

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل

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



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

OPTION : GESTION ET PROTECTION DU LITTORAL

Thème :

**Travaux de protection du rivage marin de la
résidence Sahel Club des Pins**

Présenté par :

- Ait Saadi Zineb
- Mansouri Fatima Zohra

Soutenu en Juin 2020 devant le jury suivant :

Mme Bentchikou. L	MAA (ENSSMAL)	Présidente
Mr Belkessa. R	Professeur (ENSSMAL)	Promoteur
Mme Rahal. F	Ingénieure (DTP)	Co-promotrice
Mme Boudouma. Z	Ingénieure	Examinatrice
Mr Otmani. H	MAA (ENSSMAL)	Examinateur

Promotion : (2020)

Remerciements

Nous aimerions avant toute chose remercier sincèrement les personnes qui, d'une façon ou d'une autre, ont contribué à mener à bout ce travail.

Nos plus vifs remerciements à :

Monsieur BELKESSA. R, professeur (ENSSMAL) pour avoir accepté d'encadrer ce travail, pour sa confiance, sa disponibilité, ses encouragements et ses précieux conseils au cours de la réalisation de ce mémoire.

Monsieur DJEHA F (Ministère des Travaux Publiques et du Transport) pour nous avoir proposé ce thème et de nous orienter vers la (DTP) de la wilaya d'Alger.

Madame RAHAL. F (DTP de la wilaya d'Alger), pour avoir accepté de nous recevoir au sein de la DTP de la wilaya d'Alger et Co-encadrer ce travail.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à Monsieur AMARI Mohamed, directeur gérant du bureau d'étude (HMI), Messieurs AMARI Karim et AMARI Ryan de nous avoir fourni les supports documentaires nécessaires et de leur contribution à ce travail et tous le personnel du bureau d'étude (HMI).

Pour Madame BOUDOUMA. Z Ingénieure, Monsieur OTMANI. H, maitre de conférence A (ENSSMAL), d'avoir accepté d'examiner ce manuscrit et de participer à ce jury.

Nos profondes reconnaissances au personnel de la bibliothèque de l'ENSSMAL, du service de la documentation du HMI, et de la DTP de la wilaya d'Alger, ainsi qu'à toutes les personnes qui nous ont aidés de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire de fin d'études.

Nous somme reconnaissantes à tous nos enseignants qui ont contribué à notre formation et spécialement à Monsieur OTMANI. H, pour ses précieux conseils, et à toute personne qui nous a appris une lettre ou une phrase, qu'ils trouvent ici notre reconnaissance et un petit fruit de leurs sueurs.

Un remerciement spécial pour AMMOUR Lisa pour son soutien illimité, sa présence morale surtout dans les moments les plus difficiles (rédaction et soutenance).

Dédicaces

A celle qui m'a donné la vie , à ma raison d'exister, ma source de motivation et mon premier exemple , à celle qui crois toujours en moi et a beaucoup sacrifier pour faire de moi la femme d'aujourd'hui, mon ange gardien qui me protège toujours avec ses prières ...ma mère *Zahia*.

À celui qui illumine mon chemin, à ma force et ma source de sécurité et de confiance, à ma fierté... mon père *Seddik*.

A ma deuxième maman, à ma protectrice qui ne cesse de veiller sur moi, à celle sur laquelle je peux compter dans les moments les plus difficiles... ma grande sœur *Zohra*.

A ma première amie avec qui j'ai partagé mes premières larmes et mes premiers sourires celle qui me soutien toujours et ne cesse de me rendre fier...ma petite grande sœur *Souhila*.

A mon bonheur et mon sourire, à celui qui rend ma vie plus belle et lui donne du sens, à mon cher petit trésor...mon petit frère *Zakaria*.

Au trésor de l'amitié, à celles avec qui j'ai partagé mes délires et mes moments de folie et qui étaient toujours présentes aux moments les plus difficiles, à mes meilleurs amies : *Sonia, Fatima et Lisa*.

A toutes les personnes qui m'aimes et que j'aime, toute personne qui m'a soutenu de près ou de loin, et a contribuer pour que ce travail puisse voir le jour, famille et amis.

A toute la famille *AJS SAADI* et *AJS MAHFOUD*.

Je dédie ce travail

Zineb

Sommaire

Introduction Générale	1
Chapitre I : Généralités et description de l'état initial de la zone d'étude.....	2
1. Description et situation géographique.....	2
1.1. La plage Club des Pins dans la baie d'EL Djamila.....	2
1.2. Le site d'étude.....	2
2. Etat initial du site	3
3. Contexte physique du site.....	4
3.1. Géomorphologie et géologie	4
3.2. Aspect morphologique de la baie d'El Djamila	5
3.2.1. Les dunes littorales	5
3.2.2. Les plages	5
3.2.3. Les plateaux rocheux.....	5
3.3. Cadre océanographique	6
3.3.1. Les marées et les variations du niveau marin	6
3.3.2. Les houles au large	6
3.3.3. Les courants.....	7
3.4. Topographie sous-marine de la baie d'El Djamila.....	8
3.5. Evolution du trait de côte.....	9
3.5.1. Fraction de côte à tendance à l'accrétion.....	9
3.5.2. Fraction de côte à tendance à l'érosion	9
3.6. Hydrologie	10
3.7. Le climat	11
3.7.1. Les précipitations	12
3.7.2. Les températures	12
3.7.3. Les vents.....	13
3.8. Sismicité.....	13
4. Qualité du milieu.....	14
4.1. Les rejets urbains.....	14
4.2. La station de traitement des eaux usées de Béni Messous	15
4.3. Les ports.....	16
4.3.1. Le port d'El Djamila (la Madrague)	16
4.3.2. Le port de Sidi Fredj.....	17
Chapitre II : Matériels et méthodes d'analyse.....	18
Introduction	18
1. Etude de réfraction de la houle	18
1.1. Le principe de calcul de la réfraction de la houle	18
1.2. Données de base.....	19
1.2.1. Données bathymétriques	19

1.2.2. Données de houle au large.....	19
1.3. Choix du secteur angulaire.....	19
1.4. Modélisation de la réfraction.....	20
2. Etude bathymétrique.....	21
2.1. Mode du levé bathymétrique.....	21
2.2. Mode du levé au sonar latéral.....	21
3. Etude sédimentologie : Analyse granulométrique selon la NF P 18-560 (Septembre 1990).....	22
3.1. Positionnement des points de prélèvement.....	22
3.2. Méthode d'analyse au laboratoire.....	22
3.3. La fraction fine.....	24
3.4. La fraction grossière.....	24
3.4.1. Les paramètres de position.....	24
3.5. Analyse modale.....	25
3.6. Analyse calcimétrique.....	25
3.6.1. Principe de la méthode.....	25
3.6.2. Mode opératoire.....	26
3.7. La modélisation du transport sédimentaire.....	26
3.7.1. Procédure analytique.....	26
4. Etude d'impact sur l'environnement.....	29
4.1. La sévérité d'un impact.....	29
4.1.1. Les impacts environnementaux.....	29
4.1.2. Les impacts Socio-économiques.....	30
Chapitre III : Résultats et discussions.....	32
1. Réfraction de la houle.....	32
1.1. Coefficient de réfraction.....	32
1.2. Modélisation de la réfraction.....	34
1.2.1. Les houles au large de direction Ouest.....	34
1.2.2. Les houles au large de direction Nord-Ouest.....	35
1.2.3. Les houles au large de direction Nord :.....	36
1.2.4. Les houles au large de direction Nord-Est.....	37
1.3. Conclusion sur les résultats de l'étude de la réfraction.....	37
2. Etude bathymétrique.....	38
2.1. Morphologie sous-marine.....	38
2.2. Profils bathymétriques.....	39
2.2.1. Profil N°1.....	39
2.2.2. Conclusion sur la morphologie sous-marine.....	40
2.3. Analyse du sondage sismique.....	40
2.3.1. Commentaire :.....	40
2.3.2. Conclusion sur l'étude au sonar latéral.....	41
3. L'étude sédimentologique.....	41

3.1. Analyse de la fraction fine.....	41
3.2. Analyse de la fraction grossière.....	42
3.2.1. Les courbes granulométriques	42
3.2.2. Les quantiles	44
3.2.3. Les indices granulométriques :.....	47
3.2.4. Analyse modale	48
3.2.5. Analyse calcimétrique	49
3.2.6. Conclusion sur l'étude sédimentaire.....	50
3.3. Modélisation du transport sédimentaire.....	50
3.3.1. Commentaire :	50
3.3.2. Conclusion sur le transport sédimentaire dans la zone	51
4. L'étude d'impact sur l'environnement	51
4.1. Phase d'installation du chantier et repliement	52
4.2. Phase de construction des ouvrages de protection	57
4.3. Phase de terrassement.....	61
4.4. Exploitation des carrières	63
4.5. Impact socio-économique du projet de protection	65
4.6. Conclusion sur l'Etude d'impact environnementale	67
5. Gestion de l'environnement de la zone littoral de Club des Pins.....	67
5.1. Etat du fait du site.....	67
5.1.1. Avant le projet de protection	68
5.1.2. Après lancement du projet de protection	69
5.2. Conclusion	71
Chapitre IV : Projet d'aménagement et de protection de la plage Club des Pins	72
1. Contexte du projet de protection	72
2. Les différentes solutions envisagées.....	72
3. Solution retenu pour la protection de la Plage du Club des Pins.....	72
3.1. Caractéristiques Techniques de la solution retenue	73
3.1.1. Critères de projet	73
3.1.2. Réponse aux critères d'efficacité.....	74
3.2. Règles De calcul.....	75
3.2.1. Brise-lame immergé en géotubes	75
3.2.2. Calcul de la stabilité des géotubes	76
4. Description détaillée du projet.....	77
4.1. Notions de Base.....	77
4.1.1. Brise-Lames	77
4.1.2. Géotubes.....	77
4.1.3. Stabiplage.....	77
4.1.4. Confortement Dunaire	77
4.2. Consistance des travaux à réaliser	78

4.2.1. Installation du chantier et repliement	78
4.2.2. Terrassement (Remblais/Déblais).....	78
4.2.3. Ouvrages de protection.....	79
4.2.4. Reconnaissances, analyses et reprofilage éventuel des fonds préalables aux travaux.....	86
4.3. Implantation des ouvrages de protection	87
Chapitre V : Suivi et état d'avancement des travaux de réalisation des géotubes dans le cadre du projet de protection de la plage Club des Pins.....	90
Introduction	90
1. Définitions des mots techniques	91
2. Réalisation des Brise-lames	92
2.1. Brise-lames numéro 05.....	93
2.2. Brise-lames numéro 11.....	94
2.3. Brise-lames numéro 03.....	95
2.4. Brise-lames numéro 07.....	96
2.5. Brise-lames numéro 02.....	97
2.6. Brise-lames numéro 01.....	98
2.7. Brise-lame numéro 04	98
2.8. Brise-lames numéro 06.....	99
2.9. Brise-lames numéro 13.....	100
2.10. Brise-lame numéro 14	102
3. Remarques et Recommandations	104
4. Conclusion sur l'avancement des travaux	104
Conclusion générale	106
Bibliographie	107
ANNEXES	108
Annexe N°01 : Profils bathymétriques.....	108
Annexe N°02 : Plan de gestion de l'environnement de la zone Club des Pins.....	110
Annexe N°03 : Liste des plans de protection de la plage Club des Pins (avant-projet détaillé).....	112

∅ :	Diamètre.
°C :	Degré celsius.
µm :	Micromètre.
3D :	Tridimensionnel.
AA :	Anti-Affouillement.
AFNOR :	Association française de normalisation.
BET :	Bureau d'étude.
BL :	Brise-lame.
boud :	Boudin.
cm :	Centimètre.
D₅₀ :	Diamètre moyen, : Diamètre moyen.
D_{cr} :	Distance critique.
E :	Est.
Eq.Hab. :	Équivalent-Habitant (EH) Unité de mesure permettant d'évaluer la capacité d'une station d'épuration.
Fig. :	Figure.
géot :	Géotube.
GPS :	Global Positioning System.
GSTA :	Global Size Trend Analysis.
H (m) :	Hauteur en mètre.
ha :	Hectare.
H.M.I :	Hydro Marine Ingénierie.
Hs :	Hauteur significative.
INCT :	Institut National de Cartographie et de Télédétection.
km :	Kilomètres.
km/h :	Kilomètre par heure.
L (m) :	Longueur en mètre.
larg :	Largeur.
L.E.M :	Laboratoire des études maritimes.
m :	Mètre.
m/r :	Mètre par rangée.
m³/j :	Mètres cubes par jour.
max :	Maximale.
min :	Minimal.
ml :	Mètre linéaire.
mm/an :	Millimètre par an.
N :	Nord.
N° :	Numéro.
Nbr :	Nombre.
ONM :	Office Nationale de la Météorologie.
RPA :	Règles Parasismiques Algériennes.
RTK :	Real Time Kinematic.
s :	Seconde.
S.S.M.O :	Summary of Synoptic Meteorological Observations.
SHOM :	Service hydrographique et océanographique de la Marine.
STEP :	Station d'épuration des eaux usées.
SWAN :	Simulating Waves Nearshore.
tab :	Tableau.
TVC :	Tous venant de carrière.
WGS84 :	World Geodetic System 1984.
WW3 :	Wave Watch 3.

