

A travers des résultats du calcul de la réfraction pour les houles biennales, on constate que les houles les plus énergétiques et qui peuvent influencer sur la zone d'étude sont les houles de Nord-Ouest, elles sont responsables de transit littoral.

Ces houles qui étaient prises dans le dimensionnement des ouvrages de protection, sont actuellement à l'origine des avancées de sédiments sous forme de tombolos à l'ombre du brise lame Est et Centre et l'érosion observée entre la falaise et la zone d'ombre du brise lame Ouest.



Chapitre V :

Analyse des variations historique de
la ligne de côte de la plage Bois

Sacré



Introduction

Une ligne de rivage correspond à l'intersection de la lithosphère avec l'hydrosphère marine. Sa position connaît des modifications en liaison avec le va-et-vient de la marée et le déferlement des vagues, mais on peut définir un niveau moyen de la mer, de marée nulle et sans vague, qui semble fixe et auquel on se réfère pour mesurer l'altitude d'un point de la surface d'un continent. En réalité, ce niveau marin, outre des oscillations de courte durée, est affecté par des variations à long terme dont la connaissance est indispensable pour comprendre la morphologie et l'évolution des littoraux (**ROLAND PASKOFF, 1998**).

Ces dernières décennies de nombreuses approches ont été développées pour tenter de prédire l'évolution morphologique des plages, parmi elles nous abordons une approche incluant les SIG et l'imagerie satellitaire. Nous avons appliqué cette démarche sur le linéaire de la plage de Bois Sacré sur une période de 5ans de 2011 à 2016.

1. Historique d'évolution de trait de côte de la plage bois sacré :

Durant la période coloniale le site était réservé à l'agriculture (culture de raisin) et depuis 1970 à des permis de construire ont été délivrés pour des constructions à usage d'habitation d'habitations ceci cause recul important du trait de côte durant la première décennie.

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, on peut citer :

- Deux inondation importantes 1982 et 2000 ont été rapportées par des riverains ces phénomènes ont occasionnées des dégâts sur les maisons proches du trait de côte (première ligne)
- D'importants stocks de sables ont été pris aux moments de la construction
- Vu la vocation touristique de la Commune (population en faveur de la pêche artisanale ainsi la valorisation de la plage pour la baignade
- 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 intensité des tempêtes.

Selon les résultats obtenus de l'étude d'évolution Spatio-temporaire de trait de côte entre 1980 et 2011 (**DAHMANI et ZENATI, 2012**) nous remarquons que la construction des habitations le long du linéaire de Bois sacré de 1980 à 2011 a favorisé le déclenchement du phénomène de l'érosion au niveau de ce site.

Un recule remarqué avec un recul de trait de côte avec une vitesse moyenne de 0.51m/ans au niveau des habitations (partie est et centre) et un léger recul avec une vitesse moyenne de 0.37m/ans (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.

Des grandes modifications de trait de côte ont été remarquées après la réalisation du projet de protection du site contre l'érosion. une importante avancée de trait de côte et un grand stock sédimentaire était récupéré.

L'objet d'étude en ce chapitre est d'évaluer l'impact de ces ouvrages de protection en analysant les variations de position du rivage, chercher la nouvelle adaptation de la dynamique sédimentaire de la plage au aménagement côtier réalisées en analysant les variations de position du rivage.

2. Matériels Et Méthodes :

2.1. Récolte des données :

On a utilisé 4 cartes extraites à partir de Google Earth enregistrées en 2011, 2013 et 2014 et le trait de côte en 2016 qui est mesurée par un GPS. Voir annexe n°VI.01 pour pouvoir comparer entre le trait de côte avant et après la construction des brises lames.

2.2. Moyens et procédure :

Pour étudier l'évolution du trait de côte de la plage de Bois Sacré, nous avons utilisé le logiciel Arc Gis 10.2.

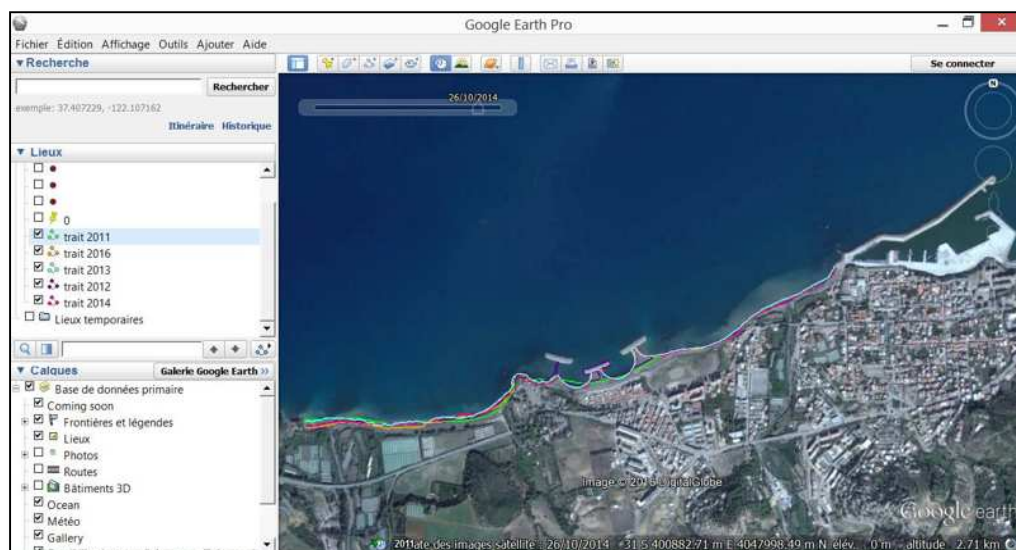


Figure n° V.1 : Extraction d'images satellitaires à partir de Google Earth Pro.

Pour diminuer l'erreur de digitalisation on a digitalisée directement sur Google Earth les traits de côte des années 2011, 2013, 2014 en utilisant l'Outil visite d'archive en changeant les dates par le curseur.

Ensuite on a géo référencée la carte déjà enregistrée en prenant des points de repères en prenant le système de projection WGS84_UTM_31, ensuite retracée les trait de côte en utilisant l'outil **EDITOR**.

On a tracé une ligne de repère sur laquelle on a ajouté des transects perpendiculaire qui coupe toutes les tracées des traits de côte (ces lignes ont la sont distinct entre eux avec la même distance de 50m et particulièrement dans la zone d'étude sont espacées de 20 m pour bien observer les évolutions de ligne de rivage.

Chapitre V : Analyse des variations historiques de la ligne de côte de la plage de Bois sacré

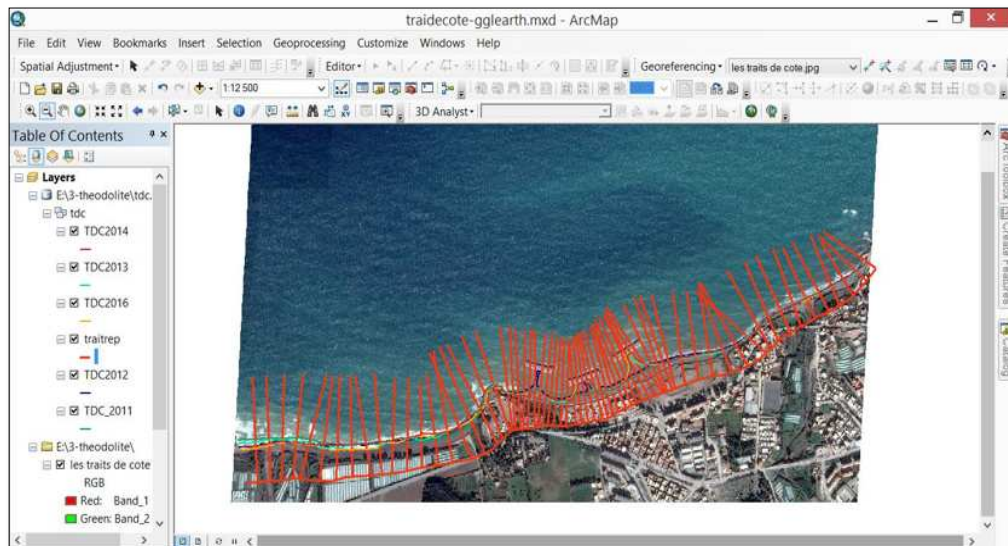



Figure n°V.2 : digitalisation du trait de côte sous Arc Map 10.2

On a met des point où se croisent chaque trait de côte avec chaque transect.et mesuré la distance entre chaque deux trait de côte (entre chaque deux point de trait de côte qui coupe le transect) en utilisant l’outil MEASURE , et effectué deux mesures : de distance et de surfaces (voir Figure n°V.3)

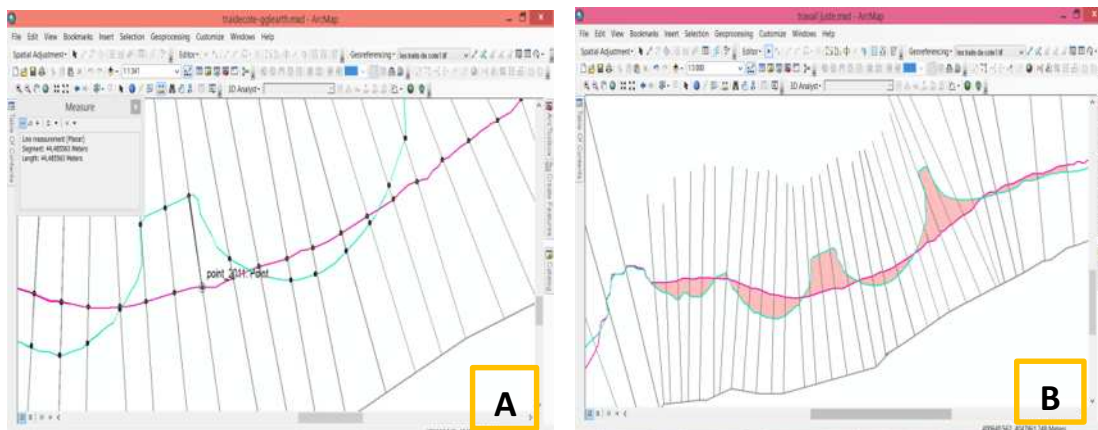


Figure n°V.3 : Méthode de mesure des distances (A) et surfaces(B).

3. Résultat Et Discussion :

Le secteur de bois sacré est découpé en 3 zones pour étudier l’impact des ouvrages sur l’évolution de trait de côte dans le site d’étude et les zones adjacentes (Zone I, Zone d’étude, Zone II)

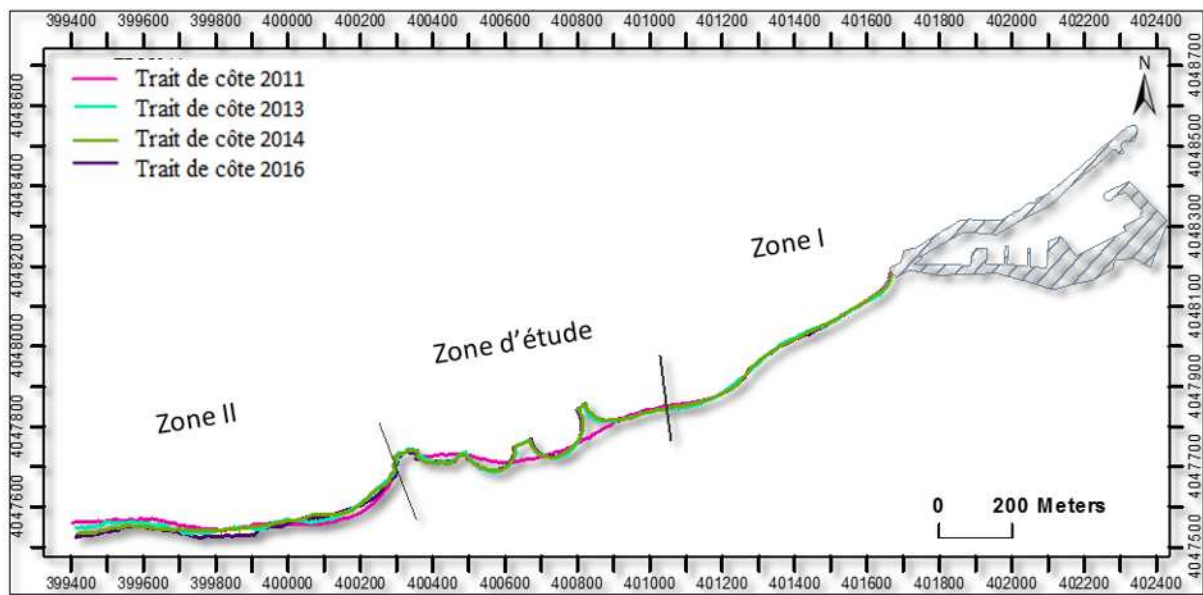


Figure n°V.4 : Carte de l'évolution du trait de côte dans le secteur de bois sacré entre 2011 et 2016

On a choisi 35 transects dans la zone d'étude la distance entre chaque transect est de 20 mètres, 15 transect dans la zone I espacées de 50 mètres, et 19 transects espacées de 50 mètres dans la zone II. (Voir Annexe n°V.01, Annexe n°V.02, Annexe n°V.03).

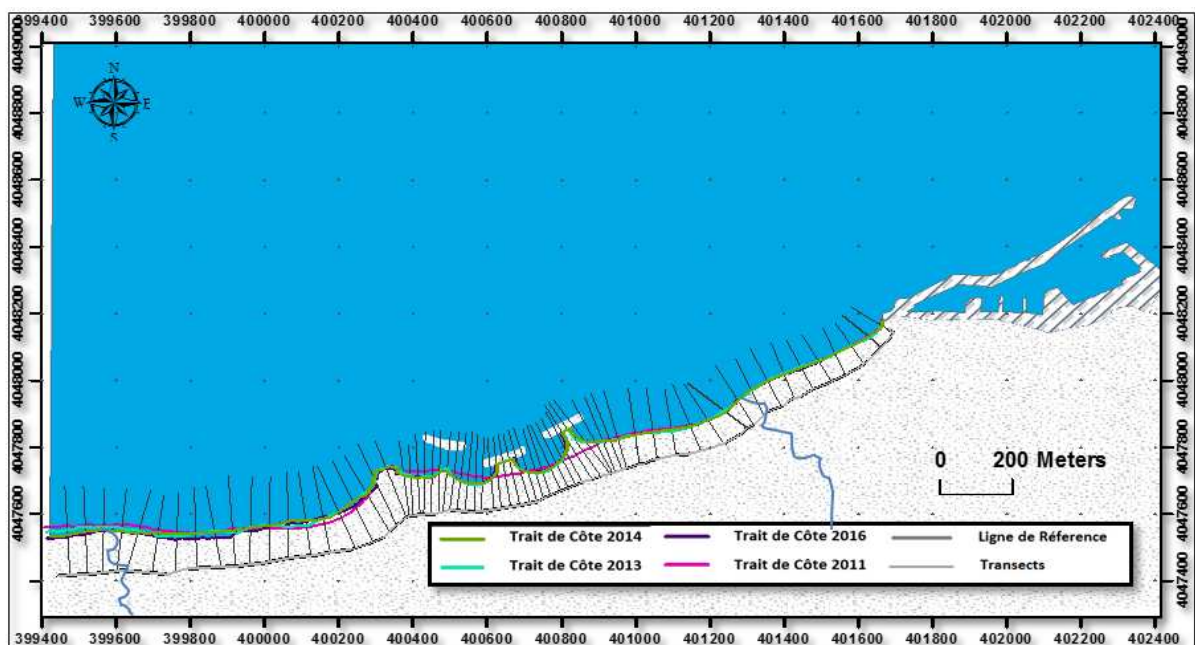


Figure n°V.5 : Représentation des transects et tracés des traits de côtes.

3.1. Evolution du trait de côte dans la Zone d'étude :

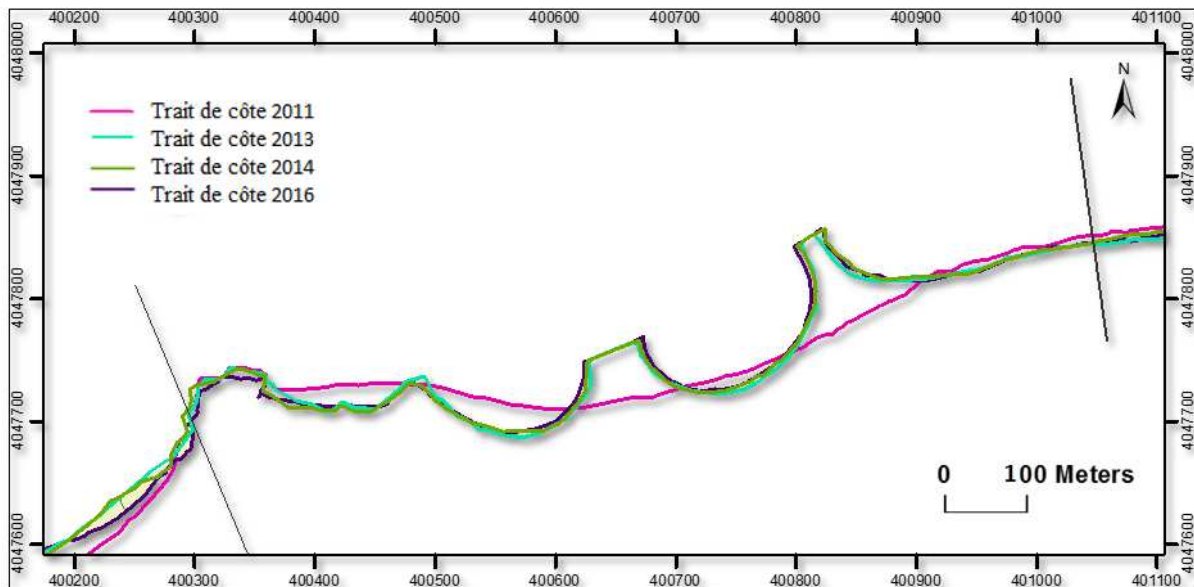


Figure n°V.6 : Carte de l'évolution du trait de côte de la zone d'étude de bois sacré entre 2011 et 2016.

Entre 2011 et 2013 :

Dans cette période est caractérisé par le début des travaux de construction des ouvrages de protection (finalisation de construction en fin d'année 2012) et a reconnu un engraissement de 407.59 m² de surface avec une avancée dans le profil de trait de côte de 1.009 mètres en moyenne, soit la vitesse de 0.547 m/an.

On remarque un avancée rapide de trait de côte en amont des brises lames est et centre .ces accumulations sont due au piégeage des sédiments derrière les brise-lames et empêcher les courant de retour à les entrainer vers le large.

Entre 2013 et 2014 :

En cette période on enregistre un engraissement spectaculaire, la surface engraisée est estimée de 514 m².le taux d'avancée de la ligne de rivage est de **1.1 mètres** soit **0.55 m/an**

Entre 2014 et 2016 :

L'accumulation est toujours spectaculaire, on enregistre une surface engraisée de **1027.105 m/an**, le trait de côte continue à se progresser vers la mer avec un taux d'avancée de **1.327 mètres** soit **0.66 m/ans**

Entre 2011 et 2016 :

On remarque un grand changement de trait de côte, surtout en amont des brise-lames Est et Centre où on observe la création d'une nouvelle plage avec l'avancée est de 86mètres (brise lame Est) et 47 mètres (brise-lames Centre). Ces accumulations sont dues aux blocages de transit sédimentaire d'Ouest vers l'Est.et piégeage des sédiments derrière les brise-lames et empêchement l'entraînement des sédiments vers le large et des apports sédimentaire Terrigène de direction est ouest venant de l'oued de la plage qui situe à l'Est, Par contre, on enregistre une érosion à l'Ouest due à la diminution à cause de concentration d'énergie dans la zone entre la falaise et le brise-lame Centre, l'érosion est très remarquée au niveau de la falaise avec un recul de 8.77m soit 1,754m/an.

Chapitre V : Analyse des variations historiques de la ligne de côte de la plage de Bois sacré

Tableau n°V.01 : taux et vitesse de variation du trait de côte de la zone d'étude de bois sacré entre 2011 et 2016

Transect	Taux de recul 2011-2013 (m)	Vitesse de recul 2011-2013 (m/an)	Taux de recul 2013-2014 (m)	Vitesse de recul 2013-2014 (m/an)	Taux de recul 2014-2016 (m)	Vitesse de recul 2014-2016 (m/an)	Taux de recul 2011-2016 (m)	Vitesse de recul 2011-2016 (m/an)
1	-7,6108	-3,8054	1,7262	1,7262	-0,85	-0,425	-6,73	-1,346
2	-5,2814	-2,6407	1,43	1,43	-0,22	-0,11	-4,07	-0,814
3	-7,0021	-3,50105	-1,09	-1,09	-0,79	-0,395	-8,88	-1,776
4	-2,724	-1,3623	-0,965	-0,965	0,34	0,17	-3,34	-0,669
5	-2,064	-1,03235	1,846	1,846	-3,19	-1,595	-3,408	-0,682
6	8,5043	4,25215	3,081	3,081	-3,34	-1,67	8,245	1,649
7	20,263	10,1319	4,598	4,598	0,32	0,16	25,18	5,036
8	60,29	30,14765	14,918	14,918	0	0	75,21	15,043
9	65,96	32,9833	4,419	4,419	14,48	7,24	84,86	16,97
10	17,85	8,92835	1,815	1,815	3,78	1,89	23,45	4,690
11	3,89	1,94565	2,077	2,077	1,34	0,67	7,3083	1,461
12	-5,684	-2,84205	3,047	3,047	0,42	0,21	-2,21	-0,443
13	-10,89	-5,449	3,038	3,038	1,0038	0,5019	-6,85	-1,371
14	-13,73	-6,8671	3,17	3,17	1,82	0,91	-8,74	-1,748
15	-10,49	-5,24505	1,369	1,369	2,19	1,095	-6,93	-1,386
16	-2,354	-1,1769	-0,86	-0,86	1,72	0,86	-1,49	-0,298
17	13,103	6,5517	2,34	2,34	4,03	2,015	19,47	3,894
18	42,64	21,32	0,8	0,8	0	0	43,44	8,688
19	40,08	20,044	0,45	0,45	0	0	40,538	8,1076
20	12,253	6,1265	12,21	12,21	12,22	6,11	36,683	7,3366
21	-6,01	-3,005	1,319	1,319	3,56	1,78	-1,131	-0,2262
22	-20,61	-10,305	2,43	2,43	2,52	1,26	-15,66	-3,132
23	-25,84	-12,92	5,29	5,29	-1,41	-0,705	-21,96	-4,392
24	-26,12	-13,06	3,09	3,09	-2,9	-1,45	-25,93	-5,186
25	-20	-10	0,54	0,54	-0,68	-0,34	-20,14	-4,028
26	-12,68	-6,34	-3,54	-3,54	0,65	0,325	-15,57	-3,114
27	6,1835	3,09175	-8,76	-8,76	2,24	1,12	-0,336	-0,067
28	-2,83	-1,415	-5,01	-5,01	2,69	1,345	-5,15	-1,03
29	-19,9	-9,95	-0,7	-0,7	1,78	0,89	-18,82	-3,764
30	-17,709	-8,854	-3,36	-3,36	3,92	1,96	-17,15	-3,4298
31	-20,418	-10,209	-0,82	-0,82	4,01	2,005	-17,23	-3,4456
32	-11,405	-5,7025	-3,45	-3,45	2,45	1,225	-12,41	-2,481
33	-3,45	-1,725	-9,18	-9,18	3,86	1,93	-8,77	-1,754
34	-0,658	-0,329	-1,19	-1,19	-2,12	-1,06	-3,968	-0,793
35	-0,24	-0,12	2,76	2,76	-9,38	-4,69	-6,86	-1,372
Moyenne	1,009	0,5047	1,1097	0,5548	1,327	0,663	3,446	0,689

Chapitre V : Analyse des variations historiques de la ligne de côte de la plage de Bois sacré

Tableau n°V.02 : Bilan des taux de surface d'érosion et d'accumulation du trait de côte de plage de bois sacré entre 2011 et 2016.

Les Périodes	Taux d'accrétion (m ²)	Taux d'érosion (m ²)	Moyenne (Accrétion -érosion) (m ²)	Taux Moyen annuel (m ²)
2011-2013	5710,46163	-5302,86774	407,593889	203,7969445
2013-2014	1335,41893	-820,598761	514,820173	514,820173
2014-2016	1375,44955	-419,706316	1027,10528	513,55264
2011-2016	8421,33011	-6543,17282	1949,51934	389,9038684

D'après le tableau ci-dessus, le bilan général de l'état d'évolution des surfaces est estimé à une gagne de **1949.51 m²**, durant une période de 5 ans, soit **389,9038 m²/an**.

L'analyse du **Tableau n°V.02** et **Annexe n°V.01** et de l'histogramme suivant montrent d'une façon synthétique, que dans notre zone d'étude a pris l'avantage de l'engraissement sur l'érosion.

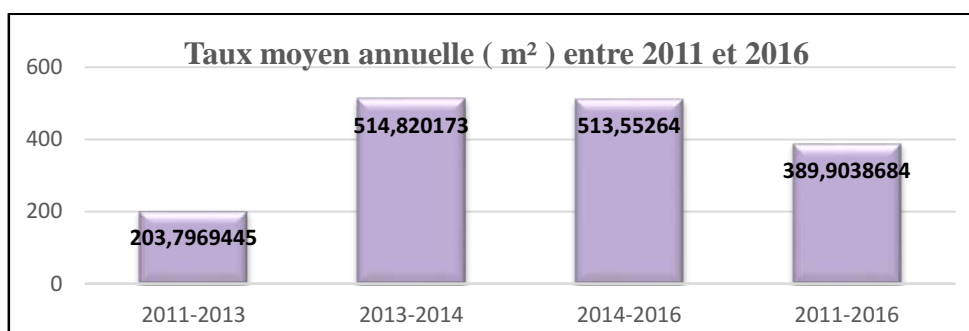


Figure n°V.7 : Diagramme de l'évolution annuelle de la ligne de côte de bois sacré.

Le diagramme ci-dessus exprime les différents taux d'accrétions interannuels estimés en moyenne, dont le taux minimum est de **(203.79 m²/an)** durant une période de trois ans (2011-2013) d'une part. D'autre part le taux maximum **(514.82 m²/an)** s'étale sur une période de deux ans (2013-2014). À citer une autre accumulation de **(513.55 m²/an)** avait lieu durant la période (2014-2016).

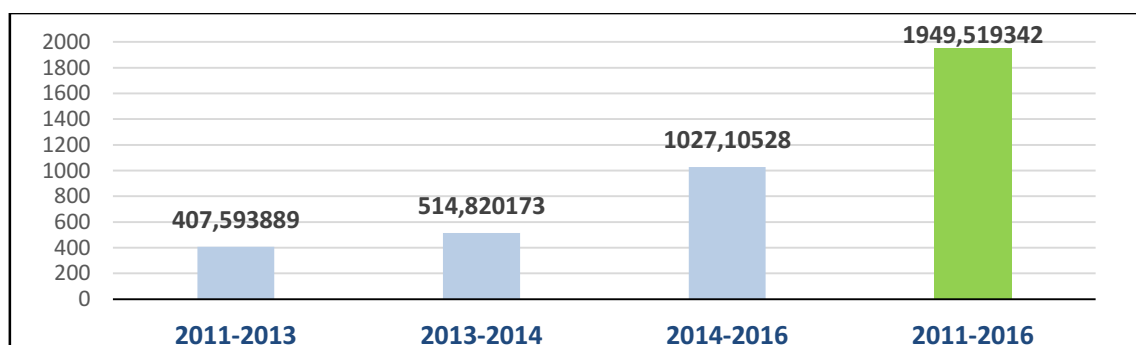


Figure n°V.8 : Diagramme de l'évolution annuelle de la ligne de côte de la zone d'étude, Bois Sacré.

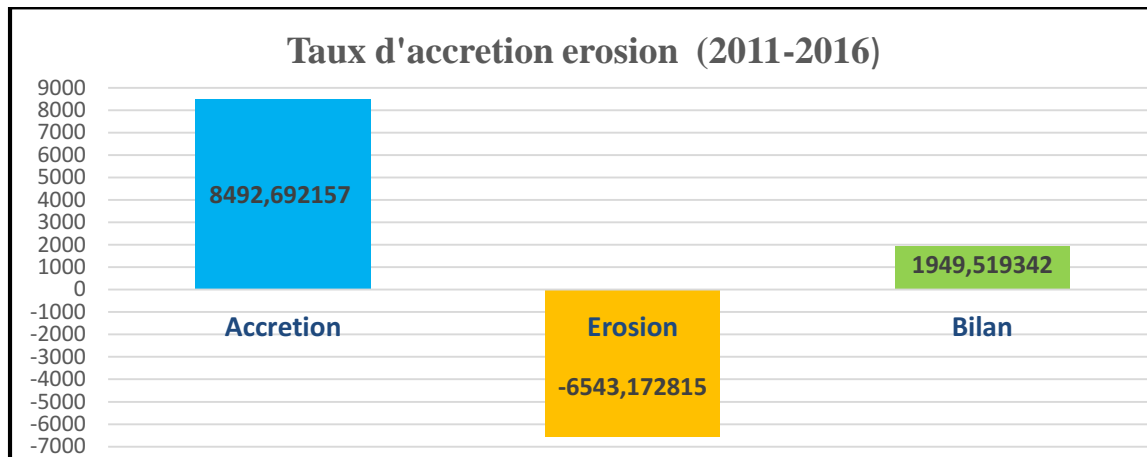


Figure n°V.9 : Diagramme des taux d'accrétions-érosions dans la période 2011-2016 dans la zone d'étude.

La Figure n°V.8 représente le bilan d'accumulations durant les périodes (2011-2013) (2013-2014) (2014-2016). Les surfaces engraisé est estimé de 8492,692157 m² et le taux d'érosion est estimé de (-6543,172815 m²). (Figure n°V.9)

3.2. Evolution du trait de côte dans la Zone I :

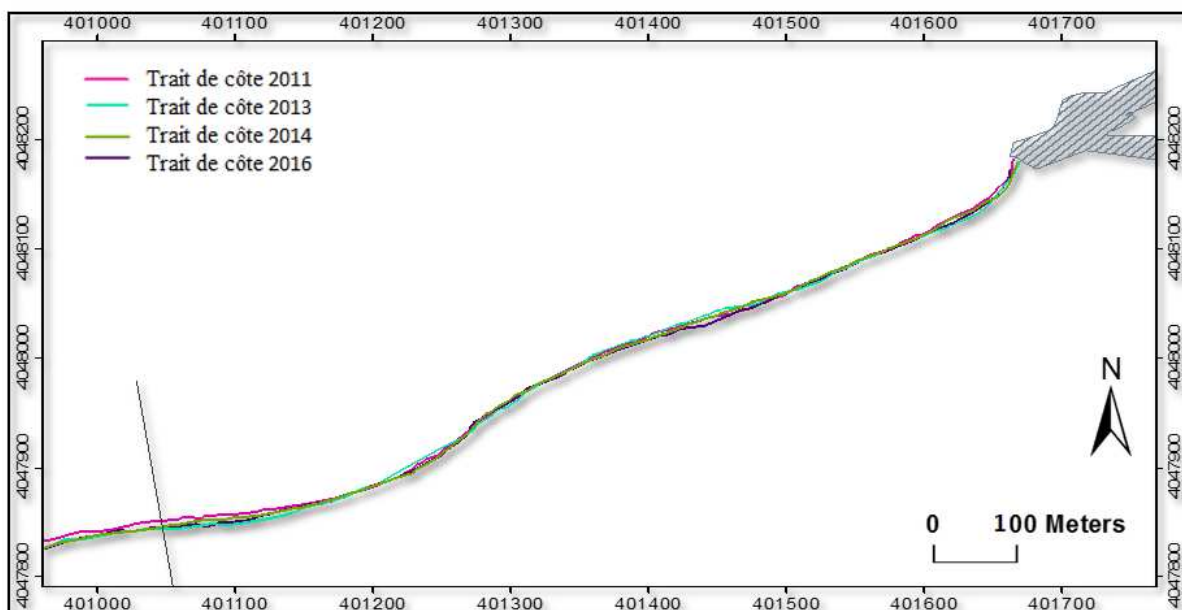


Figure n°V.10 : Carte de l'évolution du trait de côte de la zone I du secteur Bois Sacré entre 2011 et 2016.

Sur cette partie du secteur de Bois Sacré on a enregistré un faible recul de la ligne de rivage dans la période comprise entre 2011 et 2016 estimé de (-1,482 m), soit (0,296 m/an), avec une surface reculée estimé de (-782,3m²) soit (-156,46m²/an), dont le taux d'érosion estimé entre 2011 et 2013 est de (-1029 m²) soit - 343.06446 m²/an avec un recul de la ligne de rivage dans le profil estimé de (-1.37 m) soit (0.68 m/an).

A citer une autre érosion estimée (-277.4 m^2) soit $138 \text{ m}^2/\text{an}$ dans la période qui s'étale de 2013 à 2014 avec un recul de la ligne de côte de ($-0,081$) mètres soit (4 cm/an).

D'autre part le taux minimum d'érosion (-30.51 m^2) soit ($-10.17 \text{ m}^2/\text{an}$), avec un recul de trait de côte estimé de ($-0,031 \text{ m}$) soit (1.5 cm/an) avait lieu durant la période (2014-2016)

(Voir Annexe n°V.02)

A citer que cette zone se situe entre le Port de Gouraya à l'Est et les brise-lames en enrochements à l'Ouest provoque une concentration d'énergies des houles dont on enregistre des amplitudes qui atteint 1 mètre au maximum dans cette peuvent être la major cause de ce recul. Cette zone est peu érosif a à cause des apports terrigènes en sédiments qui appartient de l'Oued qui débouche directement dans la plage.

3.3. Evolution du trait de côte dans la Zone II :

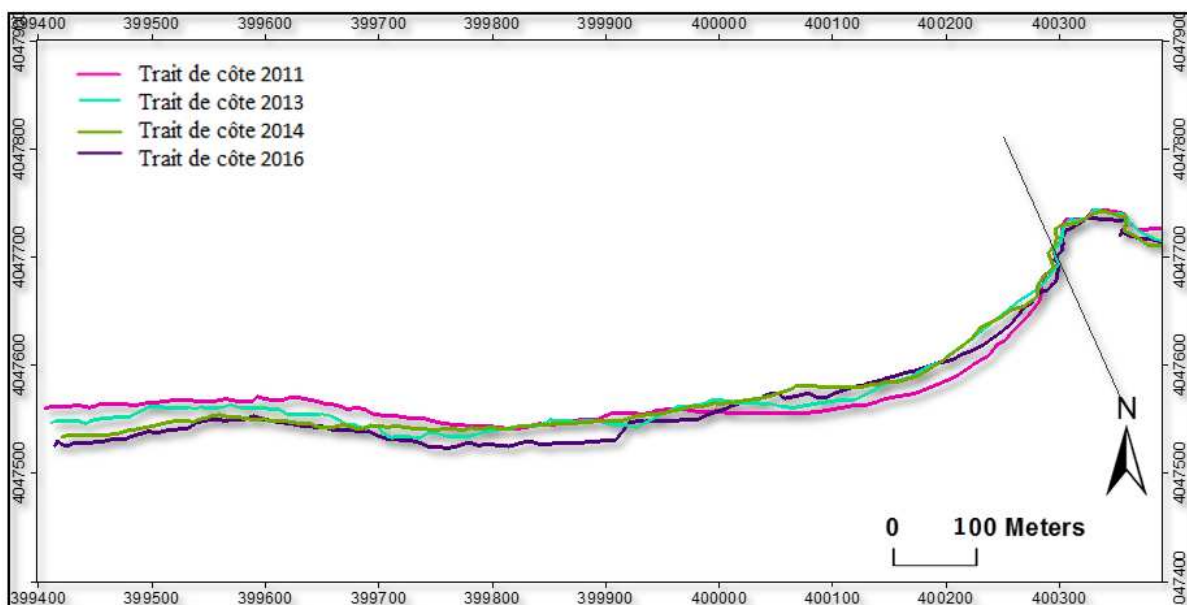


Figure n°V.11 : Carte de l'évolution du trait de côte de la zone II du secteur Bois Sacré entre 2011 et 2016.

Cette zone a reconnue des taux d'érosion très importantes dans une période de 5 ans (2011-2016) estimé de (-5874 m) soit ($-1170 \text{ m}^2/\text{an}$), avec un recul de la ligne de rivage avec une distance estimé de ($-6,173 \text{ m}$) soit (1.23 m/an),

Dans la période entre 2011 et 2013, on enregistre une accrétion estimé de (280.3 m^2) soit ($93.44 \text{ m}^2/\text{an}$) avec une avancée de la ligne de rivage dans le profil estimé de (1.1 cm) soit (0.4 cm/an). D'autre part une autre érosion estimée (-14.4 m^2) soit ($-7.2 \text{ m}^2/\text{an}$), avec un recul de la ligne de rivage estimé de (0.71 m) soit (0.36 m/an) dans la période qui s'étale de 2013 à 2014. d'autre part le taux maximum d'érosion (-6114 m^2) soit ($-2038 \text{ m}^2/\text{an}$), avec un recul de la ligne de côte de (-5.74 m) soit (1.82 m/an) avait lieu durant la période (2014-2016)

(Voir Annexe n°V.03)

Sachant que l'Oued Kellal a un apport en sédiments très réduit à cette zone qui est très exposée aux attaques de la houle, ceci peut être la majeure cause de cette érosion.

Conclusion

L'analyse des variations historiques de la ligne de rivage de Bois Sacré a permis de dresser un bilan sédimentaire de cette côte.

La construction des habitations le long du linéaire de Bois sacré de 1980 à 2011 a favorisé le déclenchement du phénomène de l'érosion de la ligne du rivage.

La construction des ouvrages de protection du rivage de Bois Sacré a induit des variations très importantes tout au long du secteur :

La zone située derrière les brise-lames connaît une avancée importante de trait de côte (17.3 mètres en moyenne dans 5 ans), à noter une avancée maximale de la ligne de rivage de 86 mètres au niveau du tombolo de brise lame Est et 47 mètres (tombolo de brise-lames Centre).

Les taux d'érosions les plus spectaculaires sont remarqués au niveau de la falaise jusqu'à Oued Kellal.

La zone comprise entre le port à l'Est et les brise-lames à l'ouest n'est pas affectée par des modifications importantes du rivage.



Chapitre VI :

Etude de la Morphologie de la
Plage Aérienne



Introduction :

La morpho dynamique des plages peut se définir comme l'ensemble des changements morphologiques des plages sous l'effet de facteurs hydrodynamique, naturelle ou anthropique, contribuent à façonner les côtes, Durant la période coloniale le site était réservé à l'agriculture (culture de raisin) et depuis 1970 :

- La plage de Bois sacré a été considérée comme stable jusqu'à 1970. Depuis cette date, elle a été le siège d'une importante érosion à la fois hydrique (inondations) et marine favorisée par la topographie du site, qui s'est fait beaucoup sentir durant les années 1970
- Des permis de construire ont été délivrés pour des constructions à usage d'habitation d'habitations ceci cause recul important du trait de côte durant la première décennie.

La solution préconisée par le laboratoire des études maritimes (L.E.M), est réalisée, elle consiste en une protection de la plage par l'implantation d'une batterie de brise lames et une protection de haut de plage.

1. Impact du projet de protection de protection de la plage aérienne du site de Bois Sacré :

Les solutions prévues essayaient de répondre aux objectifs escomptés ci-dessus.

- **La solution immédiate** : par la proposition d'une protection frontale de type (cordon d'enrochement) sur un linéaire de 500m avec la réalisation d'un mur de soutènement au centre du site sur un linéaire de 250m, et pour ce dernier le LEM proposait sa réalisation par un mur poids en maçonnerie.
- **Une protection mixte** : elle consiste en la réalisation d'une protection constituée d'une protection submersible et d'une protection du talus. La mise en place d'un ou une batterie de brise lames implantés entre les isobathes -4 permet d'assurer que le déferlement de la houle commence entre les isobathes -9 à -5m et par conséquent, la houle transmise à la cote est assez faible pour déstabiliser le mur de protection du haut de plage, et favorisé la reconstitution de la plage naturellement.

En réalisant ces ouvrages parallèles à la côte permette de piéger les sédiments situés entre la cote -4 et -6m et par conséquent adoucir la pente des petits fonds.

La batterie de protection est constituée de 03 brise-lames avec une longueur de 100m chacun et espacé et 80m.

1.1. Aménagement de la haute plage :

Les ouvrages longitudinaux de haut de plage, permettent de fixer le trait de côte et de protéger l'arrière côte. Ils peuvent cependant engendrer des effets secondaires en augmentant la réflexion des lames.

Ces aménagements ont malheureusement souvent pour conséquence la dénaturation du paysage naturel et l'accélération de l'érosion en d'autres points du rivage.

Les solutions adaptées à l'aménagement de la partie terrestre de la zone de Bois Sacré ont pour but :

- 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.