Figure 1 : Situation géographique de la baie d'El Djamila (Google earth, 2020).....	2
Figure 2: Localisation géographique de la zone des travaux sur la plage Club des Pins	3
Figure 3 : Dégâts observés au niveau de la plage Club des Pins lors de la tempête de 2007	3
Figure 4 : Géologie de la zone d'étude (Amghar et al, 2005)	4
Figure 5 : Morphologie sous-marine du littoral de la baie d'El Djamila.....	5
Figure 6 : Rose des houles saisonnières au large de la zone d'étude.....	6
Figure 7 : Topographie de la baie d'El Djamila (Leclair 1972)	8
Figure 8 : Biomorphosédimentologie de la zone d'étude.....	Erreur ! Signet non défini.
Figure 9 : Evolution du trait de côte du littoral de Club des Pins entre 1972 et 2004.....	10
Figure 10 : Recul du trait de côte et dégradations subies sur les habitations suite à la tempête de 2007 sur le littoral de Club des Pins.....	10
Figure 11 : Localisation de l'oued Beni Messous et son embouchure (Google Earth, 2019).....	11
Figure 12 : Précipitations et températures dans la zone d'étude (ONM, 2005)	12
Figure 13 : Rose des vents dans la zone d'étude (données MedAtlas : 1999-2004)	13
Figure 14 : Carte du Zonage national sismique Algérien RPA version 2003	14
Figure 15 : Photographies des rejets d'eau dans la zone d'étude	15
Figure 16 : Localisation géographique de la station de traitement des eaux usées de Béni Messous (Google earth, 2019).....	16
Figure 17 : Situation géographique des ports d'El Djamila et de Sidi Fredj dans la Baie d'El Djamila (Google earth, 2019).....	16
Figure 18 : Plan de Masse du nouveau port d'El Djamila (Abdi, 2003).....	17
Figure 19 : Port de plaisance de Sidi Fredj (Goucem et Rebhi, 2011)	17
Figure 20 : Présentation des directions des houles sur la zone de Club des Pins.....	20
Figure 21: Organigramme des étapes de la modélisation de la réfraction.....	21
Figure 22: Situation de stations de prélèvements dans la région de Club des Pins	22
Figure 23 : Méthodologie suivie pour l'analyse granulométrique	23
Figure 24: Situation des stations de prélèvement des échantillons pour l'étude de la calcimétrie dans la région de Club des Pins.....	25
Figure 25: Fichier de données d'entrées GSTA.....	27
Figure 26: Codification de la sévérité d'un impact.....	30
Figure 27: Codification du bénéfice d'un impact socioéconomique.....	31
Figure 28: Réfraction de la houle pour la direction 270°N et T=10s dans la région d'El Djamila (LEM,2009).....	34
Figure 29 : Réfraction de la houle pour la direction 315°N et T=10s (LEM, 2009)	35
Figure 30 : Réfraction de la houle pour la direction 360°N et T=10s (LEM, 2009)	36
Figure 31: Réfraction de la houle pour la direction 45°N et T=10s (LEM, 2009)	37
Figure 32 : Carte bathymétrique de Club des Pins.....	38
Figure 33 : Carte bathymétrique en 3D de Club des Pins	39
Figure 34: Carte bathymétrique et les profils tracés dans le secteur de Club des Pins.....	39
Figure 35 : Profil bathymétrique N°1	39
Figure 36: Carte schématique des faciès sédimentaires (sondage à balayage latéral) (LEM 2009).....	40
Figure 37: Répartition des pélites dans la région de Club des Pins.....	41
Figure 38: Courbe cumulative, station N°01	42
Figure 39: Courbe cumulative, station N°49.....	42
Figure 40: Courbe cumulative, station N°25.....	42
Figure 41 : Histogramme unimodale	42
Figure 42 : Courbe unimodale.....	42
Figure 43: Histogramme bimodale.....	43
Figure 44 : Courbes bimodales.....	43

Figure 45: Courbe plurimodale	43
Figure 46: Histogramme plurimodale	43
Figure 47: Répartition des déciles inférieurs dans la région de Club des Pins.....	44
Figure 48: Carte de la répartition du premier quartile Q_{25} dans la région de Club des Pins	44
Figure 49: Répartition des médianes D_{50} dans la région de Club des Pins.....	45
Figure 50: Répartition des quartiles supérieurs dans la région de Club des Pins	46
Figure 51: Répartition des déciles supérieurs dans la région de Club des Pins.....	47
Figure 52: Relation entre l'indice d'asymétrie et la médiane	47
Figure 53: Relation entre l'indice de classement et la médiane	48
Figure 54: Fréquence d'apparition modale	48
Figure 55: Répartition du mode $160\mu\text{m}$ dans la région de Club des Pins	49
Figure 56 : Résultats de l'analyse calcimétrique des sédiments de la plage de Club des Pins	49
Figure 57: Modélisation du transport sédimentaire dans la zone de Club des Pins	50
Figure 58 : Situation générale du site avant le projet de protection	68
Figure 59 : Situation de la zone du Club des Pins à l'issus du projet de protection	69
Figure 60: Coupe de principe des solutions d'aménagement envisagées sur le littoral de Club des Pins	72
Figure 61 : Plan de protection du rivage marin de la plage Club des Pins	73
Figure 62 : Description des éléments d'effet de brise-lames, (D'après J. Viguié 2002)	75
Figure 63 : Installation du chantier.....	78
Figure 64 : Schéma de principe du brise-lames en géotextile (1/2)	79
Figure 65 : Schéma de principe du Brise-lames en géotextile (2/2).....	80
Figure 66 : Exemple de l'utilisation de la technologie stabiplage, côté droit avant, côté gauche après.....	83
Figure 67 : Coupe longitudinale de la plage : implantation des stabiplages	83
Figure 68 : Coupe type de rechargement de la plage	85
Figure 69: Détail d'implantation d'un Brise-lames	89
Figure 70: Vue en plan d'un Brise-lames en Géotubes (12 unités).....	90
Figure 71 : Photographie d'un big-bag indiquant son point de levage (glossaire-international.com) ...	91
Figure 72 : Plan d'affichage du rivage marin de la plage Club des Pins	92
Figure 73 : Disposition des tapis-antiaffouillement	100

Tableau 1 : Distances des isobathes à la côte et pente des fonds	8
Tableau 2 : Températures dans la zone d'étude entre 1976 et 2005 (ONM, 2005).....	12
Tableau 3: Conditions de houles retenues dans le cadre de cette étude	19
Tableau 4 : Caractéristiques des tempêtes qui ont frappés la plage de Club des Pins entre 2001 et 2008	19
Tableau 5: Echelle de classement de l'intensité de l'impact et de la sensibilité du milieu	29
Tableau 6: Echelle de classement de l'importance de l'impact socioéconomique	31
Tableau 8 : 270°N / Hs =5.54m / T=10s	32
Tableau 7 : 315°N / Hs =4.53m / T=10s	32
Tableau 9 : 45°N / Hs=5.05m / T= 10s	33
Tableau 10 : 360°N / Hs=4.93m / T= 10s	33
Tableau 11: Impacts environnementaux du chantier/exploitation du camp du chantier	52
Tableau 12: Impacts environnementaux de la phase de construction des ouvrages de protection.....	57
Tableau 13: Impact environnementaux de la phase de terrassement.....	61
Tableau 14: Impacts environnementaux durant l'exploitation des carrières.....	63
Tableau 15: Impact socio-économique du projet de protection de la plage de Club des Pins.....	65
Tableau 16: Tableau explicatif de différents impacts sur la zone de Club des Pins.....	70
Tableau 17: Caractéristiques des tempêtes qui ont frappé La plage du Club des Pins entre 2001 et 2008	74
Tableau 18 : Caractéristiques de la tempête de l'année 2007.....	74
Tableau 19 : Caractéristiques des Brise-lames en géotextile	81
Tableau 20: les indications sur les dimensions des Stabiplates Ø1.60 m	84
Tableau 21 : Coordonnées des deux stations topographiques indiquées sur le plan n°05.....	87
Tableau 22 : Coordonnées d'implantation des 15 Brise-lames immergés	87
Tableau 23 : Coordonnées d'implantation des Stabiplates.....	88
Tableau 24: Disposition des géotubes dans le brise-lames N°05	93
Tableau 25 : Etat d'avancement des travaux de réalisation du brise-lame N°05	93
Tableau 26 : Disposition des géotubes dans le brise-lames N°11	94
Tableau 27 : Etat d'avancement des travaux de réalisation du brise-lame N°11	94
Tableau 28 : Disposition des géotubes dans le brise-lames N°03	95
Tableau 29 : Etat d'avancement des travaux de réalisation du brise-lame N°03	95
Tableau 30 : Disposition des géotubes dans le brise-lames N°05	96
Tableau 31 : Etat d'avancement des travaux de réalisation du brise-lame N°07	96
Tableau 32 : Disposition des géotubes dans le brise-lames N°02	97
Tableau 33 : Etat d'avancement des travaux de réalisation du brise-lame N°02	97
Tableau 34 : Disposition des géotubes dans le brise-lames N°01	98
Tableau 35 : Etat d'avancement des travaux de réalisation du brise-lame N°01	98
Tableau 36 : Disposition des géotubes dans le brise-lames N°04	98
Tableau 37 : Etat d'avancement des travaux de réalisation du brise-lame N°04	99
Tableau 38 : Disposition des géotubes dans le brise-lames N°06	99
Tableau 39: Etat d'avancement des travaux de réalisation du brise-lame N°06.....	100
Tableau 40 : Disposition des géotubes dans le brise-lames N13.....	101
Tableau 41 : Etat d'avancement des travaux de réalisation du brise-lame N°13	101
Tableau 42 : Disposition des géotubes dans le brise-lames N°14	102
Tableau 43 : Etat d'avancement des travaux de réalisation du brise-lame N°14.....	102
Tableau44 : Tableau récapitulatif de l'état des brise-lames.....	105

Introduction générale

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

Située, entre le promontoire de Sidi Fredj à l'ouest et le Cap de Ras Acrata à l'est, la baie d'El Djamila est en effet confrontée aujourd'hui à une multitude de contraintes, à la fois physiques et anthropiques, et dont la plupart relèvent de l'action de la mer et du rôle négatif joué par l'homme dans l'exploitation de son milieu. Cette pression, s'est imprimée dans la plupart des cas sur des composantes géomorphologiques sensibles et parfois sur des formes dynamiques irréversibles de la portion côtière étudiée (érosion des dunes, des plages et des hauts de plages). L'aggravation du recul des plages et le déficit de leur patrimoine sédimentaire notamment la plage Club des Pins, ainsi que l'apparition et la convergence de plusieurs formes de pollution marine (bactériologique, chimique et physique), et la perturbation des systèmes biologiques sous-marins (herbier de Posidonie), sont les formes de dégradation majeures et les plus fréquemment visibles dans l'aire étudiée.