1.1.1. Structure des ouvrage de haut de plage :

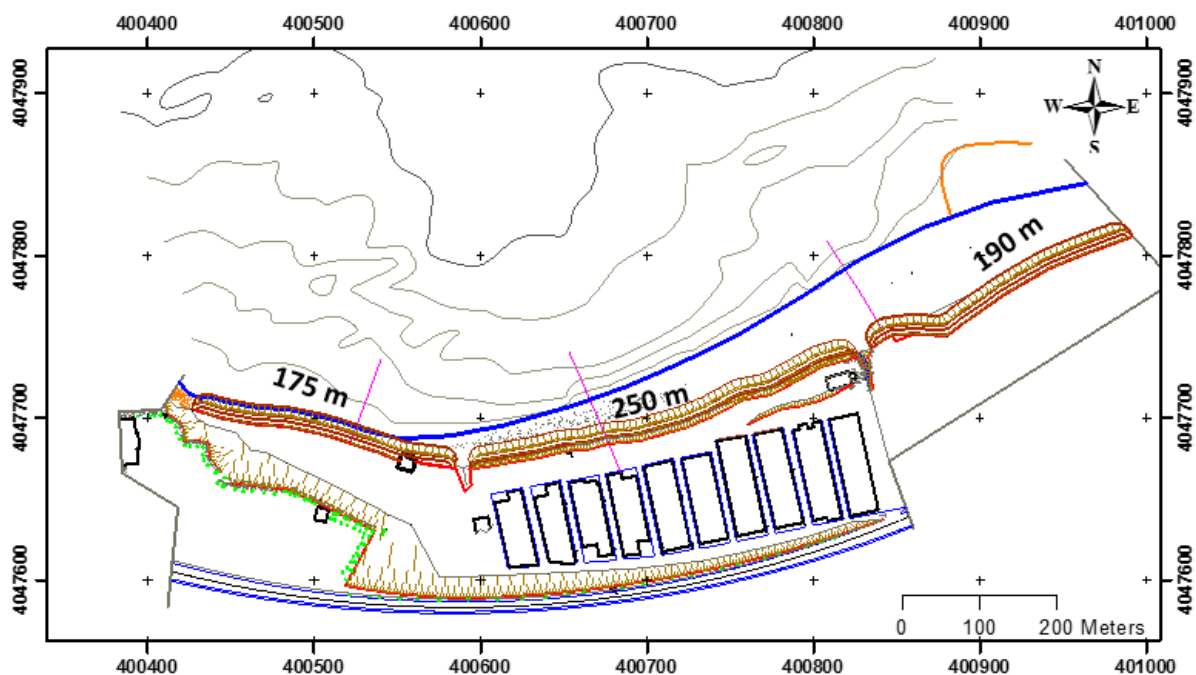


Figure n°VI.01 : Dimensionnement des ouvrages de protection de haut de plage « plan de masse» (LEM, 2009).

La solution préconisée par le laboratoire des études maritimes LEM pour la protection de haut de la plage de bois sacré consiste à construire Un mur en enrochements naturelles parallèles au rivage : Le mur à l'ouest qui est en contact direct avec la mer, avec une longueur de 175 mètres, le mur du Centre s'étale avec une longueur de 250 mètres, et un autre mur en enrochement naturelle à l'Est d'une longueur de 190 mètres.

1.1.2. Impact sédimentaire :

Cet ouvrage sur la plage de bois sacré a pour conséquence immédiate sur la plage d'entraîner un abaissement du profil de la plage et de diminuer sa largeur par réflexions des houles et clapots à leurs pieds, qui est très remarquée dans la ligne de rivage de zone abritée entre les brise-lames Centre et Est.

Le haut de plage est déstructurée, et disparition des stocks sableux qui alimente la plage dû aux installations urbains (route, parking, habitation). Voir Figure n°VI.02.

1.1.3. Impact morphologique et paysager :

La construction de ces trois murs en enrochement naturelle dans le haut de la plage assure une protection du talus et empiètement minimum sur la plage existante. Et garantir la pérennité des aménagements en hauts de la plage pour des houles de tempêtes observées annuellement.

Le talus est reprofilé avec un espace de promenade et un accès plage par un escalier. Ainsi le talus situé entre les habitations et la plage est traité par reprofilage, un autre espace est aménagé : un parking près des habitations d'une capacité d'une vingtaine de véhicule.

D'autre part ces ouvrage ont contribué à artificialisées le haut de la plage Bois Sacré, vue la surface très réduite de la plage, l'implantation des ouvrages tout le longs de haut de plage représente un consommateur d'espace de la plage qui peut entraîner un gêne aux habitants.

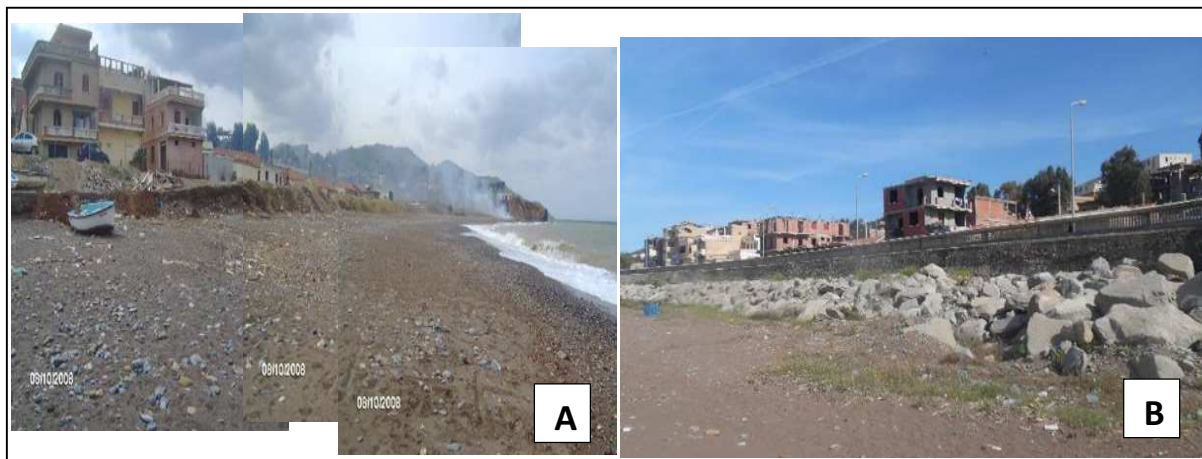


Figure n°VI.02. État de la plage de Bois Sacré : **A** avant son protection, **B** état actuelle après son protection.

1.2. Aménagement de la basse plage :

Les ouvrages proposés présentent chacun des avantages et des inconvénients. Toutefois, le choix de Brise-lames émergés était favorisée à planter dans la plage de bois sacré lorsqu'ils combinent la souplesse et la stabilité ainsi le cout de réalisation, et semblent les plus adéquats pour notre zone d'étude.

Les brises lames sont des ouvrages mis en place en avant de la côte, et disposée plus ou moins parallèlement à son tracé, ils ont pour but d'atténuer ou de supprimer l'impact des vagues sur un rivage en réfléchissant ou en absorbant leur énergie avant qu'elle ne l'atteigne.

Dans cette partie On va étudier leurs impact sédimentaire et paysager et sur la ligne de rivage.

1.2.1. Structure des ouvrage de la plage basse :

La protection off-shore est composée de 03 brise-lames avec les caractéristiques suivants :

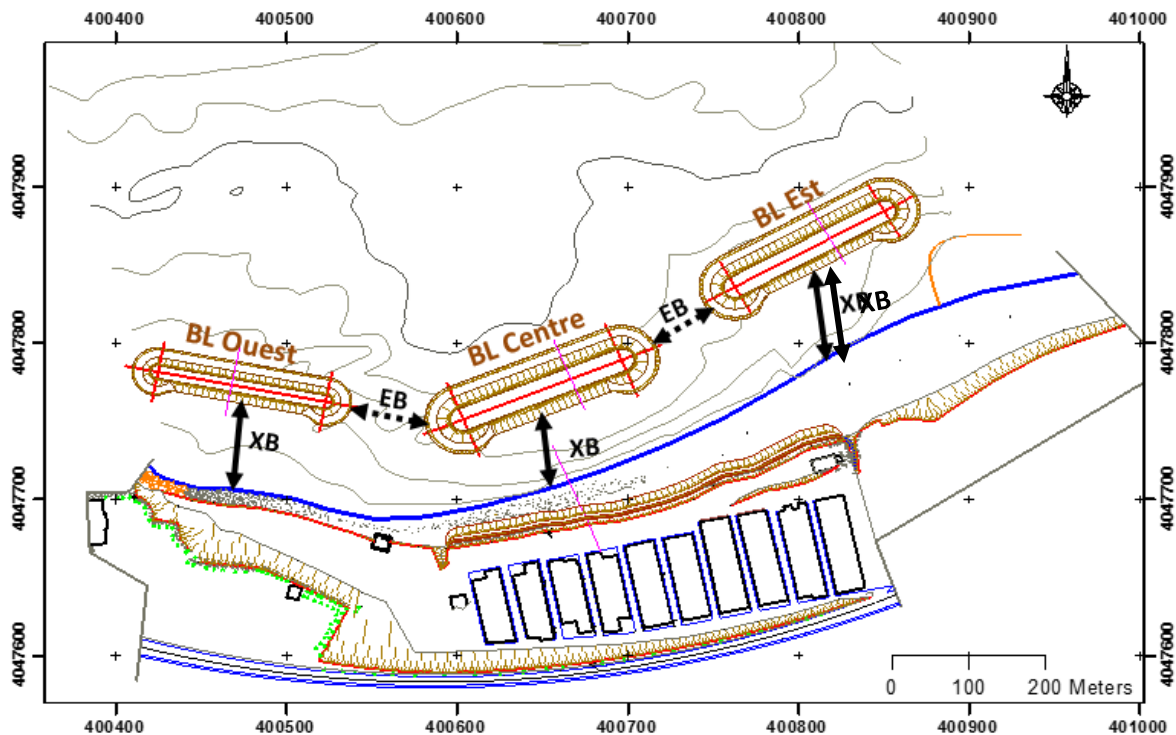


Figure n°VI.03 : Dimensionnement des ouvrages de protection de la basse plage « plan de masse» (LEM, 2009).

Brise-lames Est :

- Profondeur d'implantation : - 3 m
- Cote d'arase +2,10m
- Longueur LB: 100 m
- Largeur en tête : 14 m
- Espacement entre brise lames EB : 80 m

Brise-lames Centre :

- Profondeur d'implantation : - 4 m
- Cote d'arase +2,3m
- Longueur LB : 100 m
- Largeur en tête : 15 m
- Espacement entre brise lames EB : 80 m

Brise-lames Ouest :

- Profondeur d'implantation : - 2 m
- Cote d'arase +2m
- Longueur LB : 100 m
- Largeur en tête : 9 m
- Espacement entre brise lames EB : 80 m

1.2.2. Impact sédimentaire :

De point de vue sédimentaire, les brises lames ont des incidences aussi bien positives que négative.

L'implantation des ouvrages de protection dans la plage de Bois Sacré a pour but de piéger les sédiments entrainés par un déplacement frontale, en se comportant comme un obstacle devant les courant de retour qui entraînent les sédiments vers le large. Ces derniers sont mise en suspension dans la zone de l'ombre des brises lames, puis décantés et provoquent par conséquent des accumulations de sables qui induit à le soulèvement des fonds marin, le reprofilage de la plage sous-marine et ainsi un avancée de trait de côte et formation des tombolos et des saliens.

Les tombolos de Brise-lames formées se comporte comme un épi et agissent sur le transit sableux déplacés par la dérive littorale dans une direction dominante de la houle dans la plage de bois sacré(direction Ouest-Est) en piègent les sédiments à l'ombre des brise-lames.

La construction des brises lames sur une côte pose des problèmes en accroissant la sédimentation dans la zone d'ombre qu'ils provoquent dans le secteur immédiatement adjacent à l'aval, dans le sens de la dérive littorale dominante secteur Ouest-Est un déficit en matériaux qui induit ou accentue des phénomènes d'érosions.

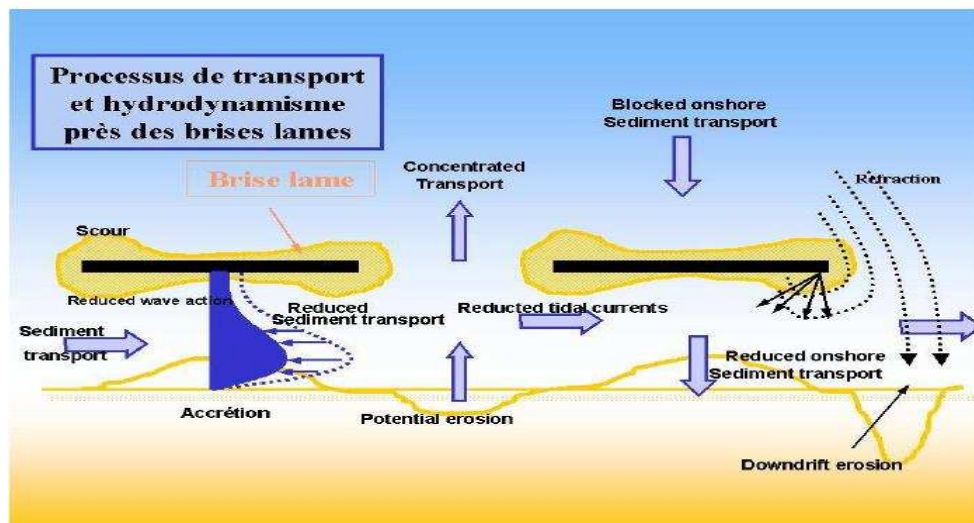


Figure n°VI.04.impact des brises lames sur les processus hydrodynamiques.

En résumé, l'implantation d'un ouvrage sur le littoral ou une modification de la côte perturbe les conditions de déplacement ou l'équilibre correspondant à la nouvelle situation. Il est donc nécessaire de prévoir l'effet d'un ouvrage nouveau sur le régime d'une côte. (Maquet, 1978).

1.2.3. Impact Paysager et Morphologique :

La plage auparavant avait un profil curviligne ; La pente de la plage aérienne était déclive elle présente une pente moyenne de l'ordre de 10%. Les paramètres morphologiques du site indiquent que ce dernier était en déséquilibre. On ne prenant qu'un indice (pente) ce qui explique que la plage était à tendance érosive, la plage de bois sacré remplissait une superficie de **21512,6 m²**

Actuellement, la Protection de la plage de bois sacré contribue à une perturbation de la sédimentation ainsi que la modification de l'évolution de la ligne de rivage. L'impact sédimentaire de ces ouvrages de protection est positive localement, ils créent une accumulation de sable du côté exposée au courant et une érosion des côtés adjacents.

La protection de la plage de bois sacré a remodelé la morphologie de la plage en la modifiée en forme d'Arcs, la plage remplit une superficie de **23349,5 m²**.

Les brise-lames dans la plage de Bois Sacré ont un impact visuel très important. Ils constituent d'une part, des écrans importants masquent les vues vers le large et d'autre part ils s'insèrent très mal dans le paysage car ils sont toujours massifs et plutôt inesthétiques.

1.2.4. Impact sur la ligne de rivage :

Les surfaces gagnées sur la plage occupent une superficie de **1949.51 m²**, durant une période de 5 ans, soit **389,9038 m²/an**. Notre zone d'étude a pris l'avantage de l'engraissement sur l'érosion. Cet engraissement se traduit par la création d'une avancée perpendiculaire au rivage (tombolo de brise lame Est avance de 86 mètres et tombolo de brise-lames Centre avance de 47 mètres à l'ancienne ligne de rivage.

Les sédiments nécessaires à la construction de l'avancée ont entraîné une érosion à l'aval de l'ouvrage eu égard à la direction résultat du transport littoral.

Le rivage située à droite de l'ouverture entre deux brises lames successif recul fortement du fait que le rivage tend s'orientée parallèlement aux houles.

Les surfaces engraisé entre les années 2011 et 2016 sont estimés de **8492,692157 m²** et le taux d'érosion est estimé de **-6543,172815 m²**, représentés en Figure n°VI.06.

Dans zone à l'ombre du brise-lame Ouest se forme un salien, les sédiments sont des galets ce qui témoigne une forte énergie de la houle, Les sédiments grossiers provoquent une diffraction très importante et par conséquent une importante érosion enregistrée.

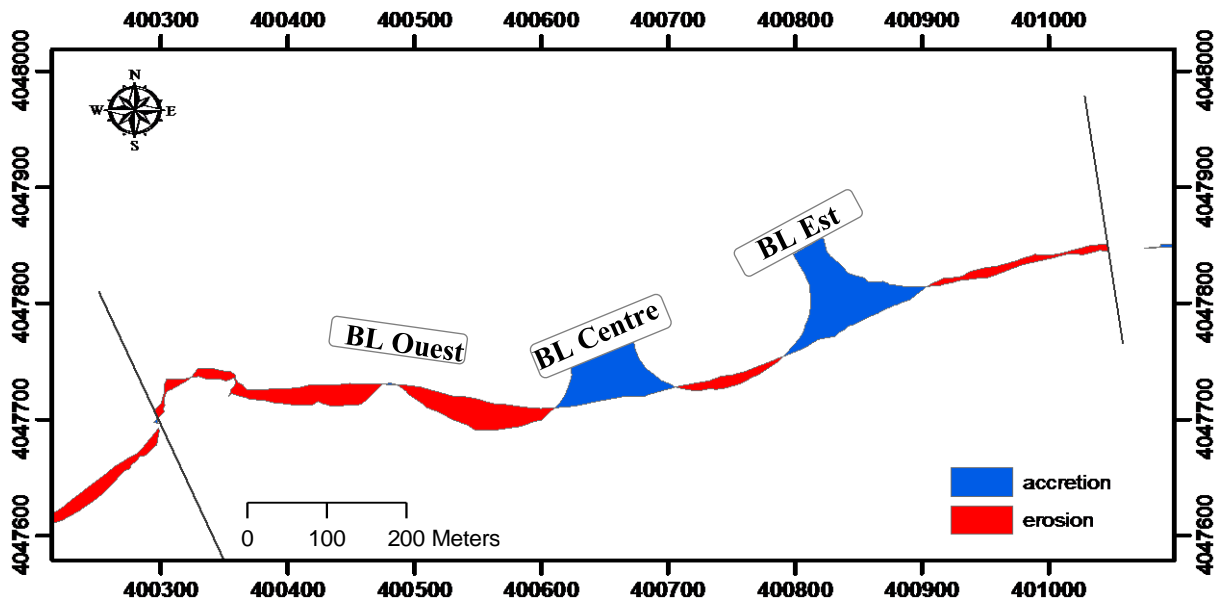


Figure n°VI.05. carte des zones d'érosions et d'accumulations dans la plage de Bois Sacré.

1.2.4.1. Relation entre la Longueur du brise-lames et sa distance du rivage :

Selon sa longueur et sa largeur et son emplacement par rapport à la cote le brise lame peut générer des accumulations de sable en son ombre qui sert à l'origine de la formation soit d'un salien ou d'un tombolo,

Le saliens est une forme sinusoïdale, courbée, et le tombolo se forme lorsque les sédiments s'accumule et atteindre le pied de l'ouvrage.

D'après certaines études (**tableau n°VI.01**), la formation et le développement des saliens et des tombolos à l'abri des brise-lames successifs dépendent essentiellement des longueurs des ouvrages (LB), des distances qui les séparent de la côte (XB) ainsi que des espacements entre les ouvrages (EB). On a :

LB = 100 m, EB = 80 m, XB Centre = 45 m, XB Ouest = 58 m, XB Est = 55 m.

Tableau n°VI.01 : Formules empiriques de travaux antérieurs appliquées à la zone d'étude.

Références	Résultats expérimentaux et empiriques	Zone d'étude	
		Calcule	Interprétation
Seiji et al (1987)	<p>EB/XB < 0.8 : pas d'érosion entre 2 brise-lames successifs</p> <p>EB/XB > 0.8 : érosion entre 2 brise-lames successifs</p>	<p>(Bl-Est) 80/55 = 1,454</p> <p>(Bl-Centre) 80/45 = 1.77</p> <p>(Bl-Ouest) 80/58 = 1,37</p>	<p><i>EB/XB > 0.8 : érosion entre 2 brise-lames successifs</i></p>
Ahrens et Cox (1990)	<p>Indice de réponse d'une côte : $Is = \exp(1.72 - 0.41LB/XB)$</p> <p>Is=1 : formation d'un tombolo permanent,</p> <p>Is=2: tombolo périodique,</p> <p>Is=3: Salient bien développé,</p> <p>Is=4 : Salient peu développé,</p> <p>Is=5 : pas de sinuosité</p>	<p>(Bl-Est) : 2.34</p> <p>(Bl-Centre): 2.24</p> <p>(Bl-Ouest): 2.8</p>	<p><i>Bl-Est : favorise la formation d'un tombolo périodique</i></p> <p><i>Bl-Centre : favorise la formation d'un tombolo périodique</i></p> <p><i>Bl-Ouest : favorise la formation d'un Salient bien développé</i></p>
McCormick (1993)	<p>XB/LB < 0.6 : formation du tombolo</p> <p>XB/LB > 0.6 : formation de salient</p>	<p>(Bl-Est) = 0.55</p> <p>(Bl-Centre) = 0.45</p> <p>(Bl-Ouest) = 0.6</p>	<p><i>Les brises lames Est et centre favorise la formation du Tombolos</i></p> <p><i>Le brise lame ouest favorise la formation d'un salient.</i></p>

L'application de ces formules à notre zone d'étude montre que les formules de Seiji et al 1987 et Ahrens et Cox (1990) et McCormick (1993) sont les plus proches de notre cas. Ceci indique que les tombolos formés dans le cas des brise-lames successifs dépendent de la longueur de ces derniers, de leurs distances à la côte ainsi que de leurs espacements.

La variation de la surface des tombolos en fonction des caractéristiques des brise-lames subdivise ces ouvrages en deux lots : le premier se caractérise par un engraissement important. Il comprend les brise-lames Est et Centre qui sont les moins espacés les uns par rapport aux autres selon son inclinaison et les plus proches de la côte ces deux brise-lames favorise la formation de tombolos. Le second lot est formé par le brise-lame Ouest, espacés relativement par rapport à son inclinaison le plus éloigné de la côte. Ce lot se distingue par des accumulations sédimentaires de faibles superficies.

Ainsi, dans le cas d'une batterie de brise-lames, l'accrétion est d'autant plus importante que la distance séparant 2 ouvrages successifs est petite.

2. Impact sur les plages adjacentes :

Les brise lame ont un impact locale traduit une accumulation mai induit a le déplacement de l'érosion vers les parties côtières adjacentes ;

Dans la zone située à l'Est du site protégée jusqu'au port de Gouraya, on a enregistré un faible recul de la ligne de rivage dans la période comprise entre 2011 et 2016 avec une surface reculée estimé de **(-782,3m²)**. Aussi la zone situé à l'Ouest du site protégé a reconnue des taux d'érosion très importantes dans une période de 5 ans (2011-2016) avec un recul de la ligne de rivage avec une distance estimé de **(-6,173 m)**

3. Impact des brises lames sur l'éperon rocheux :

L'érosion des cotes à falaise est souvent exprimée par le biais des vitesses de recul de rivage. Les modalités des évolutions de ce rivage à falaise peuvent alors être proposée en y incluant les impacts récents des activités anthropiques et particulièrement dans notre zone d'étude les ouvrages de protection de rivage de Bois sacré, d'autre part les construction sur cette falaise.

La protection du rivage de bois sacré fait déplacer la zone d'érosion vers la zone située à l'ouest du site et particulièrement la falaise située à l'ouest du site d'étude.

La houle qui provient d'une direction Nord-Ouest, et la direction des houles du nord, quand elle rencontre le brise-lame ouest comme obstacle se difracte vers cette falaise et provoque une concentration d'énergie à ce niveau et induit un recul important estimée de **-8.77m** en moyenne pendant 5 ans une vitesse de **1,754 m/an**.

La falaise lorsqu'elle subit l'énergie importante de la houle avec une amplitude varie entre **0.87 m** et **1 m** elle reçoit des chocs et par conséquent un risque d'effondrement, qui menace la caserne qui situe au-dessus.

Les sédiments du fonds est rocheux avec l'existence des galets à l'ombre du brise-lame Ouest ce qui témoigne à une forte énergie de la houle à ce niveau. L'accumulation de galets aux pieds de la falaise joue également un rôle protecteur.

Une protection doit faite immédiatement au niveau de la falaise et une surveillance de taux de recul et du choc par la méthode de surveillance sismographique, et ralentir son recul par des perrés, des épis ou autres travaux de consolidation. la figure ci-dessous montre les différentes méthodes de protection de la falaise (épis et mur de soutènement).

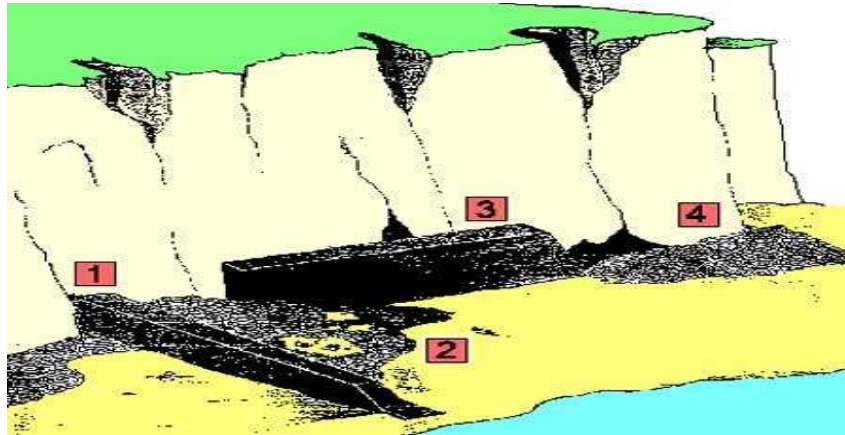


Figure n°VI.06 : Travaux de protection d'une falaise.

(1): épi (2): stock de galets retenus par l'épi (3): perré (4): galets mobiles déplacés par la dérive littorale

Conclusion

L'aménagement de défense du littoral de Bois Sacré est composé d'une combinaison d'ouvrages parallèles au rivage : de la basse plage et de la haute plage, Les murs en enrochements naturels ont contribué à l'artificialisation le reprofilage du talus.

Les brise-lames installés pour protéger la côte de Bois Sacré sont généralement efficaces. Ils ont favorisé un engraissement général le long de la zone d'étude. Les caractéristiques de ces ouvrages à savoir la longueur et l'éloignement par rapport à la côte ainsi que l'espacement entre deux brise-lames successifs interviennent ensemble pour assurer leur fonctionnalité.

Ces ouvrages parallèles à la côte ont provoqués des effets positivement localement dans le site protégé, par contre on enregistre un grand recul dans les zones adjacentes.



Conclusion Générale



Au terme de ce travail qui nous a été confié, qui a pour objectif principal, l'impact des ouvrages de protection sur la Morphodynamique des côtes—cas de Bois Sacré, on a essayé de répondre à cette problématique et cela en la départageant en deux volets : la partie sous-marine et zone transitoire entre la partie sous-marine et la partie aérienne qui est le trait de côte.

La première partie est consacré à l'étude bathymétrique et morphologie sous-marine de la plage de bois sacré; nous pouvons retenir que la topographie sous-marine de cette zone est très accentuée, la pente générale de la plage est de 2.95%. La bathymétrie montre des isobathes parallèles a la côte et très serrées et irrégulières avec l'existence des formes particulières : des fosses de lévigation autour des brises lames. On enregistre des soulèvent des fonds en comparant les profondeurs dans les mêmes points géographique.

La deuxième partie Consistait à l'étude granulo-sédimentaire de la plage de Bois Sacré

La répartition spatiale des sédiments montre, montrent que la couverture sédimentaire est composée dans sa globalité par une majorité du sable moyen et grossier (diamètres des grains entre 150 μm et 500 μm).

La modélisation du transport sédimentaire par le model GSTA « Grain Size Trend Analysis » dans la zone a donné des résultats satisfaisants qu'on a pu récolter, nous déduisons qu'il y a une tendance du transport des sédiments de plusieurs directions : Un Apport terrigène de direction Nord-Est d'oued, sédiments piégée derrière les brise-lames, et sédiments déplacés lords de la transit littoral selon la direction des houles dominante Nord-Ouest.

La troisième partie consistait à la mise en place d'un SIG afin d'évaluer l'évolution historique de la ligne de côte entre la période 2011-2016. En effet, le suivi de l'évolution de cette portion du littoral algérien a fait ressortir que la récession des plages est un phénomène ancien, il met en évidence une action néfaste et successive de faits météorologiques, hydrodynamiques et humains. Le projet de protection du rivage de Bois Sacré a induit des variations très importantes tout au long du secteur : La zone située derrière les brise-lames connaît une avancée importante de trait de côte (17.3 mètres en moyenne dans 5 ans). un engraissement locale est enregistrée au niveau de la zone d'étude, de ce fait l'érosion est déplacée aux zones adjacentes.

La quatrième partie consistait à simuler la propagation des vagues venant de trois directions différents avec estimation de la hauteur de la houle significative à la côte et ce, à l'aide du logiciel SWAN. Les résultats obtenus montrent que les houles les plus énergétiques et qui peuvent influencer sur la zone d'étude sont les houles de Nord-Ouest. Les valeurs de coefficient de réfraction actuellement montrent que les ouvrages de protection assurer une diminution d'énergie de la houle et création d'une zone plus ou moins calme et protégée des fortes tempêtes.

Enfin, la dernière partie avait pour but d'exposer l'impact de l'implantation défense du littoral de Bois Sacré réalisée en 2012, il est distingué que ces ouvrages parallèles a la côte ont provoqués des effets positivent localement dans le site protégé, par contre on enregistre un grand recul dans les zones adjacentes.

Ce Projet de Fin d'Etude a donné lieu à une plate-forme de base de données récente qui pourra être utile lors de la conception des ouvrages ou bien pour une étude future de la zone.

L'élaboration de ce travail nous a permis, d'une part, approfondir nos connaissances et le savoir-faire acquis durant les cinq ans années de notre formation à l'ENSSMAL, et d'autre part, de préparer notre intégration à la recherche scientifique dans le domaine de l'aménagement du littoral.



Bibliographie



1. **AHRENS J.P., COX J. (1990).** Design and performance of reef breakwaters. *Journal of Coastal Research 1*. p.75.
2. **AOUDJ, C., BOUAZIZ, T. (2014).** *Fonctionnement et dynamique Morphosédimentaire du littoral Est de Bejaïa*. Mémoire d'Ingénieur. Aménagement du littoral. Alger : ENSSMAL, 75 p.
3. **AOUDJ, C., (2014).** *Evolution morpho dynamique du trait de côte du littoral Est de Béjaïa : Cas de Tichy*. Mémoire Master II, Alger : ENSSMAL, 64 p.
4. **BACHARI, F. (2009).** *Modélisation et Cartographie de la Pollution Marine et de la Bathymétrie à partir de l'Imagerie Satellitaire*. Thèse Doctorat. Océanographie. Paris : Université des sciences et des technologies, p. 214.
5. **BELKACEMI, S. (2015).** *Impact des Infrastructures littorales sur l'évolution du trait de côte dans une zone soumise à un fort transit sédimentaire – Cas de Sidi Fredj*. Mémoire d'ingénieur. Aménagement. Alger : ENSSMAL, p.95.
6. **BELLOULOU, B., GANA, A. (2012).** *Etude de protection du rivage du site de Hajret En Enous*. Mémoire d'Ingénieur. Aménagement du littoral. Alger : ENSSMAL, p.102.
7. **BOUCHREB, B., KAMOUCHE, Y. (2013),** *Contribution à l'aménagement du site « les sablettes » et à son intégration dans le projet de la baie d'Alger* Mémoire d'ingénieur .Aménagement du littoral. Alger : ENSSMAL, p.110.
8. **CORDIER, E. (2007).** *Dynamique hydrosédimentaire du récif frangeant de l'Hermitage/La Saline (La Réunion) : Processus physiques et flux sédimentaires*. Thèse de Doctorat. la Reunion : Université De la Réunion, 193 p.
9. **DAHMANI, A et ZENATI, A. (2012).***Etude de protection du rivage du Bois Sacré À Gouraya - Wilaya de Tipaza*. Mémoire d'ingénieur, Alger : ENSSMAL, p. 97.
10. **FAYE, IBM. (2010).** *Dynamique du trait de côte sur les littoraux sableux de la Mauritanie à la Guinée Bissau (Afrique de l'Ouest) : Approches régionale et locale parpho-interprétation, traitement d'images et analyse de cartes anciennes*. Volume 1. Thèse de Doctorat. Géoscience littoral. France : Université de Bretagne occidentale. p. 198.
11. **FOLK R.L., WARD W.C., (1957).** *Brazos river bar: a study of significiance of grain size parameters*.Journal: Sedimenary Petrology .p .27.
12. **GAO, S., COLLINS, M. (1991).** *A critique of the "Mc Laren method" for defining sediment transport paths - discussion*. Journal of Sedimentary Petrology. Vol.1. p. 143-146.
13. **GAO, S., COLLINS, M. (1992).** *Net sediment transport patterns inferred from grain-size trends, based upon definition of "transport vectors"*. Sedimentary Geology. Vol.2. p. 47-60.
14. **GAO, S., COLLINS, M. (1994).** *Analysis of Grain Size Trends, for defining sediment transport pathways in marine environments*. Journal of Coastal Research. Vol.1. p.78.
15. **HEQUETTE, A. & HEMDANE, Y. & ANTHONY, E.J. (2008).** *Determination of Sediment Transport Paths in Macrotidal Shoreface Environments: A Comparison of Grain-Size Trend Analysis with Near-Bed Current Measurements*. Journal of Coastal Research, 24 (3), p. 695–707.
16. **KHEDIMI. F., ABDERRAHMANI K., (2008).** *Baie d'Alger : Etude de quelques paramètres de gestion du littoral et apport à la télédétection*. Mémoire d'ingénieur .Aménagement du littoral. Alger : ENSSMAL, p. 72-73.

17. **LAYOUNE, A., TIGUERCHA, D. (2011).** *Application de la modélisation numérique pour l'étude de l'ensablement du port de cap Djinet.* Mémoire d'ingénieur. Aménagement du littoral. Alger : ENSSMAL p. 62.
18. **LOSSON, B. & CORBONNOIS, J. (2006).** *Les modes de sédimentation détritique : nouvelle méthode de détermination appliquée à des remplissages endokarstiques.* Belgique : GeologicaBelgica, p. 257-265.
19. **LECLAIRE, L. (1972).** *Sédimentation holocène sur le versant méridional du bassin Algéro-Baléares (pré-continent Algérien).* France : Muséum national d'histoire naturelle de Paris, Tome XXIV, Fasc. Unique, 391 p.
20. **DJEHA, L, MATOUK, Z. (2009) .** Avant projet sommaire de la protection du rivage de Bois Sacré – Gouraya. Document non publiée. Alger : Laboratoire des Etudes Maritimes.
21. **MAQUET, J. F. (1978).** Protection du littoral, France: *Edit Technique de l'ingénieur*, 6 p.
22. **MCLAREN, P., BOWLES, D. (1985).** The effect of sediment transport on grain size distribution. *Journal of Sedimentary Petrology.* Canada: Pacific Geoscience Centre, p. 470.
23. **MC LAREN, P. (1981).** An interpretation of trends in grain size measures. *Journal of Sedimentary Petrology.* Canada: Pacific Geoscience Centre Vol.2. p. 611-624.
24. **MC LAREN, P., LITTLE, D. (1987).** The effects of sediment transport on contaminant dispersal : An example from Milford Haven. *Marine Pollution Bulletin.* Vol.1. p. 586 594.
25. **MEZOUAR, K. (2009).** *Etude comparative entre les méthodes de protection des deux littoraux algériens et roumains.* Thèse de doctorat. Géotechnique. Roumanie : Université Technique de Construction de Bucarest Faculté de Hydrotechnique, Département de Géotechnique et Fondations.
26. **MIHOUBI, M. K. (2013).** *Processus Côtier : Transport Sédimentaire Et Ouvrages De Défense En Milieu Côtier.* Blida : ENSH-BLIDA TOME II. p. 49.
27. **(M.A.T.E.), (2000).** *Rapport sur l'état et l'avenir de l'environnement.* Document non publiée Alger : M.A.T.E.
28. **MINISTERE DE L'ECOLOGIE, DE L'ENERGIE, DU DEVELOPPEMENT DURABLE ET DE LA MER, (2010).** *La gestion du trait de côte.* France : *Ed Quae.* p. 290.
29. **MOUHOUBI, N., OUABEL K., (2012).** *Etude d'une solution de protection pour la plage centre de Sidi Ghiles (Cherchell).* Mémoire d'Ingénieur. Aménagement du littoral Alger : ENSSMAL. p. 98.
30. **NECHENACHE, F. (2015).** *Etude géomorpho-sédimentaire de la zone côtière du Parc National de TAZA (wilaya de Jijel).* Mémoire d'Ingénieur. Aménagement du littoral. Alger : ENSSMAL.p.102.
31. **OTMANI, H. (2014).** *Impacts des infrastructures maritimes sur le littoral : cas de Cap Djinet.* Thèse de Magister. Aménagement du littoral. Alger : ENSSMAL .p. 147.
32. **PASCOFF, R. (1992).** *Côte en danger.* Paris : Masson, Paris, 80 p.
33. **PASCOFF, R. (1993).** *Les littoraux ,Impact des aménagement sur leur evolution.* Paris : Masson, p.69.
34. **URBA, (2008).** *Rapport d'aménagement et règlement d'urbanisme (phase3).* Blida :

URBA Blida. p. 90.

35. **RIVIERE, A. (1977).** *Méthode granulométrique, technique et interprétation. Techniques et méthodes de sédimentologie.* Paris : Masson, p. 170.
36. **S.S.M.O., (1963-1970).** Summary of Synoptic Meteorological Observations. *U.S Naval Weather Service Command. Mediterranean marine*, Vol. 2, October 1970, 632 p.
37. **TRENTESAUX, A. (2005).** *Enregistrement de processus sédimentaires pléistocènes Exemples de plates-formes détritiques et de bassins profonds Mer du Nord et mers de Chine.* Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches. sédimentologie. Lille : Université des Sciences et Technologies de Lille. 82 p.
38. **WRIGHT, L. D., SHORT, A. D. (1984).** Morphodynamic Variability of Surf Zones And Beaches : A synthesis, *Marine Géologie* .U.S.A p.93-118

Références électroniques :

Saidi, H. Souissi, R., Zargouni, F., (2009). *Effet des brise-lames sur une côte méditerranéenne microtidal, cas du littoral de hammam lif (Tunisie nord orientale) Conférence medeternnen côtier et marine.* [en ligne]. Tunisie : Copyright. [Consulté le 25-04-2016]. Disponible sur le web:
<<https://www.researchgate.net>>



Annexes





Photo. **Zone d'étude** : la plage de Bois Sacré-Gouraya, TIPAZA



Photo. **Brise-Lame Est**



Photo. **Brise-Lame Centre**



Photo. **Brise-Lame Ouest**



Photo. **Zone entre brise-lame Ouest et Centre**



Photo. **Oued de la plage Bois Sacré**

Station	X	Y	Z	Station	X	Y	Z	Station	X	Y	Z
P1	400747,3	4047772,7	1,32	P45	400573,8	4047793	3,1	P89	400500	4047756	2
P2	400717,5	4047748,7	1,75	P46	400535,1	4047847	3,49	P90	400577	4047755	3,9
P3	400713,2	4047748,1	2,65	P47	400607,1	4047727	1,32	P91	400591	4047710	1,7
P4	400611,7	4047735,4	1,29	P48	400610,8	4047727	1,24	P92	400651	4047801	4,1
P5	400613,9	4047738,8	1,1	P49	400595,1	4047741	2,85	P93	400721	4047814	2,4
P6	400617,7	4047741,5	0,93	P50	400576,3	4047777	3,56	P94	400745	4047768	2,1
P7	400576,7	4047695,8	0,36	P51	400538,7	4047786	2,7	P95	400700	4047778	2
P8	400575,2	4047698	0,5	P52	400532,8	4047770	2,01	P96	400780	4047824	1,1
P9	400574,9	4047697,3	0,89	P53	400509,6	4047741	1,3	P97	400724	4047815	2,8
P10	400506,2	4047726,5	4,5	P54	400513,6	4047725	1,1	P98	400744	4047861	2,5
P11	401152,9	4047983,2	3,67	P55	400521,3	4047724	1,1	P99	400816	4047896	3,2
P12	400720	4047819,9	2,9	P56	400863,7	4047888	2,57	P100	400866	4047904	4,1
P13	400750,8	4047792,7	3,2	P57	400747,3	4047773	3,28	P101	400896	4047883	3,1
P14	400772,2	4047777,7	2,25	P58	400795,1	4047821	1,2	P102	400893	4047853	1,5
P15	400780,9	4047771,4	1,57	P59	400906	4057044	1,43	P103	400828	4047863	2
P16	400773,2	4047770,6	1,64	P60	400765,3	4047797	2,9	P104	401466	4047993	1,5
P17	400786,2	4047820	1,1	P61	400725,5	4047776	3,09	P105	400593	4047732	2
P18	400795,3	4048120,1	9,2	P62	400701,7	4047779	2	P106	400553	4047765	3,3
P19	400798,3	4048008,5	6,65	P63	400675,9	4047767	0,39	P107	400558	4047799	3
P20	400586,7	4048088,3	9,55	P64	400681,1	4047768	0,9	P108	400498	4047844	4,1
P21	400482,9	4047846,6	4,1	P65	400693,6	4047751	1,41	P109	400384	4047836	3,6
P22	400438,8	4047853	4,5	P66	400713,2	4047748	1,92	P110	400884	4048061	7,5
P23	400369,8	4047845,2	3,7	P67	400726,6	4047742	1,68	P111	400871	4047951	3,7
P24	400351,1	4047948	7,4	P68	401045,5	4048146	8,6	P112	400906	4047908	2,5
P25	400458,5	4047947,4	7,1	P69	400856	4048081	7,99	P113	400829	4047859	2

Tableau :Coordonnées géographiques et profondeur des stations bathymétriques mesurées