Les plages reculent par à-coups. Plusieurs années peuvent s'écouler sans qu'apparemment elles ne se modifient. Que surviennent des jours de gros temps et elles subissent alors des dommages que la saison de mer calme ne réparera pas si leur budget sédimentaire n'est pas équilibré. Ce sont les événements de faible fréquence et de forte magnitude qui font véritablement évoluer une côte et non le déferlement habituel des vagues. C'est le cas de la plage Club des Pins qui subit depuis de nombreuses années une érosion importante due à l'action de la mer et principalement à des événements extrêmes tels que la tempête de 2007. Les plages peuvent donc connaître des érosions naturelles. D'une façon générale, on est autorisé à dire que la conjoncture actuelle, qui résulte à la fois du stade de leur évolution géologique, du comportement du niveau planétaire des mers, du cadre hydrodynamique général, n'est pas favorable au maintien de leur équilibre. Il en résulte une grande fragilité et une sensibilité marquée aux interventions humaines d'aménagement. (PASKOFF R, 1992).

Un projet de protection de la plage Club des Pins a été lancé en 2009 dans le but de préserver la plage contre l'action de la mer et atténuer l'énergie de la houle pour mieux préserver l'arrière-pays de cette plage qui présente des potentialités exceptionnelles, une première d'ordre politique (résidence d'état) et une seconde d'ordre touristique par la présence de l'hôtel Sheraton, le linéaire à protéger s'étend sur 3 000 m, depuis la plage Moretti à l'Ouest jusqu'à la plage les Dunes à l'Est.

Le but de ce travail du projet de fin d'étude intitulé « Travaux de protection du rivage marin de la résidence Sahel Club des Pins » est d'analyser ce projet de protection suivant une certaine logique :

- Présentation des propriétés physiques de notre zone et de son état initial.
- Présentation détaillée du projet de protection de la plage Club des Pins.
- Réalisation d'une étude d'impact environnementale du projet en cours de réalisation sur la zone.
- Suivi des travaux de réalisation des géotubes immergés dans le cadre du projet de protection du rivage marin de la plage Club des Pins.

Chapitre I : Généralités et description de l'état initial de la zone d'étude

1. Description et situation géographique

1.1. La plage Club des Pins dans la baie d'EL Djamilia

Sur le plan administratif, la plage de Club des Pins appartient à la commune de Staoueli, l'une des 19 communes littorales de la wilaya d'Alger. La plage est située à l'ouest de la wilaya dans la baie d'El Djamilia. Cette baie est orientée sud-ouest Nord-est et s'étend sur un linéaire de 6 km environ. Elle est ouverte sur la mer aux houles provenant des secteurs ouest à nord. La baie est délimitée au Sud-ouest par la presqu'île de Sidi Fredj sur laquelle se trouve le port de plaisance de Sidi Fredj à $2^{\circ}50'54''\text{E}$ et $36^{\circ}45'43''\text{N}$, et au nord-est par Ras Acrata sur lequel se trouve le port d'El Djamilia (ex. La Madrague) à $2^{\circ}53'42''\text{E}$ et $36^{\circ}48'6''\text{N}$.

La baie constitue une cellule hydro-sédimentaire fermée et aucun échange de sédiment ne peut s'effectuer de part et d'autre du fait de la présence des deux caps.



Figure 1 : Situation géographique de la baie d'El Djamilia (Google earth, 2020)

1.2. Le site d'étude

L'emprise initiale de l'étude comprend la plage de Club des Pins. Aujourd'hui La zone d'étude s'étend sur un linéaire côtier d'environ 3 270 m, suite à un projet d'extension sur 800 ml de la protection initiale, le projet d'extension a été lancé en 2015 dans le but d'accroître le linéaire côtier qui s'étend maintenant de la plage Moretti à l'Ouest jusqu'à la plage les Dunes à l'est.

La délimitation géographique de la zone des travaux est comprise entre les latitudes, $36^{\circ}48'5,796''\text{N}$ et $36^{\circ}45'43,092''\text{N}$ et les longitudes, $2^{\circ}53'42,792''\text{E}$ et $2^{\circ}50'54,744''\text{E}$.



Figure 2: Localisation géographique de la zone des travaux sur la plage Club des Pins

2. Etat initial du site

Le diagnostic de la situation initiale a montré que d'une manière générale, le littoral de la baie d'El Djamila est globalement en recul et le littoral de Club des Pins est soumis à une érosion intense puisque sur une durée de 32 ans le recul de trait de côte a été estimé à 40 m, soit un recul moyen de 1,25 m/an. Suite aux grosses tempêtes survenues en particulier en 2007, le site de Club des Pins a subi des dégradations importantes et net recul du trait de côte. Certaines habitations se trouvent même en contact direct avec la mer. Comme l'illustrent les photos ci-après, le site est en état érosion continu sous l'action de l'agent dynamique principale qu'est la houle.



Figure 3 : Dégâts observés au niveau de la plage Club des Pins lors de la tempête de 2007

Les facteurs d'érosion mis, entre autres, en évidence sont :

- Le régime de houle (bimodal).
- La configuration du site (entre deux caps).
- L'urbanisation et la présence d'ouvrages durs côtiers.
- La réduction des apports de sable.

Par ailleurs, le calcul du transit a permis d'estimer que le transport sédimentaire d'Ouest en Est est de l'ordre de 78 000 m³/an tandis que celui d'Est en Ouest est de l'ordre de 22 000 m³/an, soit un bilan global d'environ 55 000 m³/an dirigé vers l'Est.

3. Contexte physique du site

3.1. Géomorphologie et géologie

Les sols de la commune sont répartis en différentes textures, nous rencontrons un sol sablonneux dans les zones proches de la mer et des sols sablonneux-limoneux à chaque fois qu'on s'éloigne du niveau de la mer.

En générale, le sol de la commune de Staoueli est léger, très perméable (texture sablonneuse) et très fertile bon pour l'agriculture.

D'un point de vue géomorphologique, le site du projet est situé sur un cordon littoral dunaire il est bordé par :

- Le massif de Bouzareah qui est l'unité morphologique la plus élevée de la région (407m d'altitude), formé de roche cristallophyllienne (schistes, micaschistes, et marbres) qui affleurent également le long du littoral algérois, à Sidi Fredj à l'Ouest et à Bordj El Bahri à l'Est ;
- Le sahel marneux dont l'altitude varie entre 50 m et 200 m séparant la Mitidja de la mer, il est formé de marnes grises et bleues du Plaisancien ;
- Le Sahel mollassique qui représente le prolongement du sahel marneux, les altitudes ne dépassent pas les 80 m, il représente une variété lithologique associée à une sédimentation marine de haut- fond ;
- La plaine de la Mitidja qui s'étend sur une superficie de 1 300 km² et une altitude moyenne de 20 à 50 m, elle est représentée essentiellement par les alluvions épaisses, quaternaires ;
- Plateau dunaire littoral, c'est une formation sableuse, peu consolidée dont l'épaisseur varie entre 20 et 40 m, il occupe la baie d'Alger et la côte Ouest, limité au Sud par le Sahel c'est l'unité morphologique sur laquelle se situe notre site.

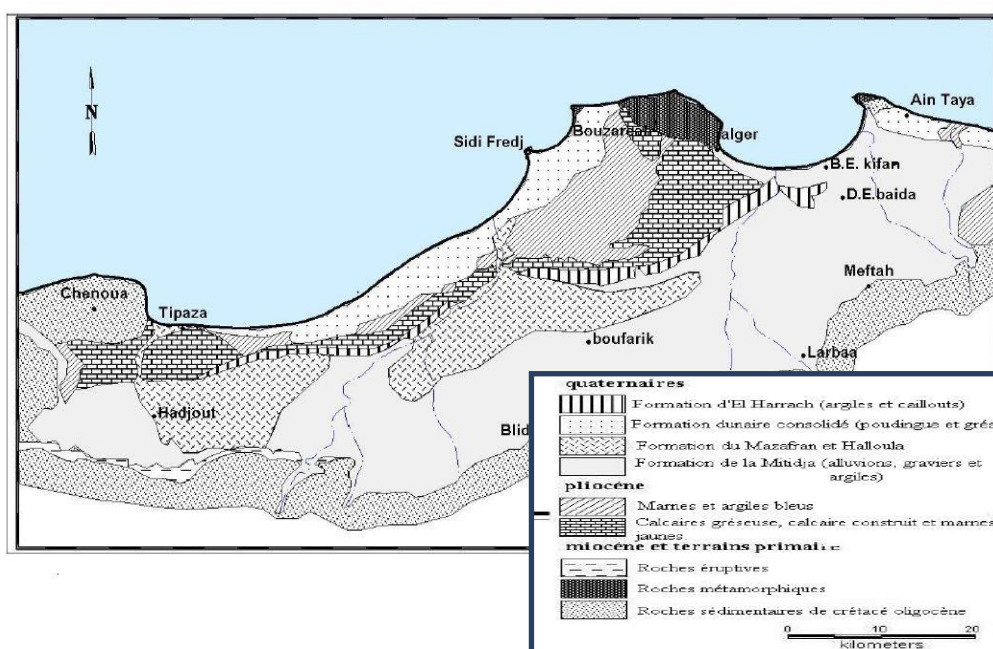
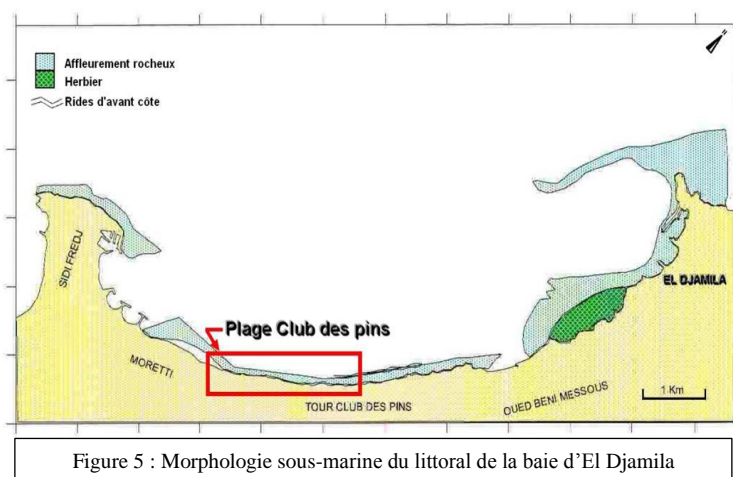


Figure 4 : Géologie de la zone d'étude (Amghar et al, 2005)

3.2. Aspect morphologique de la baie d'El Djamila

D'après la carte géomorphologique élaborée par Aymé en 1960, le littoral compris entre Sidi Fredj et Ras Acrata se caractérise par une importante accumulation sableuse actuelle et subactuelle (Fig. 5). La côte Ouest de la baie comprise entre l'embouchure de l'Oued Beni Messous et la pointe de Sidi Fredj est bordée par un cordon de sable dunaire limité par des plages plus ou moins importantes (Staoueli et Club des Pins). Le seul Oued se déversant dans la baie est situé à environ 5 km à l'Est de Sidi Fredj, c'est l'Oued de Beni Messous ; il prend source dans le grand Cheraga, traverse la commune de Bouzaréah, Dely Brahim et Ain Benian et débouche au niveau de la plage (les Dunes) à environ 2 km à l'Ouest de port d'El Djamila. Du côté Est de cette embouchure le littoral est taillé en falaise qui domine la mer par endroit.