Station	X	Y	Z	Station	X	Y	Z	Station	X	Y	Z
P26	400515,5	4047953,5	7,1	P70	400744,4	4047973	6,54	P114	400864	4047842	3
P27	400607,1	4047965,7	6,1	P71	400622,9	4047954	6,14	P115	400722	4047863	2,6
P28	400699,2	4047978,2	6,6	P72	400539,1	4047910	5,08	P116	400779	4047888	3
P29	400857,7	4047876,8	2,41	P73	400403,7	4048132	12	P117	400676	4047839	3,2
P30	400870,2	4047847,1	2,07	P74	400427,6	4048071	9,6	P118	400709	4047800	3,1
P31	400856,4	4047850,3	1,82	P75	400533,5	4048069	9,59	P119	400708	4047754	2,2
P32	400827,6	4047859,9	1,06	P76	400646,1	4048069	8,94	P120	400681	4047767	1
P33	400861,2	4047838,6	1,96	P77	400795,2	4048134	9,95	P121	400714	4047755	3,1
P34	400964,1	4047902,4	3,02	P78	400863,1	4048154	9,78	P122	400750	4047789	3,1
P35	400990,2	4047923,4	2,38	P79	400884,5	4048093	8,1	P123	400771	4047815	2
P36	401454,2	4048107,3	5,3	P80	400887	4048028	6,43	P124	400784	4047810	1,9
P37	401187	4048137,2	8,1	P81	400782	4048038	7,59	P125	400574	4047791	3,7
P38	401006,2	4048038,5	6,7	P82	400811,6	4048004	6,41	P126	400495	4047783	1,7
P39	400872,2	4047952,8	3,4	P83	400711,9	4047956	5,78	P127	400331	4047851	4,9
P40	400824	4047931,5	2,7	P84	400627,3	4048032	7,83	P128	400292	4047925	7,6
P41	400778,2	4047910,1	4,1	P85	400547,5	4047995	7,72	P129	400579	4048028	8,3
P42	400704,6	4047860,1	3,8	P86	400433,9	4047904	5,72	P130	400656	4048010	7,3
P43	400646,3	4047833	4,1	P87	400391,6	4047839	3,19	P131	400741	4048012	6,9
P44	400606,3	4048429,2	4,35	P88	400439,9	4047797	2,18	P132	400808	4048074	8,4

Tableau :Coordonnées géographiques et profondeur des stations bathymétriques mesurées

Profil 1'			Profil 2'			Profil 3'		
Distance	Z(2009)	Z (2016)	Distance	Z(2009)	Z(2016)	Distance	Z(2009)	Z(2016)
0	-0,0634	-0,06273	0	0,88932	0,07756	0	-4,2599	0,40908
40	-1,0635	-2,26403	41,48	-2,3907	-2,9218	14,65	-5	-3,3246
80	-3	-4,05929	74,25	-3	-2,5628	27,35	-5	-3,9258
120	-4,7051	-3,5587	105,05	-4	-1,0836	43,53	-5	-4,0345
160	-6	-4,59547	139,15	-4	-2,6649	80,76	-5	-4,7976
200	-6,5445	-6,13839	171,86	-5	-4,3449	109,64	-5	-5,2628
240	-7,3623	-7,40357	198,48	-5,115	-5,0883	144,44	-6	-5,5661
280	-7,7563	-8,21627	230,84	-6	-5,8766	176,59	-6	-6,0424
320	-9,1451	-9,2064	270,16	-7	-6,907	219,21	-7	-6,9008
360	-10,537	-10,2518	313,48	-8	-7,9209	254,53	-8	-7,9719
Profil 4'			354,893	-8	-9,2603	313,93	-10	-9,5441
Distance	Z(2009)	Z (2016)	385,198	-10	-11,651	271,2	-7	-6,9086
0	-0,9446	0,103027	Profil 5'			298,71	-7	-7,6981
15,11	-2	-0,82853	Distance	Z(2009)	Z(2016)	329,4	-8	-8,3892
34,18	-2,1214	-2,03046	0	0	0	365,42	-9,256	-9,1754
63,81	-3	-3,28508	22,46	-0,8275	-0,7038	394,1	-10	-10,001
79,68	-4	-2,99635	44,69	-1	-1,4996			
98,73	-4	-1,95575	80,67	-2	-1,6728			
122	-4,5829	-1,77897	109,24	-3	-1,0621			
157,95	-5	-3,81612	136,75	-4	-2,6552			
177	-5	-4,05398	157,91	-5	-4,4664			
209,8	-5,1751	-4,98903	175,9	-5	-5,272			
237,34	-6	-5,91281	187,53	-5	-5,5995			
273,244	-7,0713	-8,05111	201,288	-5	-6,0542			
308,174	-8	-8,60579	235,154	-6	-6,9908			
346,262	-10	-9,76448						
389,272	-10,913	-10,8523						

Les profils superposés comparés de 2009 et 2016 : la distance de chaque profil par rapport à la côte et la profondeur correspondante aux années 2009 et 2016.

Station	X	Y	Z	% des pérites	Mo	SK	So	D10	D10	D25	D50	D75	D95
1	400592,729	4047731,96	2,01	2,58	0,14043	1,0544	1,3901	0,09758	97,58	88,4143781	144,77	170,85	267,46
2	400553,335	4047764,78	3,25	2,19	0,21248	0,88785	1,493	0,13105	131,05	113,694226	203,22	253,43	453,96
3	400557,955	4047798,93	2,95	0,56	0,32678	1,0528	1,4652	0,2079	207,9	191,213848	333,11	410,5	580,38
4	400498,322	4047844,31	4,13	2,67	0,45719	1,1222	1,4206	0,28724	287,24	280,228323	469,03	565,53	749,16
6	400883,644	4048061,45	7,5	4,13	0,17385	0,87131	1,7354	0,1008	100,8	76,2614545	166,14	229,67	512,36
7	400871,43	4047950,64	3,67	1,94	0,24865	0,9156	1,5258	0,16215	162,15	140,236596	240,47	326,48	520,46
8	400906,49	4047908,32	2,47	1,78	0,31533	1,141	1,3953	0,20259	202,59	209,824826	326,44	408,5	485,21
9	400828,608	4047858,68	1,98	35,32	0,21188	0,68255	3,4025	0,065482	65,482	22,4911341	130,9	260,38	1964
10	400863,959	4047841,63	2,96	2,07	0,2784	0,90273	1,523	0,17385	173,85	151,776503	274,08	352,05	670,34
11	400722,019	4047863,3	2,6	2,33	0,21093	1,1191	1,5449	0,11869	118,69	104,465717	222,04	249,33	408,6
12	400779,225	4047887,6	3	1,78	0,20975	1,0008	1,653	0,11218	112,18	108,673336	206,89	296,94	437,44
13	400676,495	4047838,86	3,15	0,56	0,22088	0,93657	1,4754	0,15039	150,39	114,769114	212,82	249,83	421,85
14	400709,36	4047800,27	3,08	2,12	0,19839	0,98633	1,3491	0,14226	142,26	127,775248	195,27	232,56	324,39
15	400708,077	4047753,75	2,22	2,36	0,19418	1,0972	1,3742	0,11311	113,11	121,990506	199,45	230,37	328,24
16	400680,637	4047767,01	0,95	1,68	0,15934	1,1166	1,3336	0,11139	111,39	105,848281	166,91	188,25	247,7
17	400713,811	4047755,22	3,13	1,66	0,223273	1,0517	1,409	0,16142	161,42	143,516208	232,35	284,92	375,92
18	400749,749	4047789,01	3,07	0,92	0,19757	0,88123	1,3896	0,14224	142,24	118,183014	190,9	228,21	385,71
19	400770,678	4047814,66	2,02	2,39	0,24686	0,89807	1,465	0,16498	164,98	148,847395	238,58	319,46	483,32
20	400783,801	4047810,2	1,9	1,73	0,28379	0,89154	1,6251	0,16715	167,15	149,57875	271,5	395,03	637,09
21	400574,019	4047790,74	3,72	0,67	0,22099	0,92645	1,3329	0,16181	161,81	147,285095	216,72	261,67	360,23
22	400494,879	4047783,02	1,68	2,41	0,28702	0,94521	1,4452	0,18244	182,44	172,857165	283	361,03	543,82
23	400331,356	4047851,48	4,85	0,28	0,63424	1,108	1,582	0,35479	354,79	330,655718	646,99	827,54	1209,1
24	400292,19	4047925,28	7,58	0,99	0,47337	1,1201	1,7722	0,22912	229,12	222,024259	515,55	697,31	1091,8
25	400536,998	4047957,72	7,25	2,5	0,18848	0,74982	2,1888	0,10457	104,57	52,2600871	170,76	250,37	1691,1
26	400579,25	4048028,28	8,28	2,77	0,14092	1,0329	1,4287	0,092709	92,709	84,073766	144,57	171,61	266,92
27	400655,851	4048010,14	7,26	5,22	0,14067	1,0204	1,4894	0,087753	87,753	78,951911	143,46	175,14	280,06
28	400741,387	4048012,24	6,9	3,81	0,14371	0,92483	1,5589	0,088033	88,033	73,6491925	142,15	178,98	341,54
29	400808,474	4048074,33	8,4	3,71	0,12863	0,76606	1,4864	0,086673	86,673	76,2248332	117,43	168,41	300,34

Tableau : calculs des indices et quartiles pour les échantillons prélevés

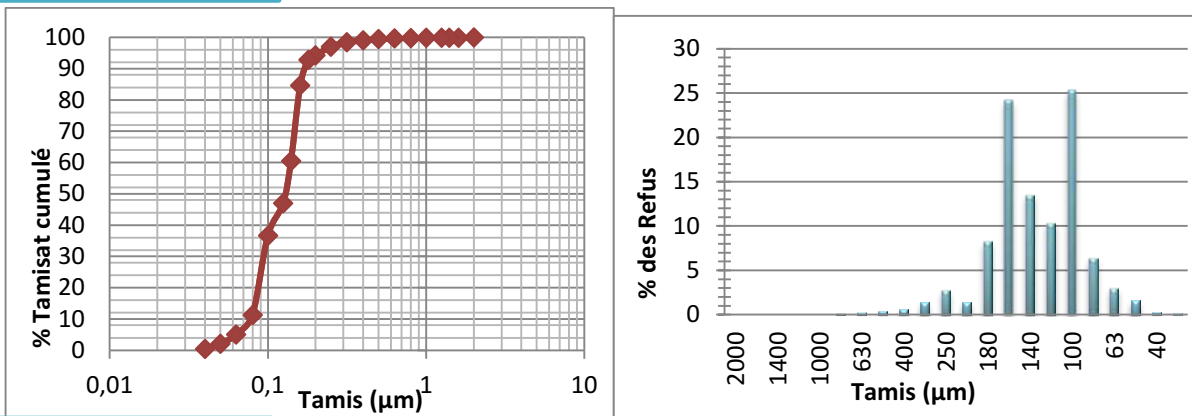
Diamètres du tamis	E1	E 2	E3	E 4	E6	E7	E8	E 9	E10	E 11	E 12	E 13	E 14	E 15
2000	0,07	0	0,06	0,01	0,07	0,03	0	14,6	0,08	0	0,04	0,06	0	0
1600	0,03	0	0,04	0,02	0,05	0,05	0	1,28	0,08	0,03	0,02	0,02	0	0
1400	0,07	0,04	0,08	0,07	0,09	0,03	0,01	0,69	0,04	0,01	0,02	0,04	0	0
1250	0,05	0,05	0,06	0,16	0,11	0,04	0,04	0,76	0,1	0,08	0,04	0,05	0	0
1000	0,05	0,2	0,23	0,85	0,48	0,24	0,05	0,8	7,18	0,16	0,06	0,17	0,22	0,01
800	0,17	0,57	0,88	4,37	1,2	0,76	0,27	0,85	0,29	0,51	0,15	0,43	0,08	0,01
630	0,42	1,62	3,78	18,7	2,34	2,21	1,22	0,92	1,88	1,2	0,63	1,06	0,15	0,11
500	0,75	4,09	16,49	50,24	4,86	7,17	4,41	1,3	6,39	3,2	3,45	3,28	0,64	0,34
400	1,1	5,75	27,24	42,89	5,56	11,36	42,9	1,45	12,33	4,25	8,96	5,7	1,59	1,3
315	2,48	13	51,13	34,56	10,03	26,95	45,85	2,86	35,08	16,82	24,21	17,43	7,76	9,6
250	4,83	20,55	28,7	11,2	11,06	32,31	37,02	3,97	41,78	17,11	24,02	16,39	20,01	15,89
200	2,49	44,99	35,85	6,1	22,19	43,99	28,33	8,54	41	63,63	29,85	60,91	53,27	60,01
180	14,41	14,3	4,22	0,91	9,63	13	5,89	4,44	8,5	3,2	12,48	15,71	18,74	15,4
160	42,33	36,53	5,89	1,55	27,78	22,21	6,96	1,58	11,55	23,08	23,9	30,8	40,47	36,02
140	23,7	16,53	1,33	0,55	21,81	7,16	1,69	7,8	3,75	12,62	12,65	12,03	16,22	11,15
125	18,14	0	0,33	0,3	0,62	0,24	0,26	9,3	0,78	8,21	9,01	0,27	0,19	1,26
100	44,35	15,36	1,47	0,5	38	7,54	1,4	19,78	3,6	12,46	13,01	11,49	14,21	19,1
80	11,09	1,8	0,48	0,62	10,23	0,71	0,17	12,09	0,78	3,9	6,04	1,72	1,54	2,75
63	5,17	0,66	0,41	0,73	4,12	0,25	0,1	11,4	0,49	2,25	3,27	0,8	0,59	1,7
50	2,79	0,05	0,27	0,49	1,71	0,17	0,11	7,9	0,15	1,6	1,97	0,46	0,02	0,68
40	0,55	0,4	0,03	0,1	0,41	0,04	0,03	1,91	0,35	0,98	0,47	0,14	0,4	0,29
< 40	0,32	0,06	0,02	0,03	0,21	0,04	0,08	2,2	0,09	0,5	0,38	0,04	0,09	0,13
somme	175,36	176,55	178,99	174,92	172,56	176,5	176,79	116,42	176,27	175,8	174,25	179	176,19	175,75

Tableau :diamètre de grain de sable des échantillons prélevés

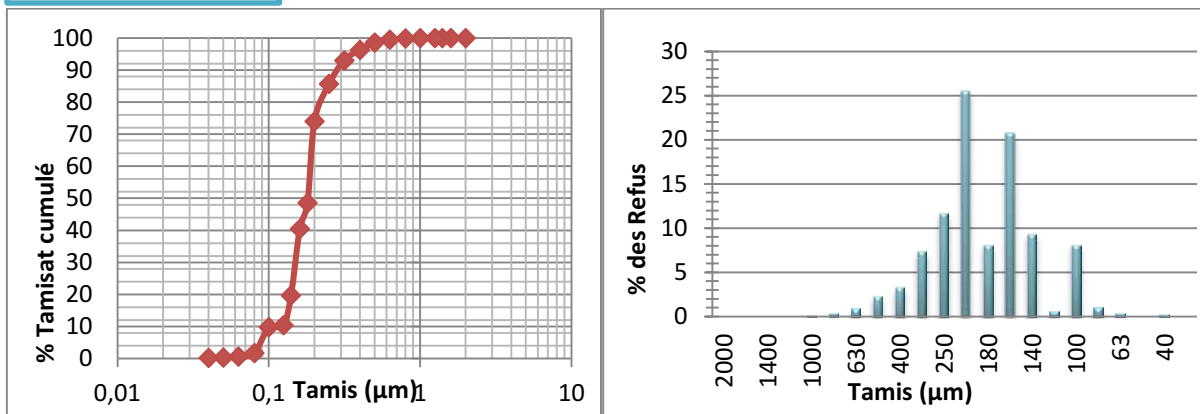
Diamètres du tamis	E 16	E 17	E 18	E 19	E 20	E 21	E 22	E 23	E 24	E 25	E 26	E 27	E 28	E 29
2000	3,98	0	0,02	0	0,06	0	0,07	0,94	0,53	0,11	0,02		0,17	0,01
1600	0,05	0	0,02	0,02	0,04	0	0,01	1,3	0,9	0,06	0,07	0,05	0,13	0,05
1400	0,01	0	0,03	0,04	0,05	0	0,01	1,9	1,41	0,16	0,03	0,05	0,13	0,07
1250	0,01	0,01	0,02	0,01	0,16	0	0,05	3,4	2,2	0,15	0,03	0,05	0,14	0,11
1000	0,01	0,01	0,09	0,13	0,68	0,02	0,21	12,5	7,41	0,58	0,09	0,14	0,49	0,23
800	0,01	0,03	0,19	0,42	2,36	0,05	0,84	30,5	17,66	1,48	0,34	0,34	0,79	0,57
630	0,02	0,19	0,56	1,47	5,96	0,14	2,73	44,3	27,09	2,85	0,65	0,6	0,86	0,86
500	0,03	1,53	2,11	5,44	15,38	1,02	9,5	44,13	36,04	5,12	0,35	1,16	1,7	1,43
400	0,1	3,53	4,52	10,67	18,23	3,1	16,41	15,7	23,46	5,51	1,5	1,29	2	1,61
315	0,57	23,58	12,32	27,47	28,5	15,89	39,09	11,32	23,02	9,59	2,83	2,84	3,57	2,98
250	3,5	40,42	11,28	32,77	27,3	33	41,4	3,94	10,7	10,83	4,5	4,73	4,1	4,13
200	27,2	56,21	47,05	48,38	36,08	57,58	40,57	6,25	19,43	24,26	13,89	15,9	21,27	12,09
180	17,4	12,51	26,3	15,38	10,94	22,9	8,23	0,75	1,26	10,03	9,43	10,49	7,07	6,52
160	55,09	21,59	39,3	18,85	18,76	28,78	9,72	1,56	2,79	31,15	30,58	27,06	25,4	25,74
140	31,45	7,25	17,66	6,4	6,58	8,3	2,71	0,42	1,12	22,01	27,1	21,87	19,6	21,36
125	2,59	0,12	2,62	2	0,89	1	0,44	0,13	0,96	0,45	7,04	0,65	2,5	0,7
100	29,5	6,6	11,78	3,7	4	5,09	2	0,31	1,21	37,66	50,1	51,61	51,5	61,95
80	3,7	1,22	1,35	1,17	0,4	0,92	0,71	0,06	0,49	9,06	17,65	20,28	20,3	20,35
63	1	0,72	0,58	0,58	0,21	0,53	0,55	0,02	0,29	2,92	5,9	7,43	7,45	8,2
50	0,53	0,56	0,19	0,29	0,16	0,15	0,31	0,01	0,18	1,1	1,97	2,73	0,09	1,44
40	0,15	0,18	0,27	0,05	0,06	0,3	0,09	0,04	0,05	0,23	0,3	0,83	3,45	2,46
< 40	0,07	0,7	0,08	0,07	0,08	0,03	0,04	0,02	0,01	0,19	0,6	0,49	0,43	0,45
somme	176,97	176,96	178,34	175,24	176,88	178,8	136,56	179,5	178,21	175,5	174,37	170,59	173,14	173,31