3.2.1. Les dunes littorales

Les dunes littorales sont des accumulations des sables d'origine marine, les dunes littorales de la baie d'El Djamila constituent le prolongement oriental d'un cordon dunaire prenant naissance à l'embouchure de l'Oued Mazafran et se continue jusqu'à l'Est de l'Oued Beni Messous. Le cordon atteint une largeur maximale sur les plages de Staoueli et Club des Pins. Ces dunes ont une extension et une morphologie très variable en fonction de la direction des vents dominants.

En effet, il existe deux bandes littorales parallèles à la côte. L'une borde la haute plage, c'est la zone des dunes mobiles, l'autre se situe vers l'intérieure des terres, et est caractérisée par une couverture végétale dense ; c'est la zone des dunes fixes.

3.2.2. Les plages

A la suite du cordon dunaire et à l'Est de la jetée Sud du port de Sidi Fredj, s'étale une zone de plages sableuses de granulométrie variable, parallèle à la côte qui rétréci vers le Sud-Est.

Le développement des dunes littorales est atteint en arrière des plages de Staoueli et Club des Pins. Une importante déstabilisation dans le phénomène d'apport et de dépôt a vu le jour dans la baie de Bou Ismail, due à des carrières d'exploitation de ces sables entre l'Oued Mazafran et Ras Acrata.

3.2.3. Les plateaux rocheux

De nombreux platiers rocheux affleurent au niveau de l'estran et se poursuivent sous l'eau jusqu'à des profondeurs de 4 à 5 m sur la plage de Moretti et de Club des Pins. Actuellement certains affleurements sont recouverts par l'ensablement de la zone adjacente à la jetée Sud du port.

3.3. Cadre océanographique

3.3.1. Les marées et les variations du niveau marin

L'amplitude de la marée est généralement faible en méditerranée, elle présente d'importants écarts suivant l'époque lunaire et est le plus souvent masquée par la surélévation ou l'abaissement du niveau de l'eau engendré par des variations de conditions climatiques.

En moyenne, la marée de pleine lune est de 25 à 30 cm et celle de la nouvelle lune est de 5 à 15 cm. D'autres phénomènes peuvent se superposer à cet effet astronomique tels que la pression atmosphérique, les seiches, ... etc.

De forts vents marins locaux peuvent aussi, par action directe sur la surface de la mer, entraîner au rivage un gonflement du plan d'eau.

Le niveau de la surface de la mer pourrait ainsi atteindre une surélévation maximale de 1 m environ, du fait des phénomènes ci-dessous.

3.3.2. Les houles au large

Les données de la houle au large sont reprises d'un document intitulé « Summary of Synoptic Meteorological Observation » (S.S.M.O Tome 2, zone Algiers). Ces données s'étalent sur une période de 8 ans (de 1963 à 1970).

Une analyse statistique de ces données de base permet de définir les secteurs de la houle prédominants et leurs amplitudes respectives. Des roses de houles sont établies trimestriellement et annuellement (Fig. 6).

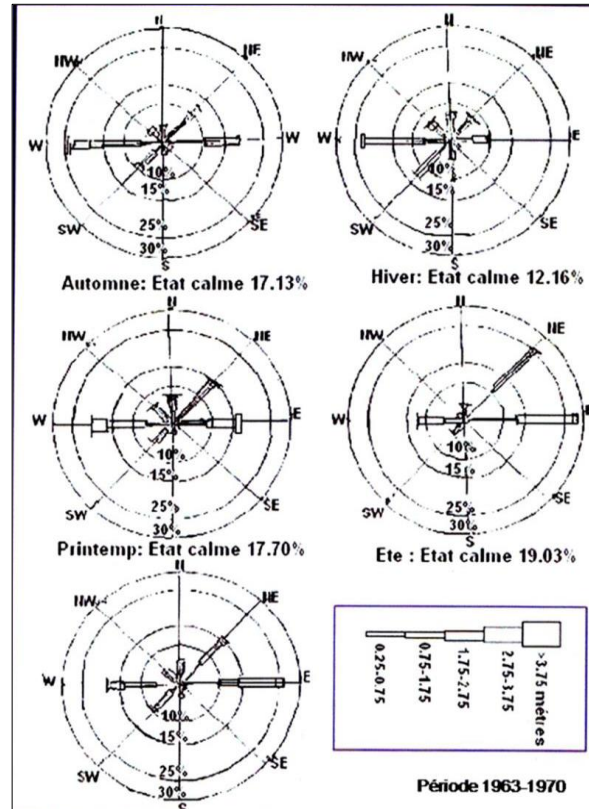


Figure 6 : Rose des houles saisonnières au large de la zone d'étude.

En hiver les houles prédominantes sont de secteur Ouest Nord-Ouest (pour plus de 80%) avec une période moyenne de 8 à 9 secondes, des périodes supérieures à 10 s, pouvant atteindre 13s sont relevées lors de grandes tempêtes.

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

La longueur d'onde des houles d'hiver les plus fréquentes est de 150 à 170 m avec une célérité de 14 m/s. Par « gros temps » les valeurs sont plus élevées : longueur d'onde de 200 m et célérité de 17 m/s. dans ces conditions, la profondeur de déferlement peut-être estimée entre 6 et 9 m.

3.3.3. Les courants

Les courants jouent un rôle très important dans le transport sédimentaire, ils y participent dans l'évolution des formes de la plage en conduisant à des ensablements à des envasements ou à des érosions.

3.3.3.1. Les courants généraux

Ces courants, est le résultat d'un déplacement des masses d'eaux atlantiques qui traversent le détroit de Gibraltar. Ils se dirigent vers l'Est au large des côtes algériennes avec une vitesse varie entre 0,5 à 2,5 nœuds. Ces courants n'interviennent pas d'une façon importante dans le phénomène d'érosion, mais ils jouent un grand rôle dans le transport en suspension et en flottement des particules fines.

3.3.3.2. Les courants côtiers

a) Le courant Algérien :

C'est un courant général (qui domine au large de la région d'étude), d'origine atlantique, il se déplace d'Ouest en Est le long des côtes algériennes sous l'effet de la force de Coriolis. Ce courant général entre 1° et 2° Est devient instable pour former des tourbillons anticycloniques accompagnés de phénomènes d'upwelling (La remontée d'eau). (Millot et al, 1990).

b) Le courant de retour

Le courant de retour participe activement à l'érosion côtière de la zone d'étude, c'est le courant compensateur sur le fond qui s'effectue en direction du large résultant des retours des masses d'eau déployées par la houle sur la côte. Leur effet est remarquable surtout par mauvais temps généralement en hiver. Son amortissement s'y réalise vers la profondeur de 30 m qui souligne une limite dynamique matérialisée par l'apparition sur le fond de rides symétriques d'oscillation et la disparition des rides dissymétriques.

c) Le courant de dérive littoral

Le courant de dérive littorale est défini comme étant le résultat au rivage de tous les mouvements d'eau dirigés vers la terre et qui n'abordent pas la côte en incidence normale. Dans le cas général de houles de petites et moyennes amplitudes, les courants ne sont notables que dans la zone de déferlement. Ils assurent donc le transport latéral (dérive latérale) et la dispersion des sables et des graviers de la frange littorale. Les houles de fortes amplitudes peuvent agir jusqu'à des fonds de 40 à 60 m.

En surface, la dérive générale dans la région d'étude, est engendrée par le contre-courant du large (Atlantique), tournant dans le sens des aiguilles d'une montre, avec une vitesse moyenne en général

très faible de l'ordre de 0,3 km/h ; lorsque le vent souffle suivant la direction Nord-est, elle atteint 3,2 km/h. A proximité du fond, la vitesse de ces courants diminue très rapidement et devient pratiquement négligeable.

3.4. Topographie sous-marine de la baie d'El Djamila

La baie d'El Djamila se caractérise par une topographie sous-marine à pente douce régulière d'Ouest en Est. La topographie est généralement uniforme, mais on distingue la présence de deux fosses dans la partie Est de la baie entre les profondeurs 15 à 19m et 18 à 22m.

La présence des petits hauts fonds reflète l'existence des dunes hydrauliques entre 14 et 15 m de profondeur. (Anayat, 2010).

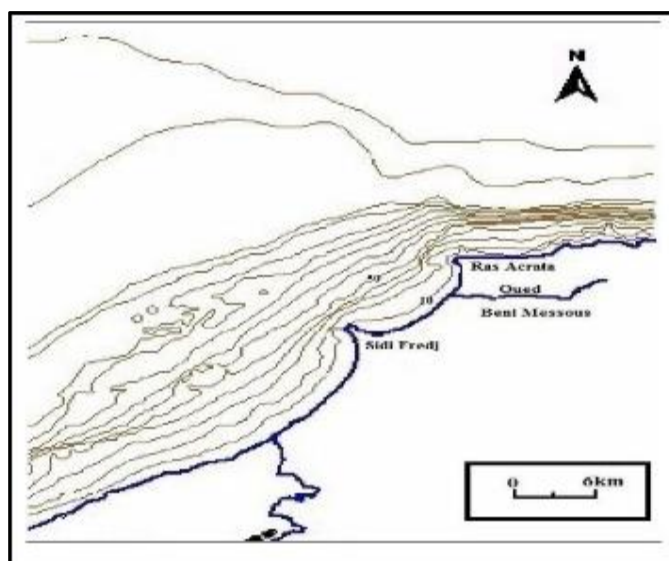


Figure 7 : Topographie de la baie d'El Djamila (Leclaire 1972)

Les distances des isobathes -10, -20 et -50 m à la côte sont données dans le tableau ci-après avec des pentes des fonds correspondants.

Tableau 1 : Distances des isobathes à la côte et pente des fonds

Profondeur (m)	-10	-20	-50
Distance à la côte (m)	600	2000	3600
Pente moyenne des fonds	De 0 à -10 m	De 0 à -20 m	De 0 à -50 m
	1,66 %	1,00 %	1,40 %

Face à la zone d'étude les lignes bathymétriques s'éloignent du rivage, traduisant ainsi un adoucissement de la pente des fonds marins. L'isobathe -100 m est à environ 7 km du rivage.

3.5. Evolution du trait de côte

D'une manière générale, le littoral de la baie d'El Djamila est globalement en recul, à ce niveau on peut distinguer 2 zones; la première caractérisant une entité côtière à tendance érosive, la deuxième entité représentant un comportement d'une tendance accumulative.

3.5.1. Fraction de côte à tendance à l'accrétion

L'entité s'étend du port de plaisance jusqu'à la frontière avec Moretti ; l'accrétion dont on qualifie d'artificielle est due à l'implantation du port de plaisance notamment sa jetée secondaire qui a permis l'engraissement en sable de la plage Est, en l'occurrence ceci témoigne de la présence d'un flux sédimentaire très important dans la zone. Arrivant à l'hôtel El Riyadh l'implantation des ouvrages de protection de type brise-lame reliés à la terre (épis, brise-lame) a permis l'accrétion dans l'entité du fait de la réduction de l'agitation (brise lame) et le piégeage du flux sédimentaire passant.

Comme, dans ce type d'ouvrage, l'implantation fait appel à une deuxième en aval, on constate donc les mêmes observations sur le reste de la zone d'accrétion.

Les implantations reflètent des résultats satisfaisants sur les zones protégées, mais dégradent la naturalité de l'entité elle-même en artificialisant une grande partie du linéaire côtier.