Tableau :diamètre de grain de sable des échantillons prélevés

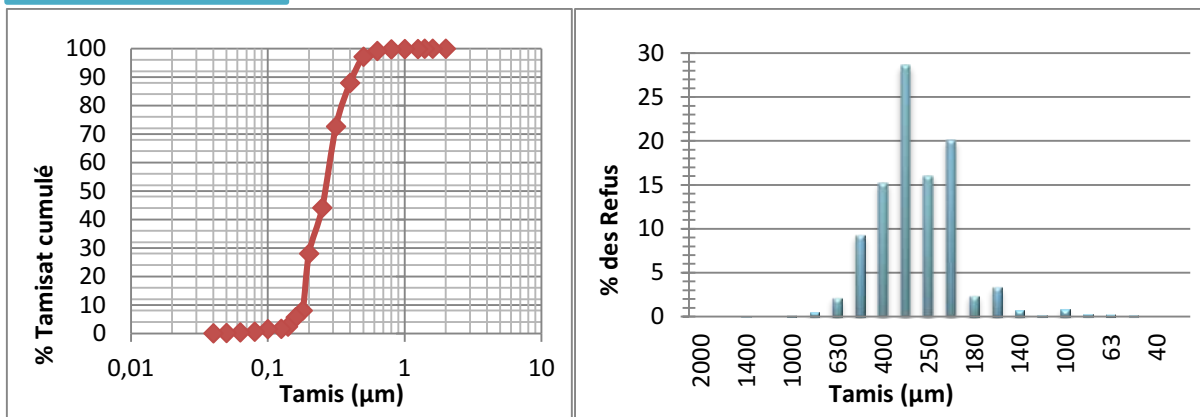
Echantillon 01



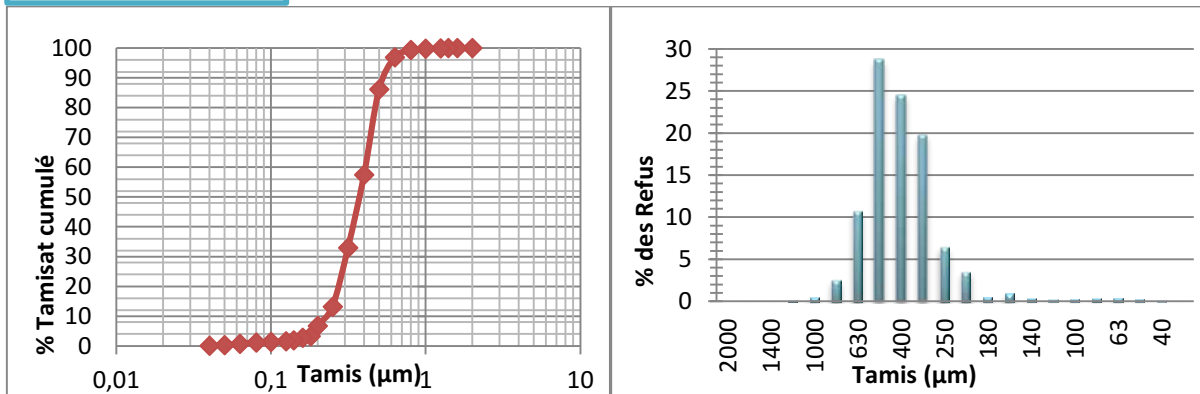
Echantillon 02



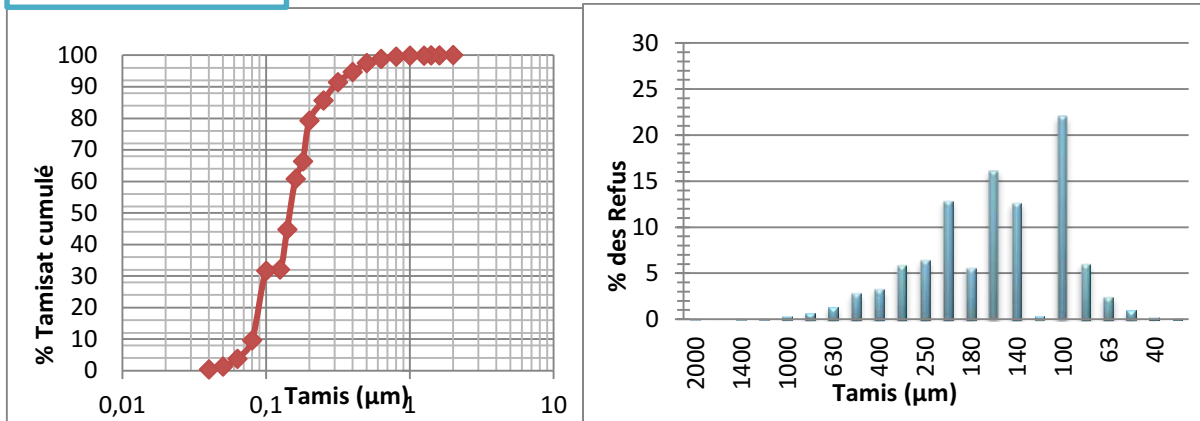
Echantillon 03



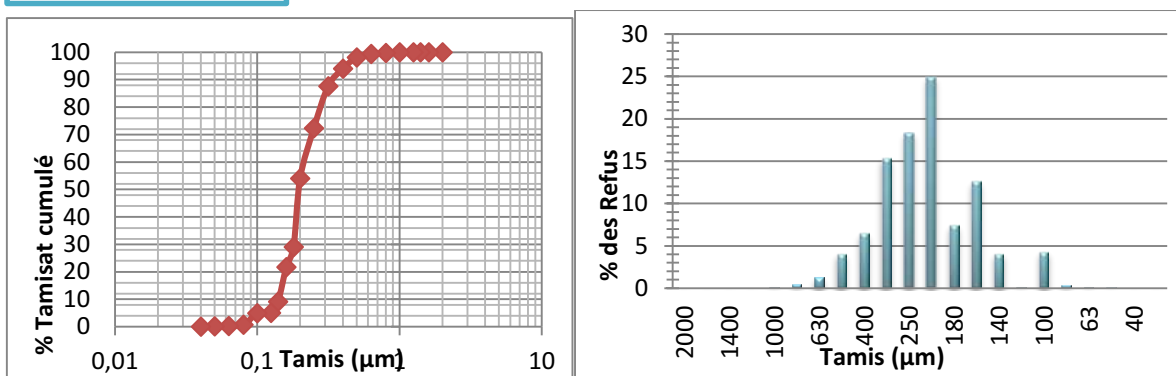
Echantillon 04



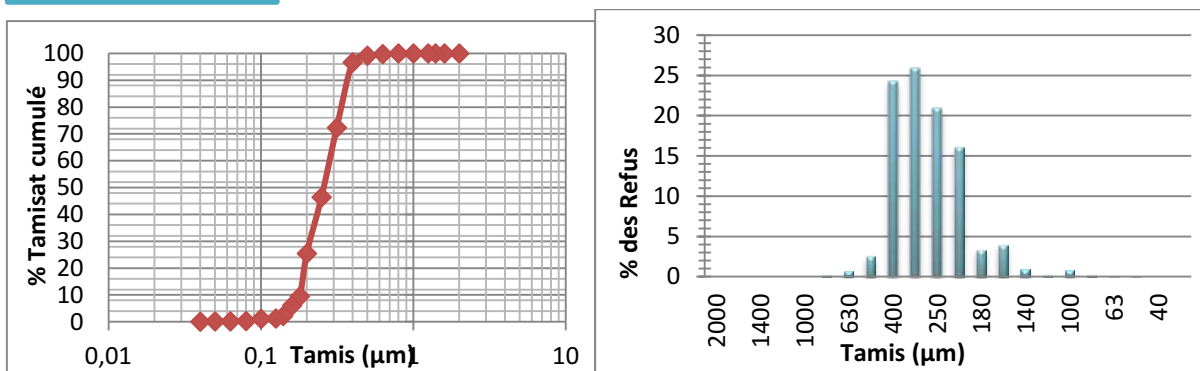
Echantillon 06



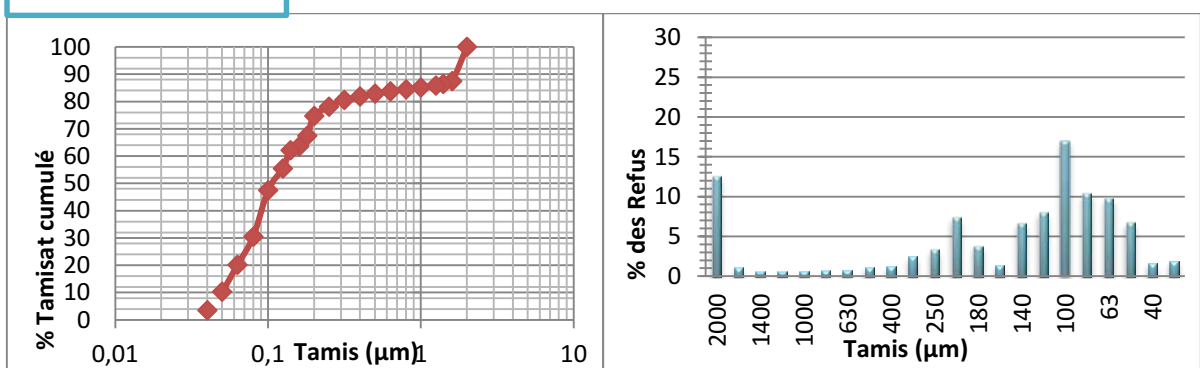
Echantillon 07



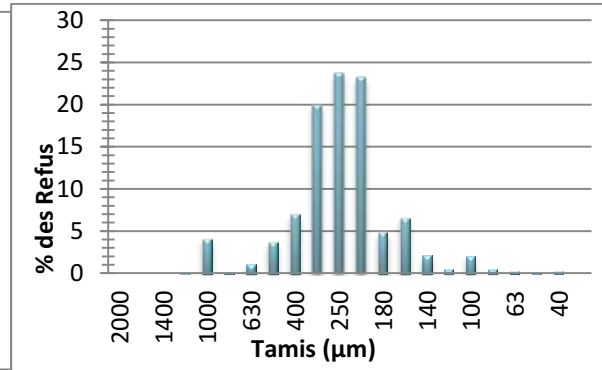
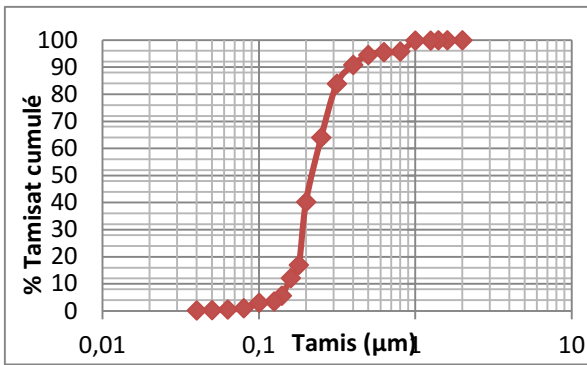
Echantillon 08



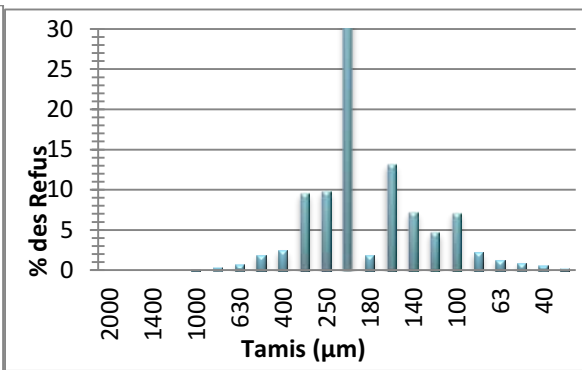
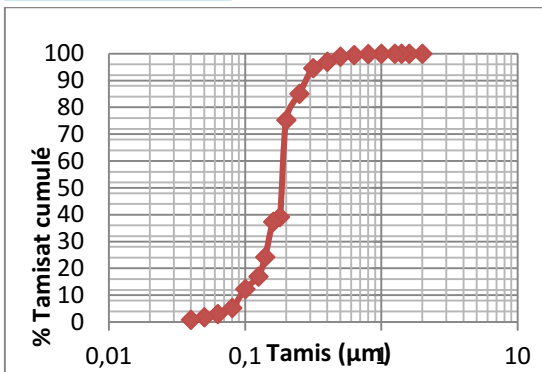
Echantillon 09



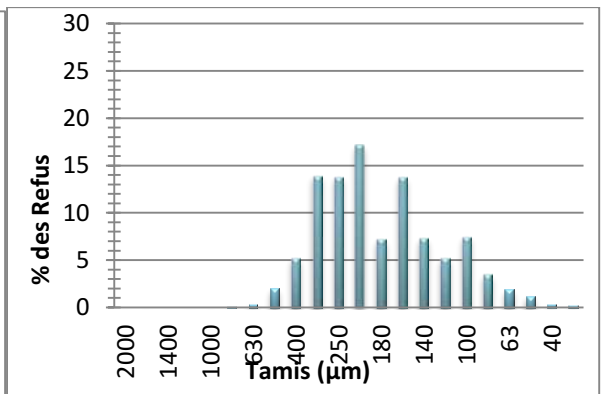
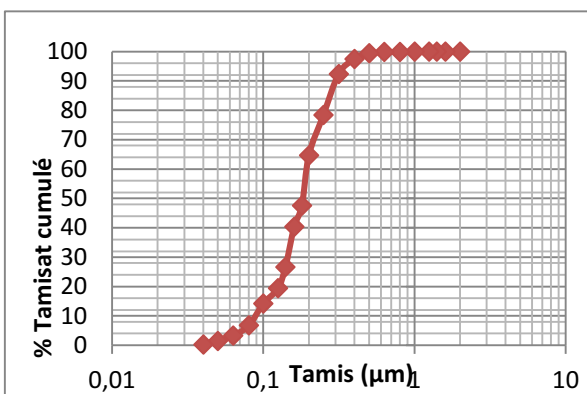
Echantillon 10



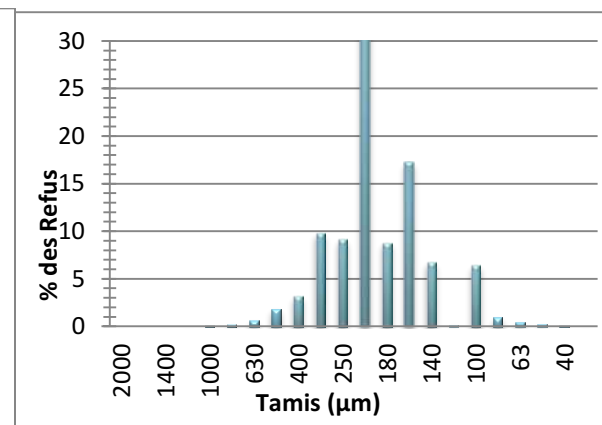
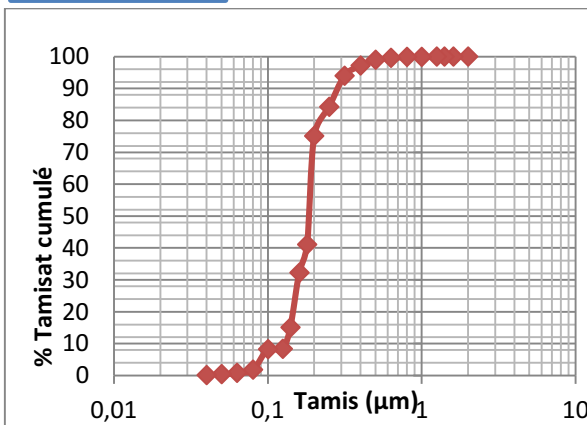
Echantillon 11