3.5.2. Fraction de côte à tendance à l'érosion

S'étendant de Moretti et avançant vers l'Est sur tout le reste de la zone, l'érosion évolue à une cadence agressive menaçant toutes les structures urbaines dans la zone.

L'hypothèse principale concordante avec les observations est la dégradation de l'ensemble dunaire ; responsable du maintien de l'équilibre en termes d'échange sédimentaire estran- petit fond.

Du fait de l'exposition de la zone, différents facteurs rentrent en jeu, Ces derniers comprennent les fluctuations du niveau de la mer. Ceci a, à son tour, a influencé la nature et la sévérité de l'érosion côtière, qui joue un rôle important dans la transformation du paysage côtier. L'influence de la pluviosité est également particulièrement importante car les pluies et le ruissellement entraînent les sédiments de l'arrière-pays à la côte, alors que le long de la côte elle-même l'érosion et le transport de matériaux par les vagues et les courants ont entraîné la formation de plages créant des accumulations dans certains endroits et des érosions dans d'autres.

Le littoral de Club des Pins est soumis à une érosion de la plage. Ce phénomène s'accroît fortement au droit de la zone des habitations dont certaines se trouvent en contact direct avec la mer. Une comparaison des photos aériennes de l'Institut National de Cartographie et de Télédétection (INCT) prises en 1972 et en 1999 avec la photo de Google Earth de l'année 2004 couvrant la zone d'étude a permis de tracer l'évolution du trait de côte au niveau de la zone d'étude (Fig. 9).



Figure 8 : Evolution du trait de côte du littoral de Club des Pins entre 1972 et 2004- 2004 et 2012

Sur une durée de 32 ans (1972-2004), le recul du trait de côte a été estimé en moyenne à 40 mètres, soit un recul de 125 cm par an. Suite aux grosses tempêtes de l'année 2007 le site de Club des Pins a subi des dégradations importantes et un net recul du trait de côte comme le montrent les photos ci-dessous.

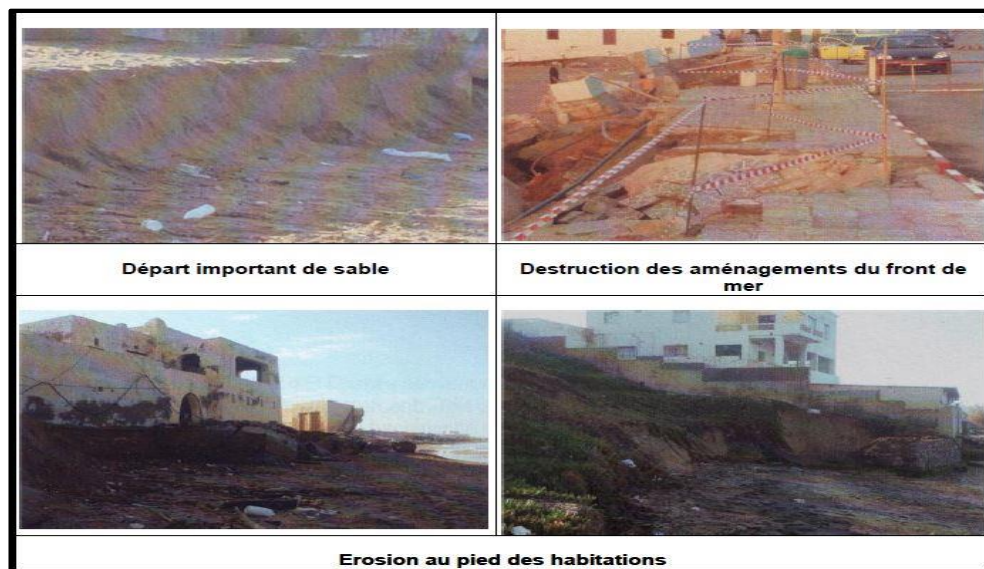


Figure 9 : Recul du trait de côte et dégradations subies sur les habitations suite à la tempête de 2007 sur le littoral de Club des Pins

3.6. Hydrologie

Le relief de la zone d'étude est échanré par un réseau Hydrographique exoréique dont l'écoulement se fait du Sud Est au Nord-ouest. Tous les Oueds et leurs affluents sont des torrents à débits irréguliers. En été, les lits des Oueds sont quasiment à sec ou se réduisent à de simples filets d'eau. Par contre, ils connaissent des crues très violentes pendant l'hiver.

Au niveau du Sahel, tous les Oueds sont perpendiculaires à la côte, ils traversent la plaine de la Mitidja du Sud vers le Nord avant de se jeter en mer. Ces Oueds prennent leurs sources dans l'Atlas Tellien. La subsidence constante de la Mitidja et l'exhaussement de l'anticlinal du Sahel, ont amené le réseau hydrologique à s'imposer.

La baie d'El Djamila est alimentée par l'oued Beni Messous et oued Boukara, ils prennent source dans le massif de Bouzareah. Cependant c'est l'Oued Beni Messous qui a les effets les plus ressentis sur la zone.

- **L'Oued Béni Messous**

Situé à 15Km entre El Djamila et Club des Pins, il traverse la commune de Cheraga au Nord, Bouzareah au niveau d'une agglomération appelé « la Tribu » au Nord-Est, Ain Benian à l'Ouest et débouche au niveau d'une plage appelé « les Dunes » d'une distance de 11.5Km, il regroupe l'oued Defla et l'oued Bainem.

L'Oued de Beni Messous reçoit un grand nombre d'affluents, il définit un bassin versant d'une superficie d'environ 33Km², son embouchure est à environ 2Km à l'Ouest du port d'El Djamila, il est rarement à sec, lors de fortes précipitations et il a une capacité de ravinement peu importante. Les apports terrigènes sont essentiellement issus de l'Oued de Beni Messous. Néanmoins les exploitations d'agrégats au niveau de cet oued déstabilisent le régime d'alimentation. (Alliouane, 2006)



Figure 10 : Localisation de l'oued Beni Messous et son embouchure (Google Earth 2019)

3.7. Le climat

L'irrégularité du régime et l'alternance de deux saisons nettement contrastées constituent les éléments fondamentaux du climat des pays du Sahel.

La proximité de la mer confère à ces régions un climat remarquablement tempéré, dû à l'effet modérateur de la mer. Le littoral algérien appartient au domaine méditerranéen subhumide. Le climat est de type méditerranéen, caractérisé par un été sec et chaud et un hiver humide et froid.

3.7.1. Les précipitations

La baie d'El Djamilia est soumise à un climat méditerranéen humide et reçoit des précipitations annuelles variant de 600 à 800 mm/an. Ce climat se définit par deux saisons bien différenciées.

- La saison pluvieuse : elle s'étale d'octobre à avril avec des valeurs mensuelles comprises entre 60 et 110 mm. Globalement, les mois les plus pluvieux sont novembre et décembre avec des cumuls de l'ordre de 100 à 110 mm/mois. Ces pluies hivernales sont le plus souvent courtes et intenses. Les débits des rivières sont directement liés à cette pluviosité, induisant ainsi, un régime hydrographique très irrégulier ;
- La saison sèche : elle s'étale sur le reste de l'année, c'est-à-dire du mois de mai au mois de septembre.

Le graphique présentant les caractéristiques des précipitations de la zone d'étude est présenté sur la Fig. 12.

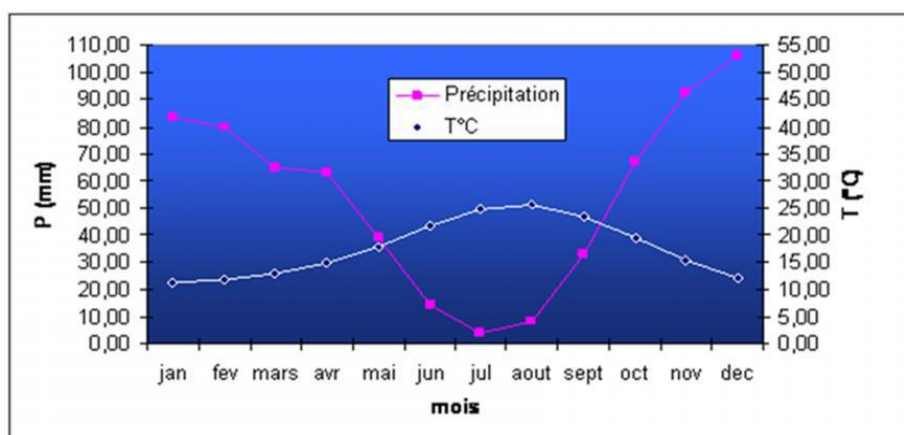


Figure 11 : Précipitations et températures dans la zone d'étude (ONM, 2005)

3.7.2. Les températures

Comme pour la pluviométrie (Fig. 12), la température se définit par deux saisons bien différenciées : la période hivernale (Novembre à Avril) et la période estivale (Mai à Octobre).

- **Période hivernale** : la température moyenne est comprise entre 11,0 et 15,0 °C, le minimum étant pour le mois de janvier (11°C) ;
- **Période estivale** : la température moyenne est comprise entre 18,0 et 26,0°C, le maximum étant pour le mois d'août (26°C).

Les données de températures dans la zone d'étude sur la période 1976-2005 (ONM) correspondent au graphique ci-avant.

Tableau 2 : Températures dans la zone d'étude entre 1976 et 2005 (ONM, 2005)

Mois	Jan.	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	
Température	Min	5,5	5,9	7,1	8,8	12,3	16,1	18,9	19,8	17,6	14,2	9,8	7,2
	°C	Max	16,7	17,4	19,2	20,9	23,9	28,2	31,2	32,2	29,6	25,9	20,8

3.7.3. Les vents

Le vent est un élément important dans la dynamique des eaux marines. En effet, il est à l'origine des houles, des clapots et des courants superficiels, intervenant dans l'évolution et la reconstitution des dunes.

Pour apprécier le régime des vents dans la zone d'étude, on a exploité les données les plus récentes édité par MedAtlas de 1999 à 2004. Les données de MedAtlas sont présentées dans le paragraphe suivant.

- **Données de MedAtlas (1999-2004)**

La reconstitution du climat de vents a été établie à partir des données de MedAtlas (1999-2004) en modèle numérique d'un point situé en Méditerranée à une profondeur dépassant les 2 500 m selon les coordonnées géographiques (3° 00' E, 37° 00' N).

Les résultats de cette étude mettent en évidence une prédominance des vents provenant des directions Est-nord-est et Ouest-sud-ouest, avec des vitesses maximales qui atteignent 20 m/s pour les directions comprises entre 240° et 270° N (Fig. 13).

Aussi pour les directions comprises entre 45° et 90° N, on observe des vitesses de vent qui atteignent les 16 m/s.

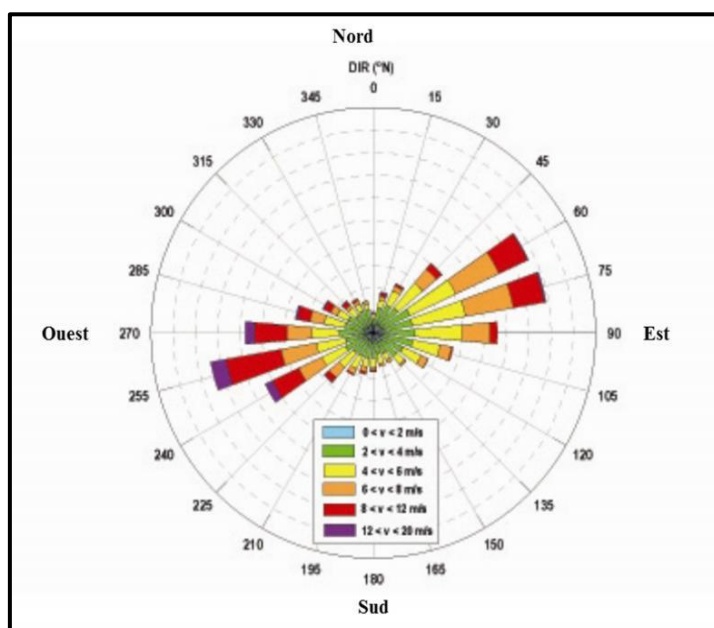


Figure 12 : Rose des vents dans la zone d'étude (données MedAtlas : 1999-2004)

3.8. Sismicité

Le territoire Algérien est divisé en quatre régions sismiques selon les Règles Parasismiques Algériennes RPA 99 / version 2003.

- Zone 03 : Zone d'intensité forte ;
- Zone 02 : Zone d'intensité moyenne ;
- Zone 01 : Zone d'intensité faible ;

- Zone 00 : Zone non sismique.

Une importante activité sismique se trouve localisée dans les zones côtières et en mer Méditerranée. Dans cette région de la Méditerranée occidentale concernée par le contact entre les plaques africaine au Sud et eurasienne au Nord. La tectonique de compression qui en découle génère de nombreuses failles actives dont le frottement provoque les séismes. La zone du projet est située dans la zone 3, considérée comme zone d'intensité forte.

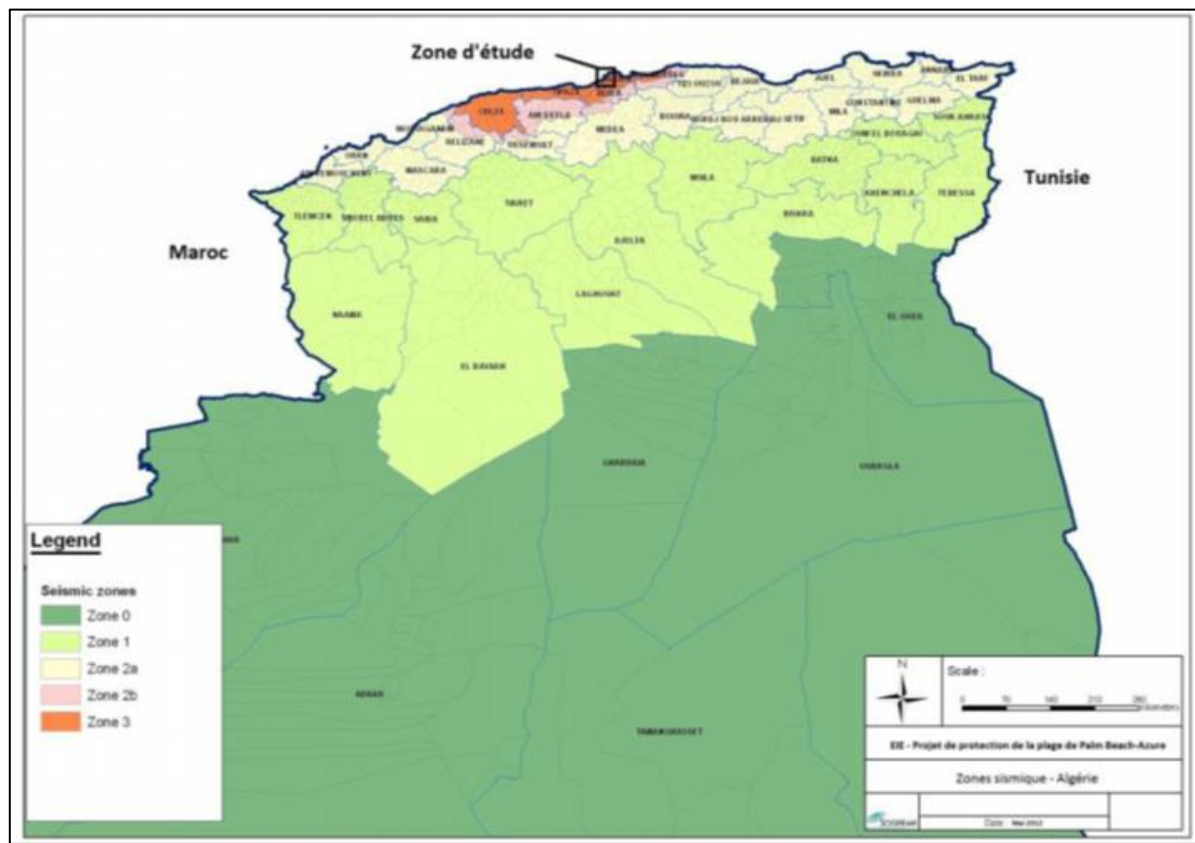


Figure 13 : Carte du Zonage national sismique Algérien RPA version 2003

Toute la côte nord de l'Algérie se situe dans une zone tectonique des plus propices aux tremblements de terre.

4. Qualité du milieu

4.1. Les rejets urbains

Il est important de noter l'existence de plusieurs émissaires des eaux usées et/ou de pluies au niveau de la plage de Club des Pins, ces rejets sont à ciel ouvert sans aucun traitement préalable des eaux de rejets.



Figure 14 : Photographies des rejets d'eau dans la zone d'étude

Les eaux usées du complexe du Club des Pins débouchent directement sur le haut de plage à ciel ouvert, constituant une source de pollution des eaux de baignade et peuvent avoir une incidence néfaste sur l'herbier à posidonie qui joue un rôle important dans le piégeage des sédiments.

4.2. La station de traitement des eaux usées de Béni Messous

La station de traitement des eaux de Beni Messous a une capacité épuratoire de 250 000 Eq.Hab. pour un débit moyen théorique de 50.400 m³/j. Cette STEP a été mise en service en 2007. Une extension est en cours de réalisation pour doubler sa capacité de traitement et compléter le traitement tertiaire.

Deux extensions ultérieures sont prévues, portant la capacité totale de la STEP de Beni Messous à 500 000 Eq.hab en 2015 et 810.000 Eq.Hab à l'horizon 2025.

Cette station a reçu en moyenne 33.400 m³/jour en 2013 et produit 8.800 tonnes de boues à 22.9% de siccité. Les performances de traitement permettent de garantir une conformité du rejet de 100% (2013) et un rendement d'élimination de la pollution de 95% (www.seaal.dz).

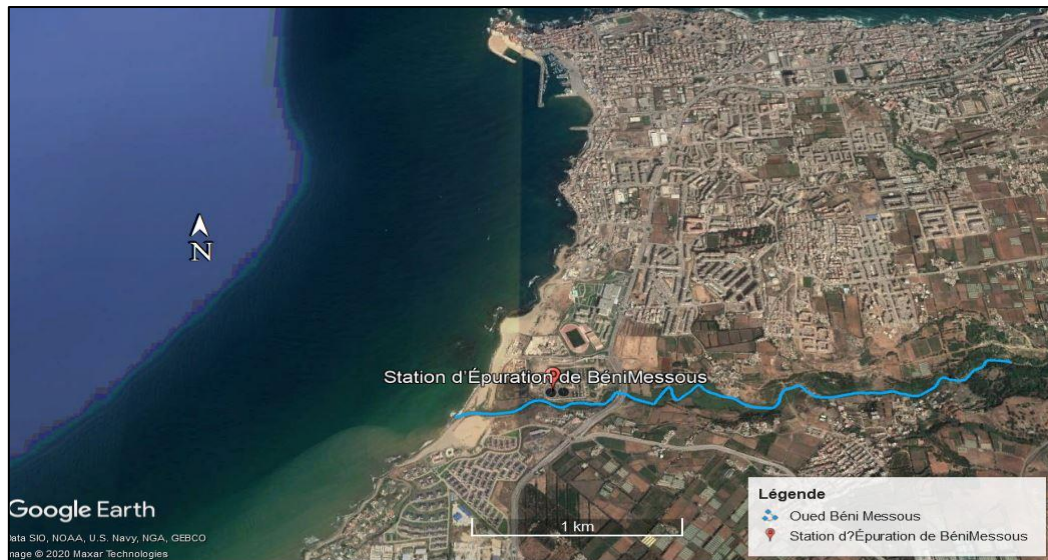


Figure 15 : Localisation géographique de la station de traitement des eaux usées de Beni Messous (Google earth, 2019)

4.3. Les ports

La baie d'El Djamila est comprise entre les deux ports de Sidi Fredj et d'El Djamila (la Madrague), comme l'illustre la figure suivante.



Figure 16 : Situation géographique des ports d'El Djamila et de Sidi Fredj dans la Baie d'El Djamila (Google earth, 2019)

4.3.1. Le port d'El Djamila (la Madrague)

Le port date de la période coloniale. Il doit son ancien nom 'la Madrague' à l'ancien engin de pêche 'madrague' utilisé pour la capturer au thon rouge (Abdi ; 2003).

Le port de pêche et de plaisance d'El Djamila a été conçu pour l'amarrage des bateaux de pêche, protégé par une jetée principale 150m environ de côté nord et d'un épi de 80m du côté ouest et possède un total de quais d'environ 180ml (quais de 120 ml + mole de 60 ml) avec un plan d'eau d'environ 9000 m².

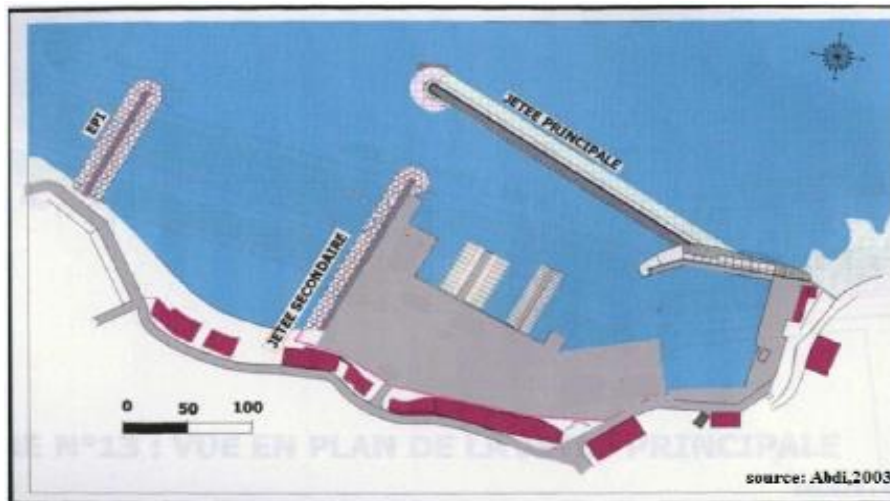


Figure 17 : Plan de Masse du nouveau port d'El Djamilia (Abdi, 2003)

4.3.2. Le port de Sidi Fredj

Situé dans une presqu-île dans la commune de Staoueli à 24 km à l'ouest d'Alger, Le port de plaisance de Sidi Fredj a été implanté en 1969 dans la partie orientale du cap, à 25Km à l'ouest d'Alger, il couvre une superficie de 38000 m² est formée de 5 bassins prévus pour l'accostage de différentes embarcations de moyen tonnage avec une capacité de 400 embarcations plaisancières, ce dernier est protégé par des ouvrages servant comme protection et moyen de délimitation.

Les caractéristiques techniques du port sont les suivantes :

- Jetée principale : 200 ml.
- Jetée secondaire : 80 ml.
- Longueur total des (3) quais : 570 ml.
- Un appontement : 280 ml.
- Plan d'eau d'une superficie de : 3.10 ha.
- Terre-plein d'une superficie de : 2.5 ha.