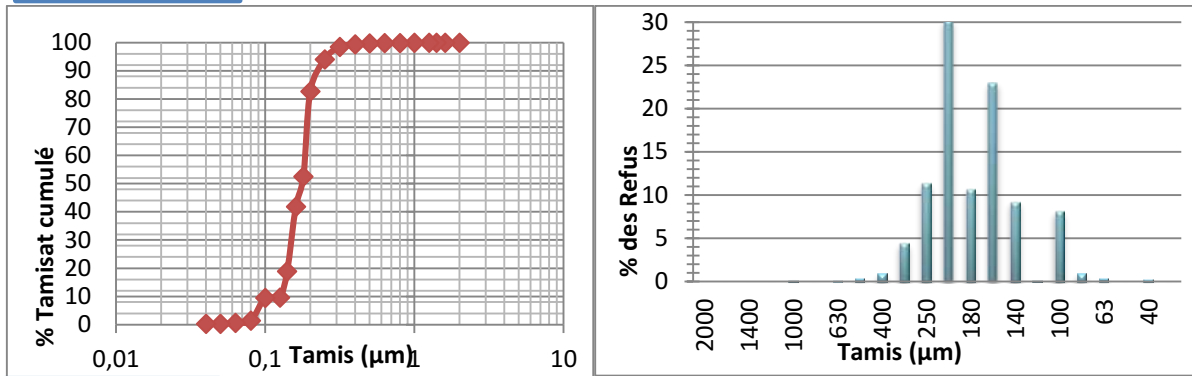
Echantillon 12



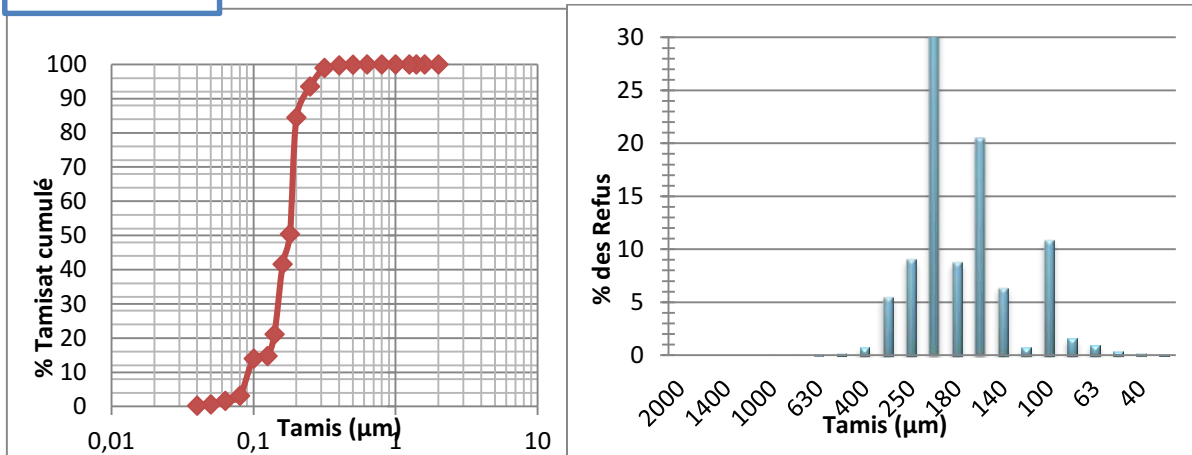
Echantillon 13



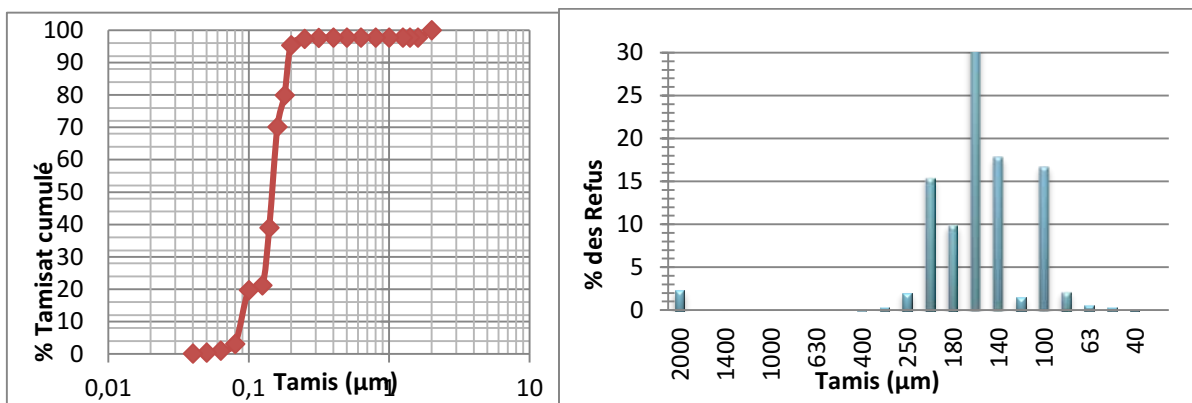
Echantillon 14



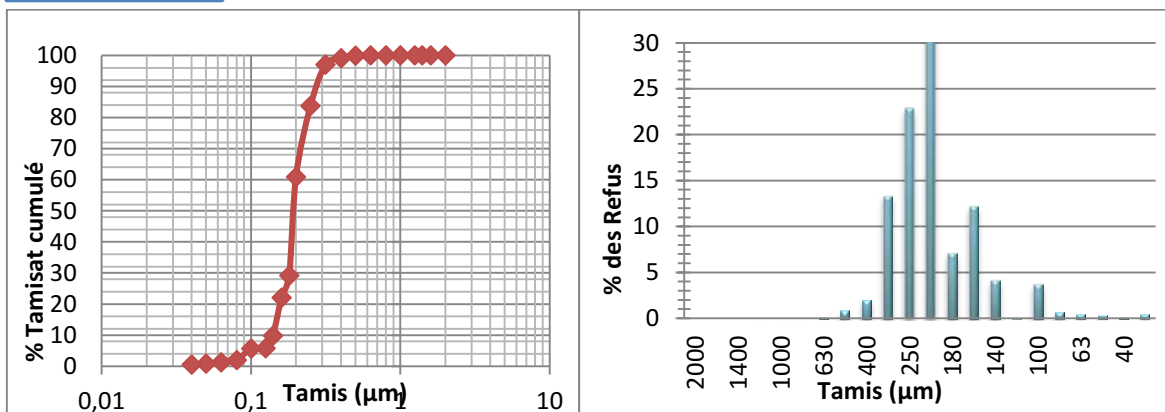
Echantillon 15



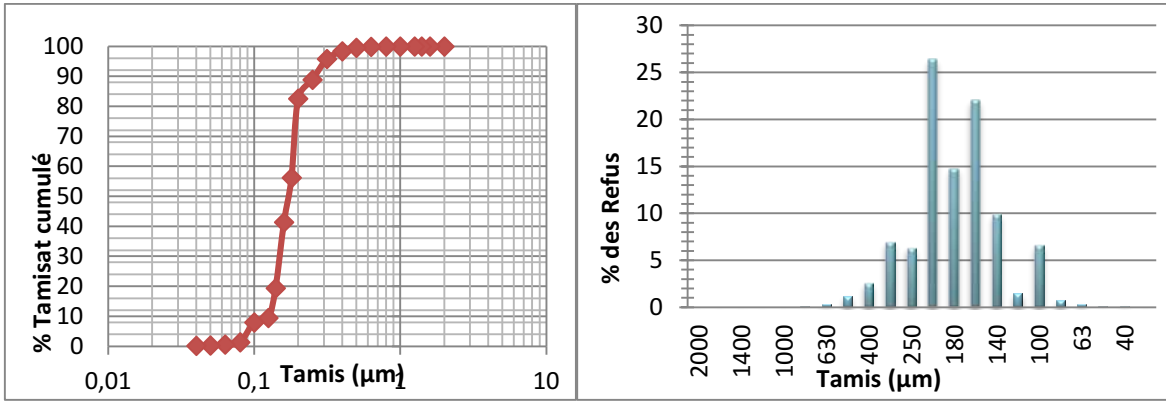
Echantillon 16



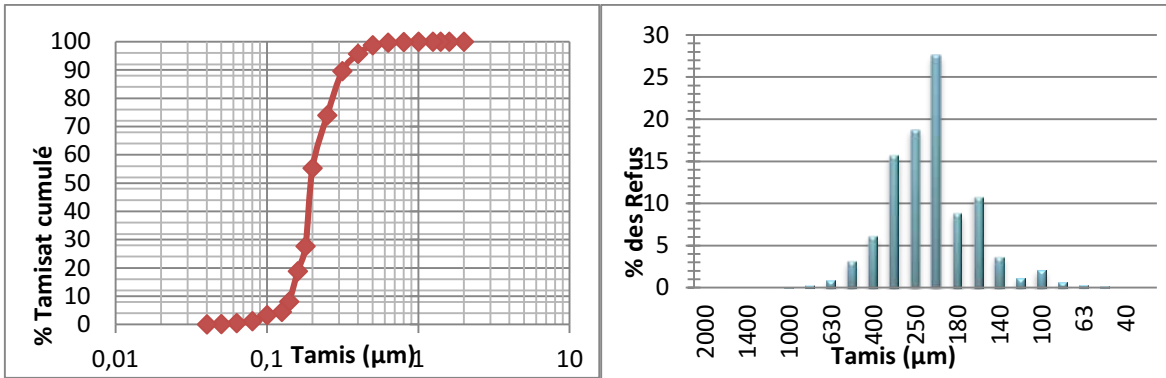
Echantillon 17



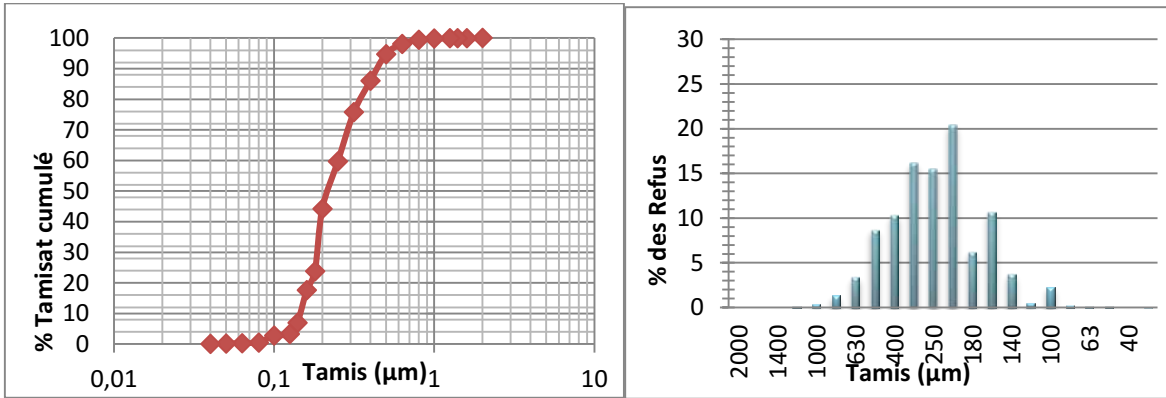
Echantillon 18



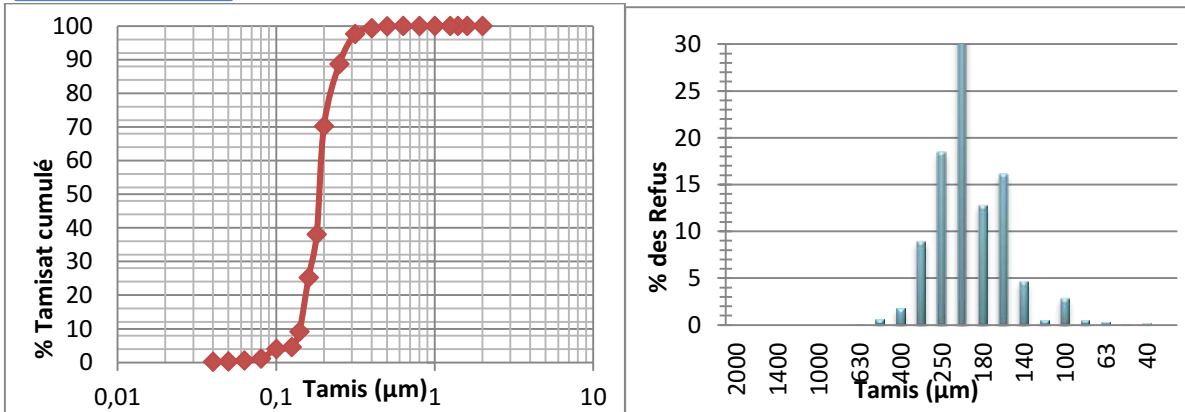
Echantillon 19



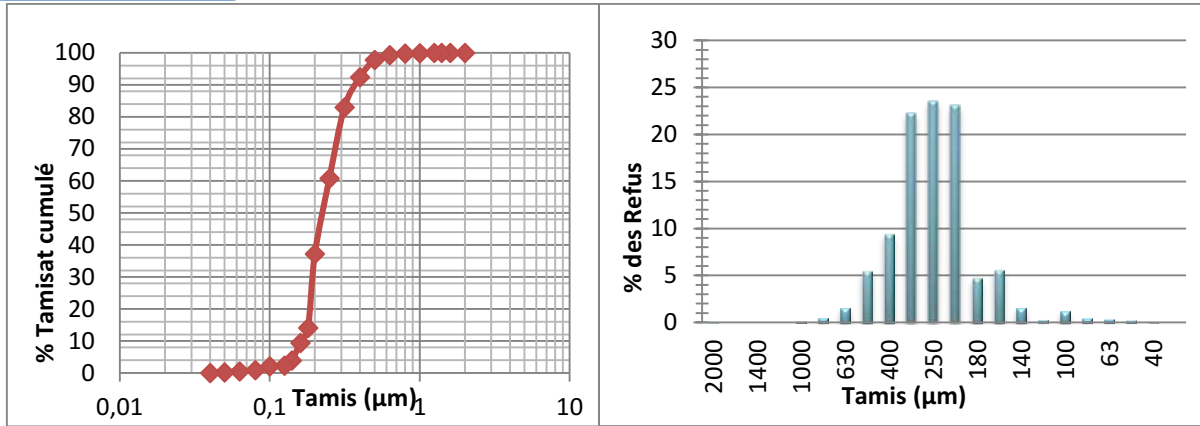
Echantillon 20



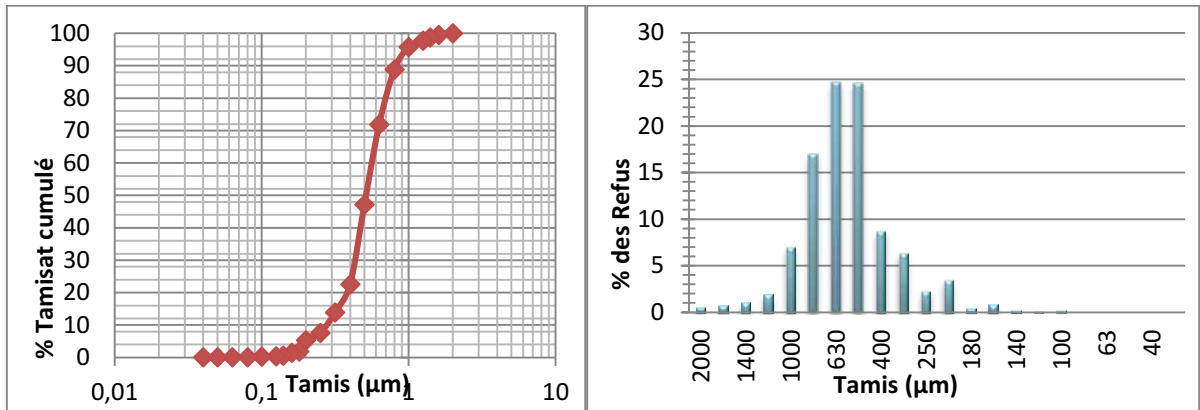
Echantillon 21



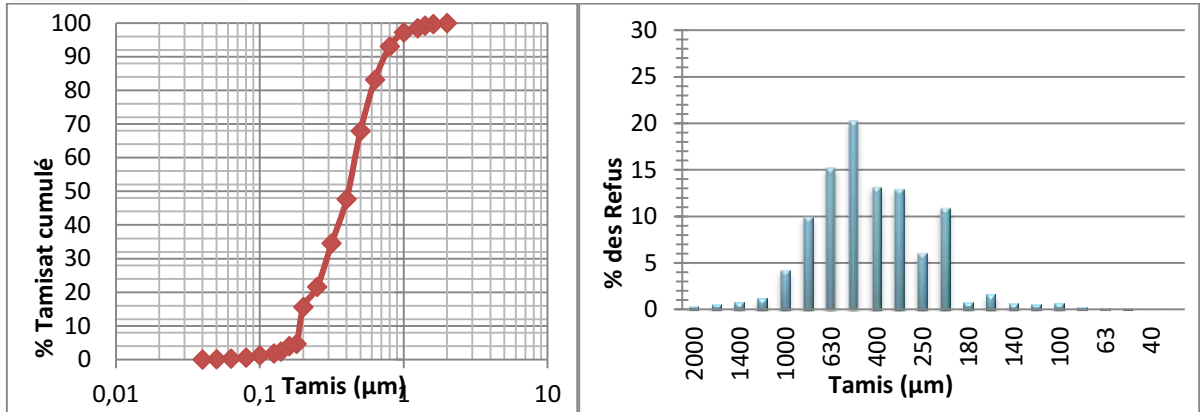
Echantillon 22



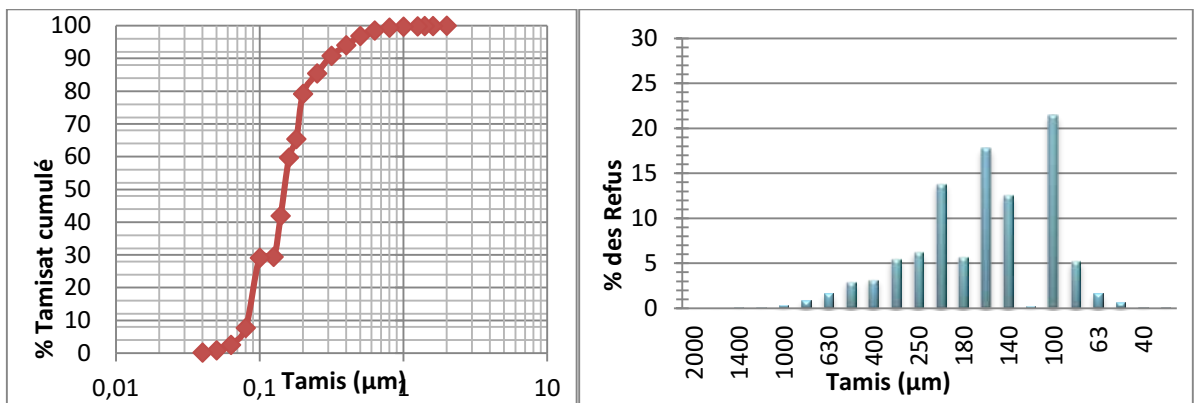
Echantillon 23



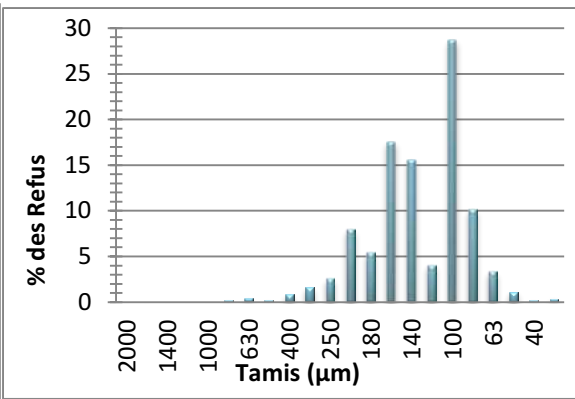
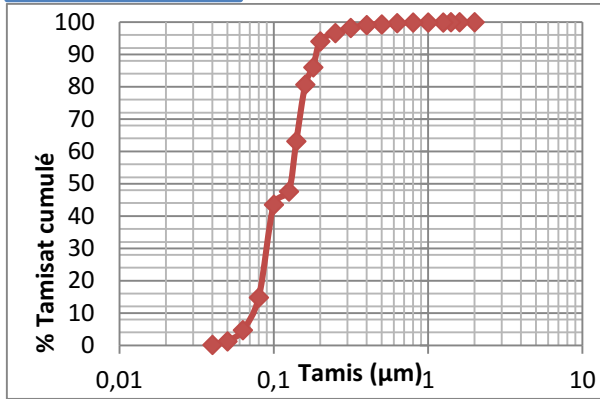
Echantillon 24



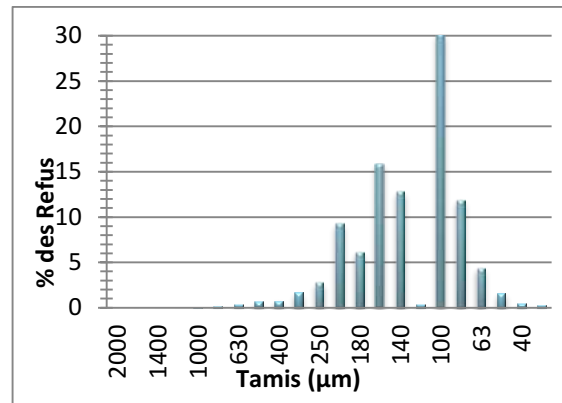
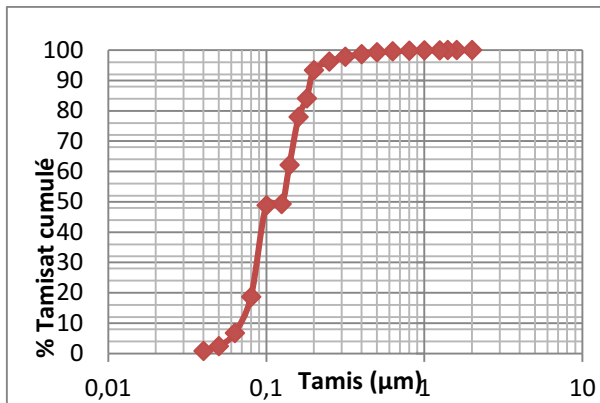
Echantillon 25



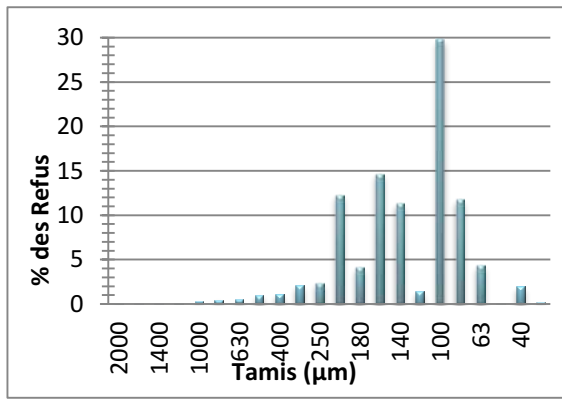
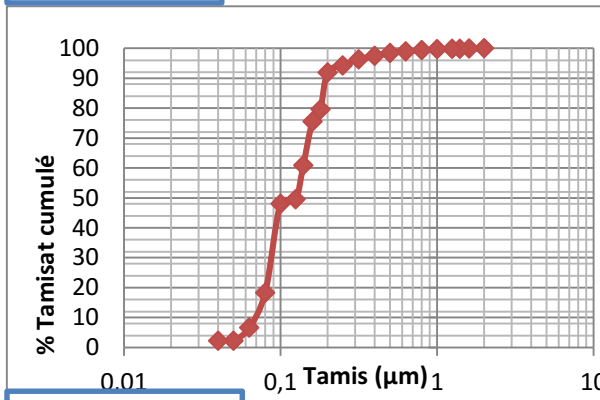
Echantillon 26



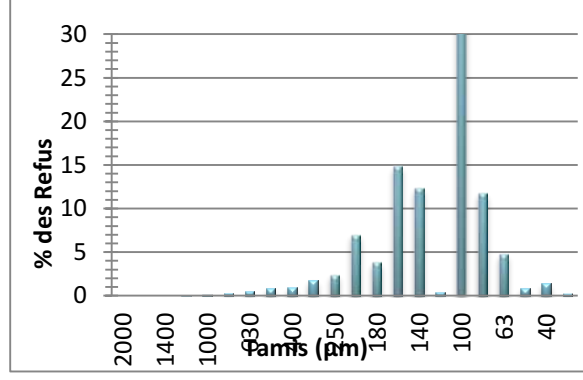
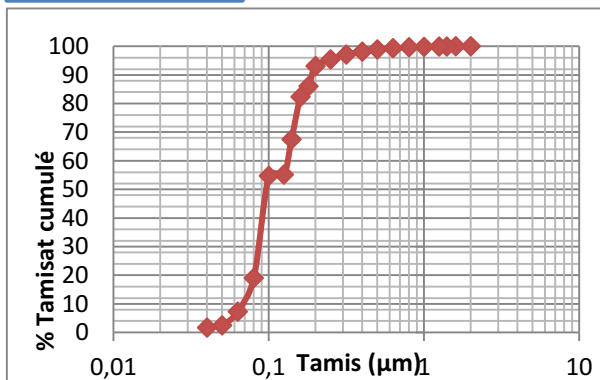
Echantillon 27



Echantillon 28



Echantillon 29



Courbes granulométriques des tamisats cumuléés par rapport aux diamètres de tamis

Histogrammes des fréquences des refus par rapport aux diamètres de Tamis

```

apres.swn - Bloc-notes
Fichier Edition Format Affichage ?
PROJ 'gouraya' '001'
$
MODE STAT
MODE STATIONARY TWODimensional
COORDINATES CARTesian
SET level=0.5 maxerr=3 NAUTICAL
$
CGRID REG 395827.003 4044359.877 0 7831.18 7670.405 373 365 CIR 36 0.03 0.3 24

INPGRID BOTTOM REG 395827.003 4044359.877 0 373 365 20.9951206 21.014808 EXCVAL -999.9999
READING BOTTOM 1.0 'bathytotat.txt' 3 0 FREE
$
BOUN SHAPE JONSWAP 3.30 PEAK DSPR DEGREES
BOUN SIDE N CON PAR 4.93 10.91 40 27
$BOUN SIDE E CON PAR 4.93 10.91 40 27
$BOUN SIDE W CON PAR 4.93 10.91 40 27

$WIND 11 270
OFF QUAD
$OFF WCAP
GEN2
breaking con 10.0 0.48
num accur 0.03 0.03 0.03 97 12
FRICTION JONSWAP 0.067
SETUP 0.

$
***** OUTPUT REQUEST *****
$
FRame 'R1' 395827.003 4044359.877 0 7831.18 7670.405 373 365
$
$BLOCK 'RBEJ3' HEADER 'R18B_NEE10V' xp yp hs dir dep vel tdir force transp steepness wlen ubot per
$
TABLE 'R1' HEADER 'vlargew' xp yp hs dir dep vel tdir force transp steepness wlen ubot per
FRame 'R2' 400218.574 4047590.989 0 1049.34 715.964 23 15
TABLE 'R2' HEADER 'vzonenw' xp yp hs dir dep vel tdir force transp steepness wlen ubot per
$
COMPUTE
$
STOP

```

Grid Data - E:\2-bathy\bathymetrie_arcgis\bathy extr... ?

Data Columns: (2232 data points)

X: Column D: X Filter Data... OK

Y: Column E: Y View Data Cancel

Z: Column C: Z Statistics

Gridding Method: Kriging Advanced Options... Cross Validate...

	Minimum	Maximum	Spacing	# of Nodes
X Direction	395827.003	403658.183	20.99512064	374
Y Direction	4044359.877	4052030.282	21.01480822	366

Grid Z Limits: Minimum: None Maximum: None Z Transform: Linear

Output Grid File: E:\2-bathy\bathymetrie_arcgis\2016bathy.grd

Hs T °

2

1

Figure : Préparation de fichier de commande de Swan

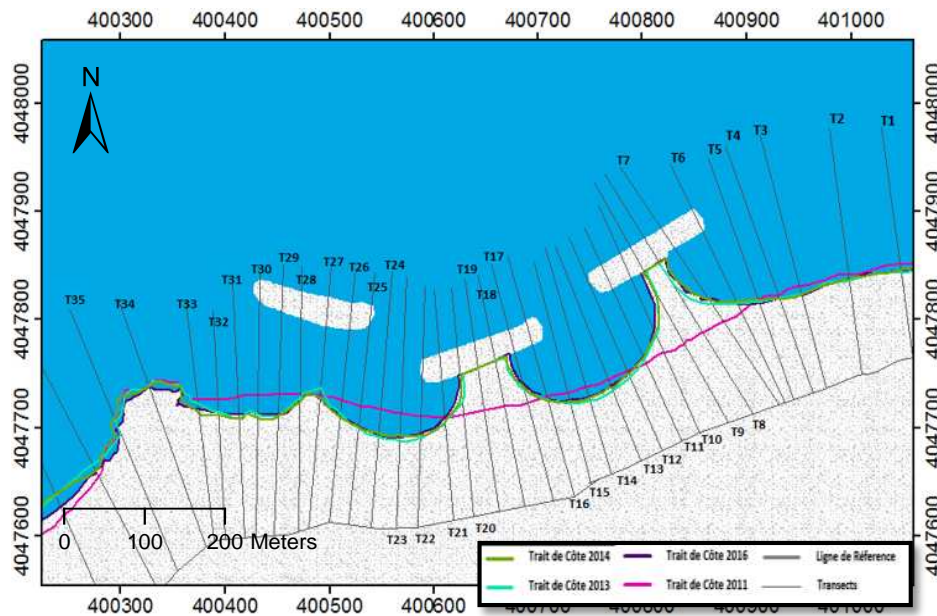


Figure : Représentation des transect et tracées des traits de côtes dans la Zone d'étude.