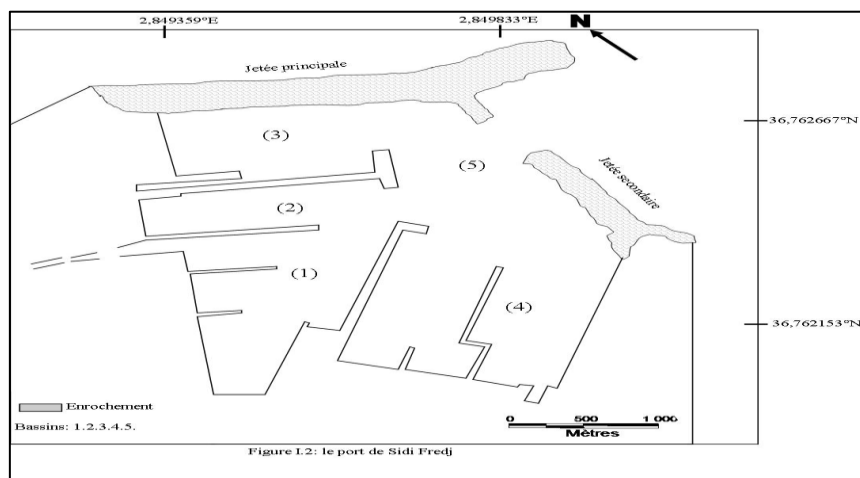


Figure 18 : Port de plaisance de Sidi Fredj (Goucem et Rebhi, 2011)

Chapitre II : Matériels et méthodes d'analyse

Introduction

Les études préliminaires (l'étude de la réfraction et l'étude sédimentologique) sont nécessaires afin de pouvoir proposer différentes solutions d'aménagement permettant de répondre aux besoins suivants:

- Pérenniser la plage du Club des Pins vis-à-vis des tempêtes pour éviter les dégâts observés après celle de 2007.
- Lutter contre le phénomène d'érosion et enrayer le recul du trait de côte sur le site

Par ailleurs, le site du Club des Pins étant un site relativement sensible, il était demandé de proposer des solutions esthétiques ne nuisant pas à l'environnement local et surtout ne dénaturant pas le site. Pour cela une solution harmonieuse avec la nature a été proposée par le LEM, et pour pouvoir déterminer les impacts (positifs ou négatifs) probables de cette protection, une étude d'impact environnementale est jugée nécessaire.

1. Etude de la réfraction de la houle

Lorsque la houle arrive près de la cote, les crêtes des vagues ont tendance à s'aligner avec les lignes d'iso-profondeur (isobathes), ce phénomène de réfraction se généralise à toutes les ondes qui se propagent dans un milieu inhomogène lentement variable.

L'étude de ce phénomène permet d'estimer avec une bonne approximation les caractéristiques de la houle (hauteur, période et direction) sur le site d'étude à partir des caractéristiques de la houle au large. Les résultats de l'estimation des caractéristiques de la houle à la cote serviront de données d'entrée pour le calcul et le dimensionnement des ouvrages maritimes.

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

1.1. Le 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 statistique est ensuite propagée vers la côte en utilisant des fonctions de transfert calculées suivant la bathymétrie représentée suffisamment au large, dans les fonds où les houles ne sont pas réfractées. Le coefficient de réfraction est défini de la manière suivante :

$$K_r = \frac{Hs_{local}}{Hs_{large}}$$

K_r : coefficient de réfraction de la houle

Hs : la hauteur significative des houles (m)

- L'atténuation de l'énergie lorsque $K_r < 1$ (divergence des vagues).
- La conservation de l'énergie lorsque $K_r = 1$ (propagation rectiligne des vagues).
- La concentration de l'énergie lorsque $K_r > 1$ (convergence des vagues).

Les calculs de la réfraction de la houle entre le large et la côte sont effectués par le modèle numérique SWAN pour différentes conditions de houle au large (hauteur, période et direction), c'est un modèle spectrale qui résout l'équation de conservation de l'énergie de la houle aléatoire en comptant les phénomènes de :

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

1.2. Données de base

1.2.1. Données bathymétriques

La bathymétrie utilisée pour cette étude de réfraction est celle issue de la digitalisation de la carte SHOM n°3030 intitulée « carte septentrionale d'Afrique partie comprise entre Alger et Cherchell- échelle : 1/100720 », ainsi que celle issue de la campagne de reconnaissances sur site réalisée au mois de juillet 2009 par le LEM dans le cadre de l'étude de protection du rivage du Club des Pins.

1.2.2. Données des houles au large

Elles sont prises du document de l'U.S. Naval Weather Command intitulé « Summary of Synoptic Meteorological Observations » (S.S.M.O tome II, Zone Algiers (1963-1970).

Les données sont statistiquement traitées afin de déterminer les fréquences d'apparition des houles par direction et période :

- Le choix des périodes est fait en fonction de la répartition des probabilités de dépassement d'une houle d'amplitude donnée.
- Les houles de fortes amplitudes (>10s), ont une probabilité d'apparition relativement faible.
- Les périodes de houle considérées dans le cadre de cette étude sont : 6, 8 et 10 secondes (tab.3).

Tableau 3: Conditions de houles retenues dans le cadre de cette étude

Période	Direction de la houle au large			
	N 270°	N 315°	N 360°	N 45°
6s	Hs =1,19m	Hs =1,10m	Hs =1,00m	Hs =1,09m
8s	Hs =2,67m	Hs =2,64m	Hs =2,67m	Hs =2,56m
10s	Hs =5,54m	Hs =4,53m	Hs =4,92m	Hs =5,05m

Tableau 4 : Caractéristiques des tempêtes qui ont frappés la plage de Club des Pins entre 2001 et 2008

Date	Hs (m)	Direction (N°)	Tp (s)
11/11/2001	5,9	354	10,3
31/01/2003	5,9	346	10,5
30/12/2004	5,5	26	11,6
19/03/2008	5,0	26	10,5

1.3. Choix du secteur angulaire

Le secteur angulaire est choisi en fonction de la configuration géographique du site ainsi que par le secteur des houles les plus fréquentes selon les données SSMO.

Pour cette étude, quatre directions ont été prises en compte d'après les données des tableaux de fréquence des houles au large par direction et angle d'incidence par rapport à la zone d'étude :

- Une direction approximativement perpendiculaire à la côte pour mesurer les effets d'une houle frontale (315°N)
- Deux directions de houle à incidence oblique (270°N, 360°N)
- La direction de (45°N) qui est plus au moins énergétique peut atteindre notre zone d'étude par réfraction même si notre zone est abritée par le Ras Acrata.

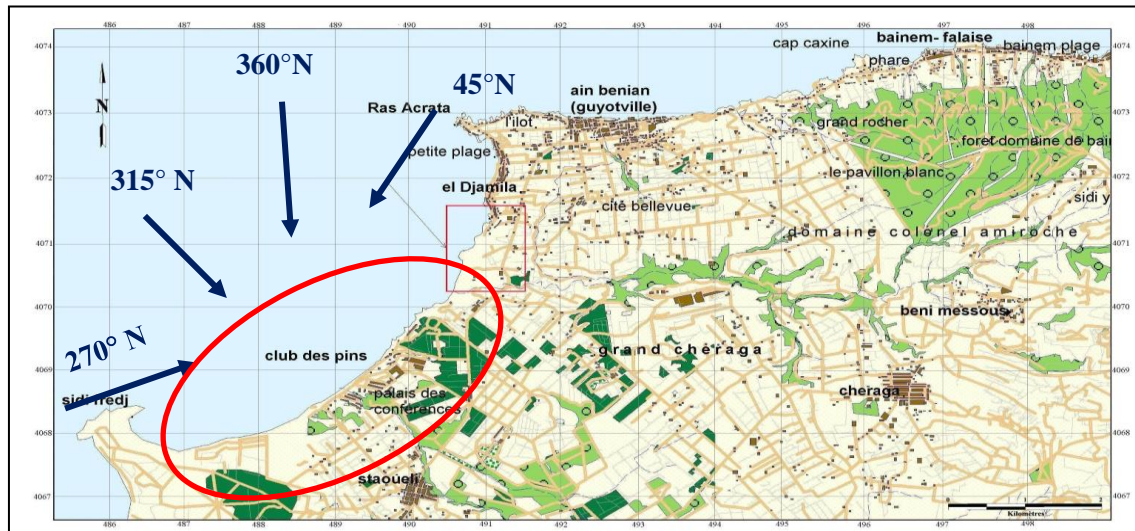


Figure 19 : Présentation des directions des houles sur la zone de Club des Pins

1.4. Modélisation de la réfraction

Pour étudier le phénomène de la réfraction dans la zone d'étude, la modélisation de ce dernier se fait à travers l'utilisation de deux logiciels :

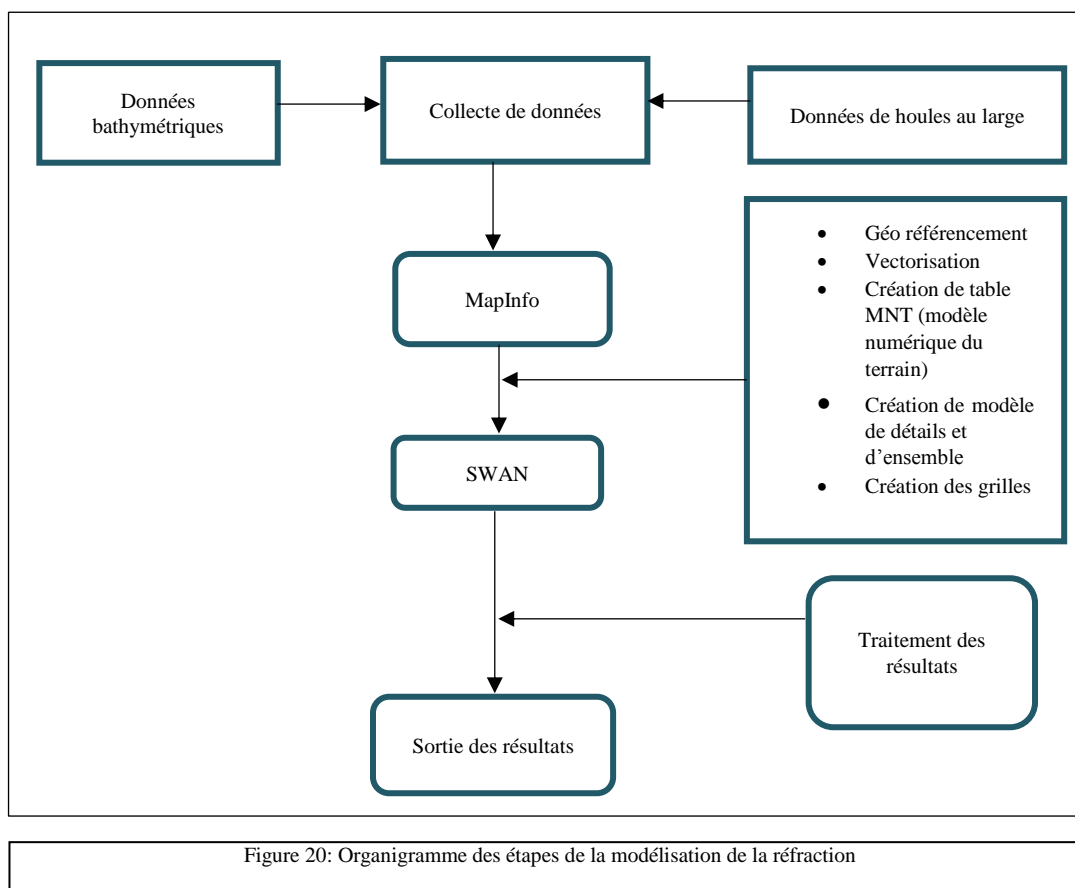
- **Le SWAN (Simulating Waves Nearshore)**

C'est un modèle numérique de propagation (par réfraction induite sur les fonds) et de génération de la houle du large vers la côte permettant de calculer les fonctions de transferts entre le large et la côte.