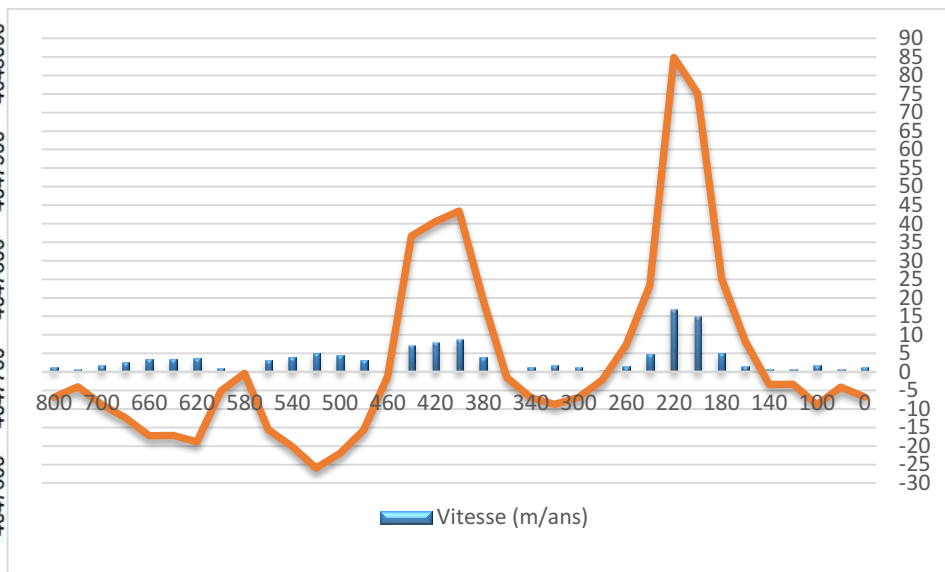


Figure : Diagramme des Distances de recul par rapport à chaque Transect.

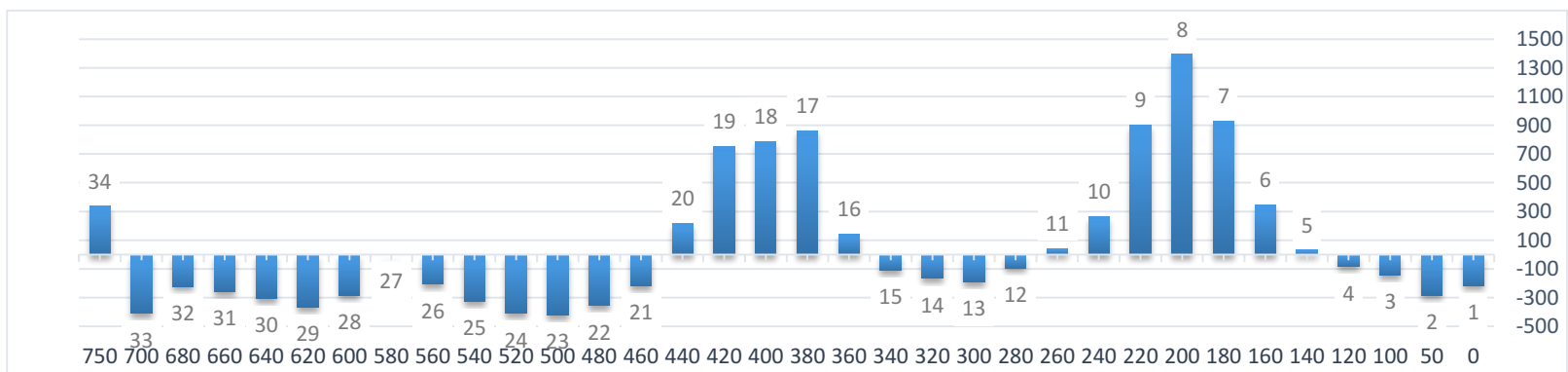
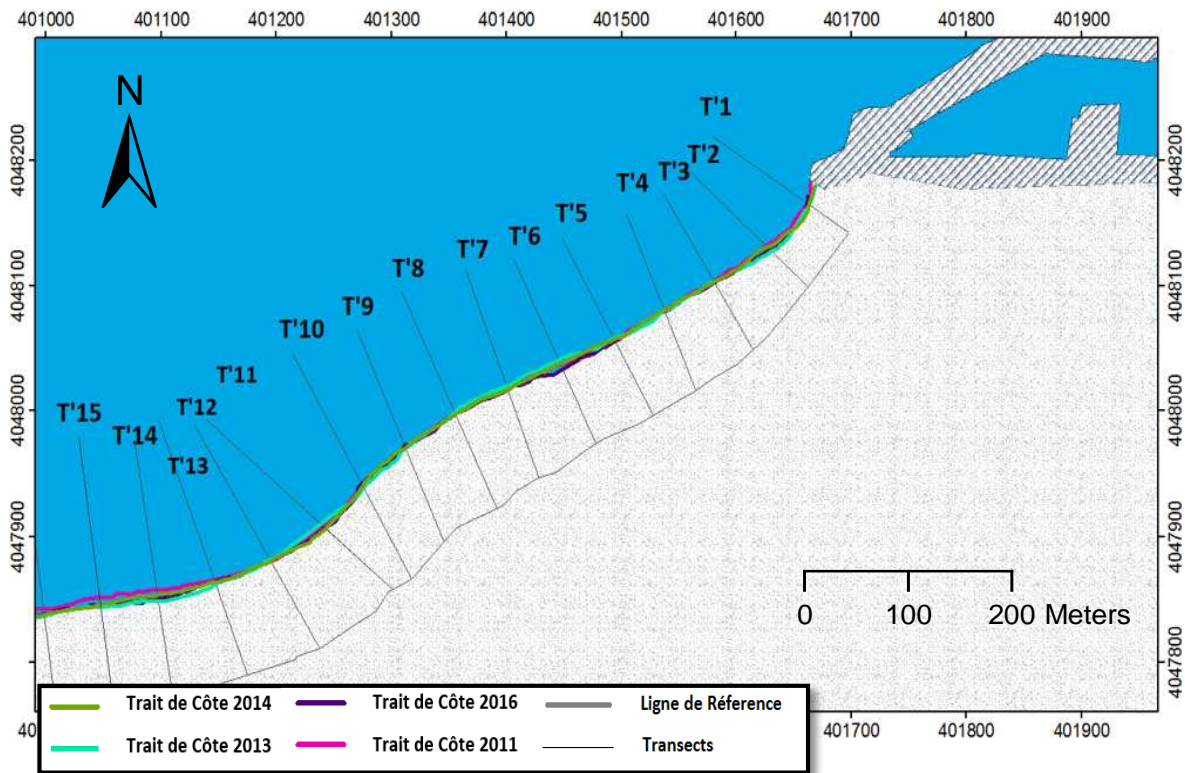


Figure : Diagramme des surfaces dans la zone d'étude



Représentation des transect et tracés des traits de côtes dans la Zone I.

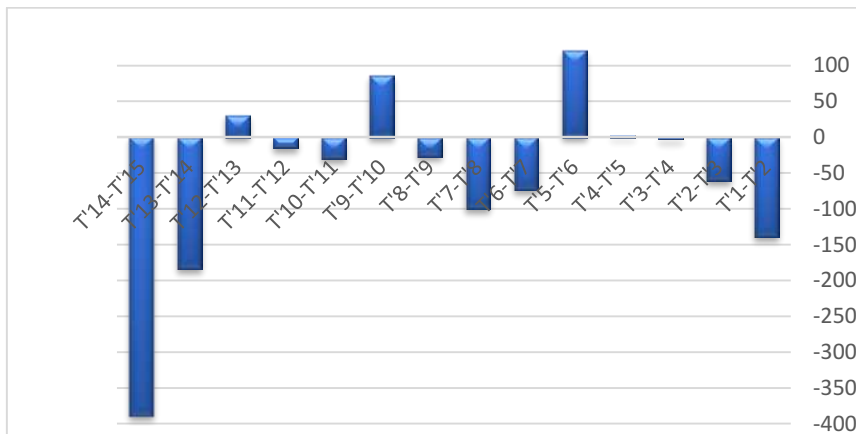


Figure : Diagramme des taux d'érosions-accumulations (m²) de la période 2011-2016 : surfaces entre chaque deux transects dans la Zone I

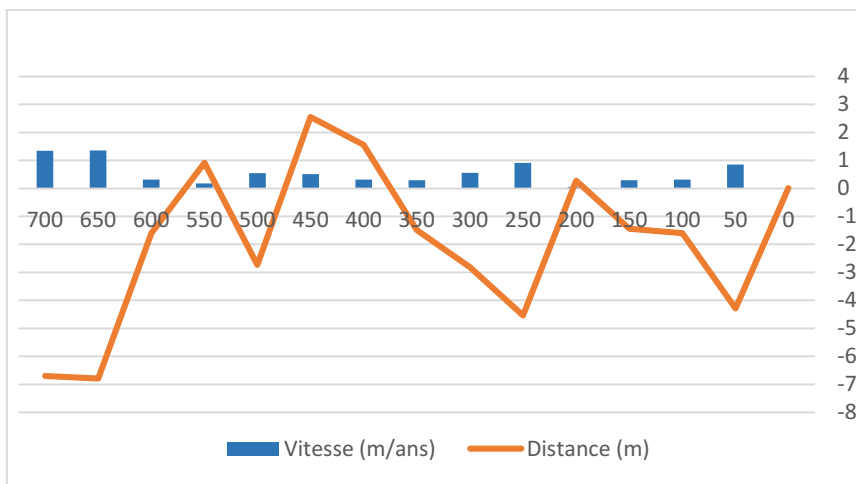
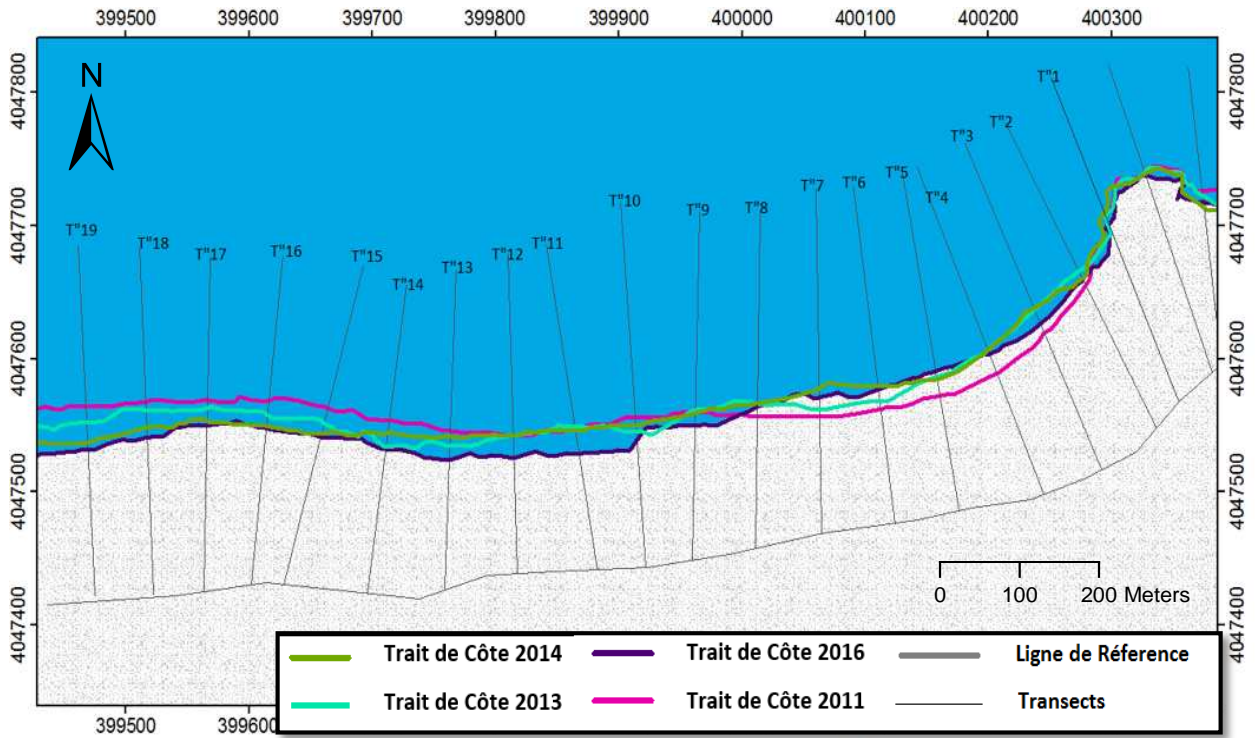


Figure : Diagramme des Distances de recul par rapport à chaque Transect.



Représentation des transect et tracés des traits de côtes dans la Zone II

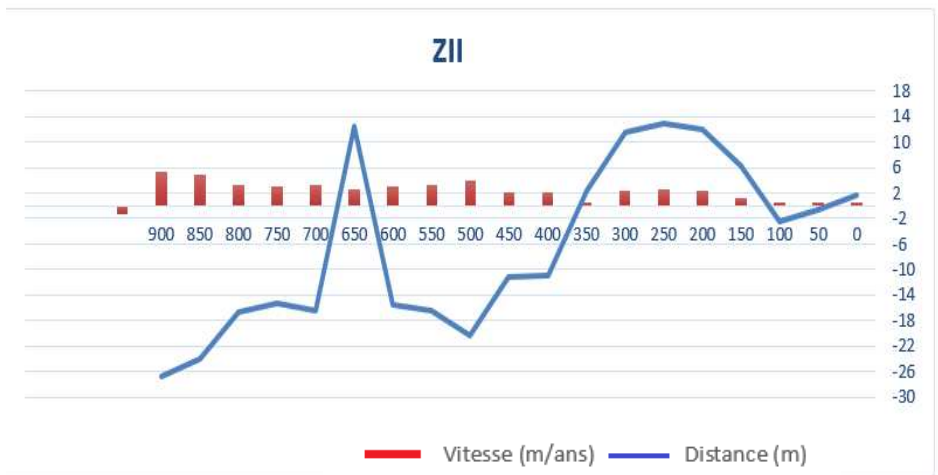


Diagramme des Distances de recul par rapport à chaque Transect.

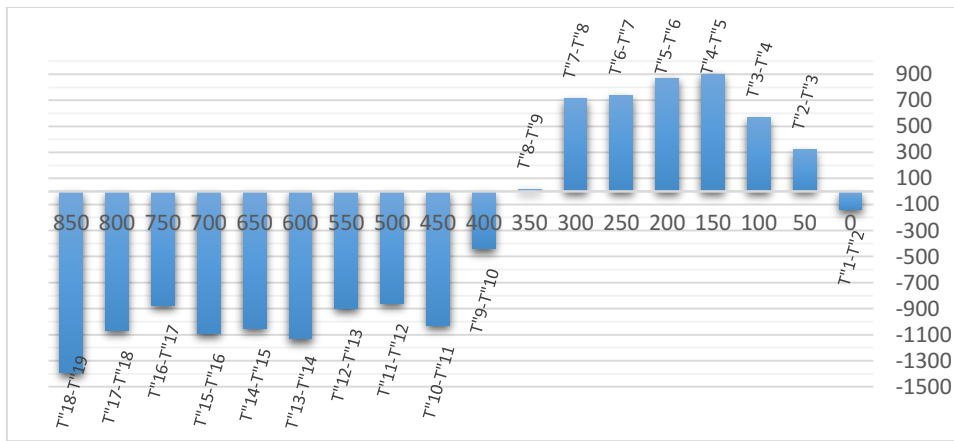


Diagramme des surfaces dans la zone II

OUDDHA Habiba

Impact des Ouvrages de Protection sur la Morphodynamique des Cotes Cas de Bois Sacré Gouraya Tipaza

Résumé :

La plage de Bois Sacré, qui se situe à 1 Km à l'Ouest de la ville de Gouraya, a connu une artificialisation représentée en installations urbains (population en faveur de la pêche artisanale ainsi la valorisation de la plage pour la baignade) ce qui a provoquer son recul, afin de protéger cette plage et stabilisée son talus, la solution de défense du rivage est composé d'une combinaison d'ouvrages parallèles au rivage : de la basse plage et de la haute plage Ces infrastructures ont contribué à la modification des équilibres naturels de rivage de ce secteur.

Les travaux au cours de ce mémoire ont permis d'améliorer l'état de connaissance du comportement Morphodynamique de la frange côtière de la plage de Bois sacré tout en se basant sur le biais des SIG (système d'information géographique)...

L'analyse des impact physique de l'implantation de ces infrastructures de défense du littoral de Bois Sacré réalisée en 2012, montrent que :

- L'apparition des formes particulières : des bassins des brises lames. Et un soulèvent des fonds.
- Les murs en enrochements naturelles ont contribué à l'artificialisation le reprofilage du talus.
- Dans la période entre 2011 et 2016. ces ouvrages parallèles a la côte ont provoqués des effets positivement localement dans le site protégé, par contre on enregistre un grand recul dans les zones adjacentes.
- ces ouvrages de protection assurer une diminution d'énergie de la houle et création d'une zone plus ou moins calme et protégée des fortes tempêtes.

Tous ces impacts auront probablement des indices positifs sur l'activité touristique et socio-économique de la région.

Mots Clés : Brise-lame, Impact Sédimentaire, Ligne De Rivage, Digitalisation, Protection, Zone Abrisée, Recul, Dissipation D'énergie, Mur en Enrochement, Erosion , Bathymétrie. Erosion, Bathymétrie Arc Gis, Tait De Côte

Summary :

The Beach of Bois Sacré, which is located 1 km west of the city of Gouraya, experienced artificialisation represented in urban facilities (population in favor of artisanal fisheries and enhancement of the beach for swimming) which decline to protect this beach and stabilized the slope, the shore defense solution consists to make a combination of parallel structures to the shore: the low range and high range

These infrastructures have contributed to change the natural balance of all the sector's shore.

This work have improved the behavior of Morphodynamics knowledge of state of the coastal strip of Bois Sacré all based on using GIS (geographic information system) ...

The analysis of the physical impacts of the implantation of defense structures in Bois Sacré's coastline performed in 2012, it is distinguished as:

- The emergence of particular forms: Basins of breakwaters. And raise funds.
- The walls in natural stones have contributed to reshaping the artificial slope.
- In the period between 2011-2016. these parallel structures have caused positive effects locally in the protected site, is recorded against a large decline in the adjacent areas.
- These protective structures have ensure a reduced energy of waves and creat a calm and protected area of severe storms.

All these impacts are likely to have positive impacts on tourism and on the socio-economical activities in this region.

Keywords: Breakwater , Sedimentary Impacts , Shoreline , Digitization , Protection, Sheltered Area , Dot Gain , Decline , Energy Dissipation , Armor Stone Wall , Erosion , Bathymetry, Arc Gis, GIS , Costline

ملخص:

شاطئ بوساكري، والذي يقع على بعد 1 كم غرب مدينة قوراية، شهد ظاهرة التمدن التي تتمثل في بناء بعض المرافق الحضرية (السكان يفضلون صيد السمك الحرفي والتشجيع على استغلال الشاطئ للسباحة) ما سبب في تراجع خط الساحل ولأجل حماية هذا الشاطئ واستقرار المنحدر العلوي، الحل المقترح لحماية الشاطئ يتكون من مزيج من هياكل موازية للشاطئ في الجزء المنخفض من الشاطئ وأيضاً في الجزء العلوي. وقد ساهمت هذه البنى التحتية الدفاعية في حدوث تغيير في التوازن الطبيعي لشاطئ بوساكري.

الدراسات التي أجريت في هذه المذكرة ساهمت في تحسين المعارف حول التغيرات والتحركات البنوية للشريط الساحلي لشاطئ بوساكري وكلها تركز على استخدام نظم المعلومات الجغرافية (SIG) ...

وأظهر تحليل الأثار الفيزيائية و المورفولوجية أن مشروع حماية ساحل بوساكري في عام 2012 الاستنتاجات التالية:

- ظهور أشكال خاصة متمثلة في أحواض لكاسرات الأمواج , وارتفاع الأعماق.
- ساهمت الجدران المشكلة من الأحجار الطبيعية في إعادة تشكيل المنحدر في أعلى الشاطئ.
- في الفترة ما بين 2011 و2016 الهياكل الموازية للساحل تسببت في أثار ايجابية محليا في الموقع المحمي، يتم في حين يسجل تراجع كبير في المناطق المجاورة.
- هذه الهياكل الوقائية تضمن تخفيض طاقة الأمواج وخلق منطقة أكثر هدوءا، محمية من العواصف الشديدة.
- ومن المحتمل أيضا أن يكون لهم أثار إيجابية على السياحة والحالة الاقتصادية والاجتماعية للمنطقة.

الكلمات المفتاحية : كاسر الأمواج، تأثير الرسوبية، الشاطئ، الرقمنة ، حماية ، ومنطقة محمية، تراجع، تبديد الطاقة، و جدار حجري، تآكل ، قياس الأعماق، قياس الأعماق، نظام المعلومات الجغرافية ، خط الساحل .