- **MapInfo Version 7.8**

C'est un outil de Système d'Information Géographique qui sert comme surface de saisie de données et d'acquisition de résultats : information géographique, traitement, manipulation et cartographie des informations de différentes manières.

Les étapes de calcul de la réfraction sont résumées dans l'organigramme suivant :



2. Etude bathymétrique

2.1. Mode du levé bathymétrique

Le levé bathymétrique consiste à déterminer les coordonnées tridimensionnelles des points du fond marin dans le système géodésique WGS84 à l'aide d'un récepteur GPS et d'un échosondeur.

Le récepteur GPS cinématique en temps réel RTK permet de mesurer un point à une précision inférieure à cinq centimètres (<5 cm). Cette précision verticale permet de déterminer les corrections du niveau de l'eau (corrections des marées).

Pour effectuer un levé bathymétrique, l'équipement utilisé se composait d'une embarcation muni d'une caisse métallique plus un support verticale sur lequel est maintenu le transducteur de l'échosondeur à la base et l'antenne du GPS en tête.

L'échosondeur calcule la profondeur à partir des mesures effectuées par le transducteur, le résultat de ces deux opérations aboutit à la connaissance des coordonnées du point bathymétrique mesuré.

Ces données fournies par le LEM ont été exploités à l'aide du logiciel Surfer pour la réalisation d'une carte d'isobathes et une carte en 3D de la bathymétrie.

2.2. Mode du levé au sonar latéral

Le sonar à balayage latéral est un moyen d'exploitation qui travail par émission d'ondes acoustique à travers un transducteur tracté par une embarcation. Ces ondes se propagent vers le fond, de part et d'autre de l'embarcation, jusqu'à la rencontre d'un obstacle (fond ou autre). La réflexion des ondes s'effectue selon différentes directions, mais seule l'onde réfléchié suivant le même axe que l'onde incidente est reçue par le transducteur, qui joue au même temps le rôle d'un récepteur. Le signal rétrodiffusé est visualisé sur un enregistrement sous forme de lignes successives juxtaposées suivant le

déplacement du navire. Il en résulte une image, comparable à une photographie du fond en vue oblique qui aurait été réalisée avec un éclairage rasant. Le sonar à balayage latéral donne donc des informations capitales sur la nature des fonds par l'intensité de l'écho réfléchi et sur sa morphologie.

Des levés ont été exécutés suivant 41 profils parallèles espacés de 20m sur une longueur totale de profils de 50km par le LEM à l'aide du sonar C-MAX 2 et d'un GPS cinématique en temps réel (RTK) qui permet le positionnement du levé utilisant la même méthodologie que celle du levé bathymétrique.

3. Etude sédimentologique : Analyse granulométrique selon la NF P 18-560 (Septembre 1990)

La taille des particules est la priorité la plus fondamentale des sédiments qui les soumet aux phénomènes d'érosion, transport et dépôt (Blott et Pye, 2001). L'analyse des paramètres granulométriques fournit des informations importantes sur la provenance, l'historique du déplacement et les conditions de dépôt des particules sédimentaires (Friedman, 1979 ; Bui et al. 1990).

3.1. Positionnement des points de prélèvement

Pour effectuer l'analyse granulométrique 49 échantillons ont été prélevés au niveau de la zone d'étude : 39 échantillons en mer à l'aide d'une benne preneuse du type Van Veen, et 10 sur la plage (figure 22). Les échantillons prélevés dans des sacs en plastique étiquetés sont ensuite analysés au laboratoire pour enfin établir une carte de répartition spatiale.

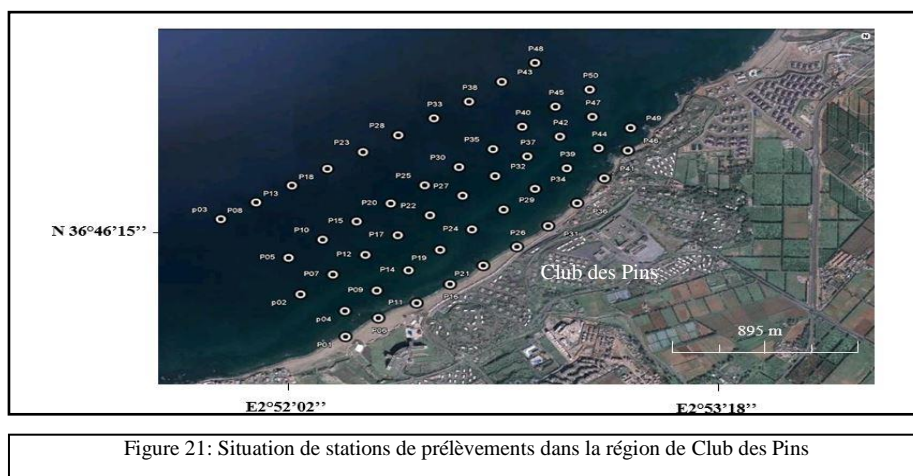


Figure 21: Situation de stations de prélèvements dans la région de Club des Pins

3.2. Méthode d'analyse au laboratoire

L'essai consiste à fractionner au moyen d'une série de tamis un matériau en plusieurs classes granulaires de tailles décroissantes. Les dimensions de mailles et le nombre des tamis sont choisis en fonction de la nature de l'échantillon et de la précision attendue.

Les masses des différents refus ou celles des différents tamis sont rapportées à la masse initiale de matériau, les pourcentages ainsi obtenus sont exploités, soit sous leur forme numérique, soit sous une forme graphique (courbe granulométrique).

Le procédé de l'analyse granulométrique se fait selon les étapes suivantes :

- Sécher l'échantillon à l'étuve pendant 24h à 105°C ;
- Peser 200g de l'échantillon ;

- Rincer les 200g de l'échantillon à l'eau dans un tamis à 50 μm afin d'éliminer la fraction fine ;
- Remettre l'échantillon sécher à l'étuve pendant 24h à 105°C ;
- Une quantité de 180g de sédiment pour chaque station est tamisé pendant 10 min par une tamiseuse de type AFNOR dont le diamètre des mailles en microns des tamis est dans l'ordre décroissant : 4000- 3150-2500-2000-1600-1250-1000-800-630-500-400-315-250-200-160-125-100-80-63-50-40 ;
- Peser le refus de chaque tamis et calculer le pourcentage pondéral pour chaque classe granulométrique ;

NB : les prélèvements d'échantillons et le tamisage ont été effectués par le LEM.

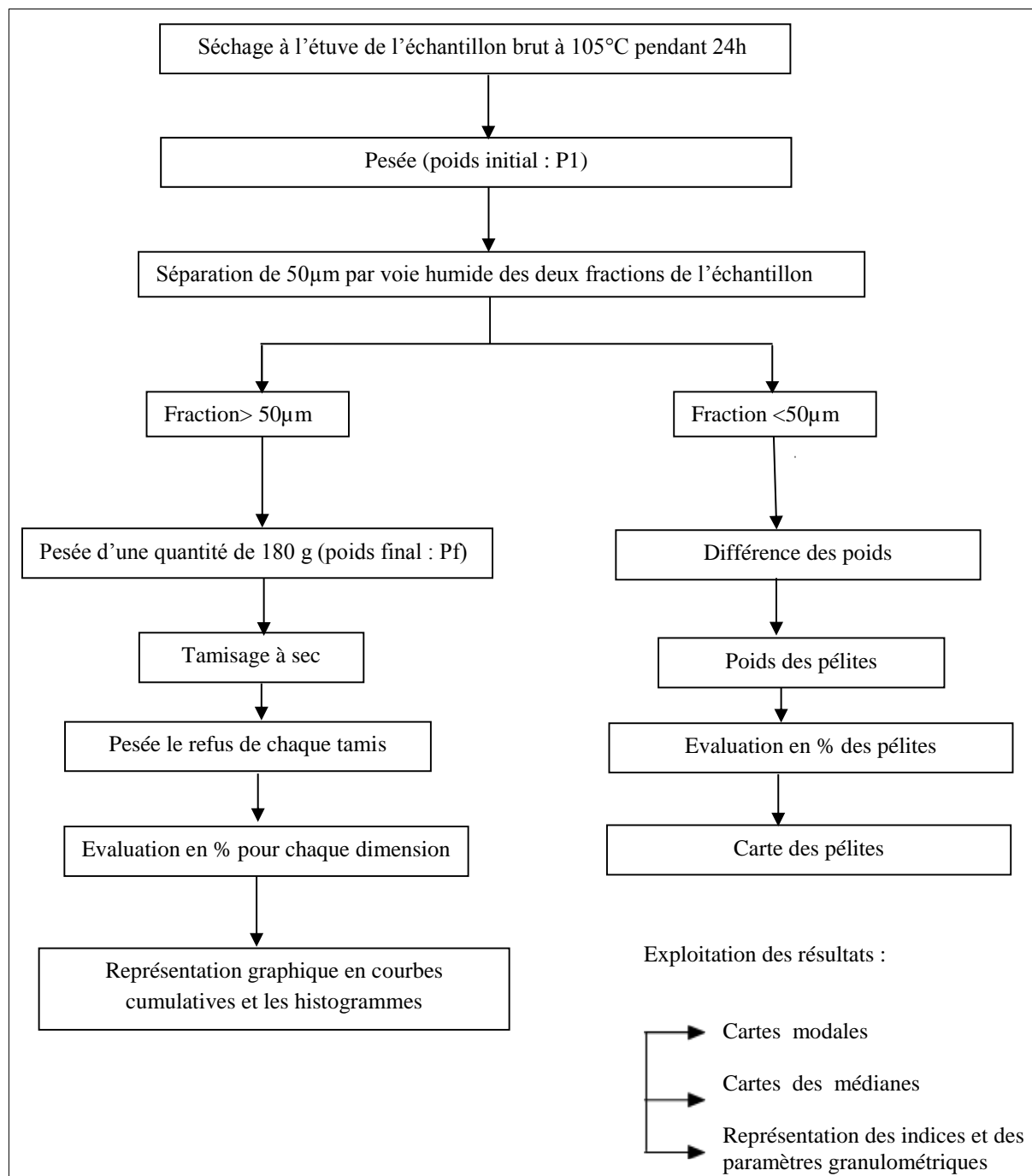


Figure 22 : Méthodologie suivie pour l'analyse granulométrique

3.3. La fraction fine

L'étude de la fraction fine porte sur l'évaluation du pourcentage de la fraction inférieure à 50 µm de chaque 200g d'échantillon par station, pour ensuite établir une carte de répartition des pélites dans la zone d'étude de Club des Pins.

3.4. La fraction grossière

Les pourcentages de tamis cumulé ou ceux des refus peuvent être présentés soit sous forme de tableau (exploitation statistique), soit le plus souvent sous forme de courbe.

Pour tracer de la courbe: il suffit de porter les divers pourcentages des tamis ou des différents refus cumulé pour obtenir une courbe semi-logarithmique tel que :

- En abscisse : les dimensions des mailles, sur une échelle logarithmique.
- En ordonnée : les pourcentages sur une échelle arithmétique.

A partir de la courbe granulométrique on peut extraire les paramètres de position utilisés dans le calcul des différents indices.

3.4.1. Les paramètres de position

- **Les quantiles**

- Quartile Q_1 (25%) : diamètre du grain à l'ordonnée 25%
- Médiane D_{50} (50%) : diamètre du grain à l'ordonnée 50%
- Quartile Q_3 (75%) : diamètre du grain à l'ordonnée 75%
- Décile D_{90} (90%) : diamètre du grain à l'ordonnée 90%
- Décile D_{10} (10%) : diamètre du grain à l'ordonnée 10%

- **Le mode granulométrique**

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

- **Les indices granulométriques**

- **Indice de classement (S_0 ; sorting de Trask)**

Il donne une idée de l'étalement de la courbe au tour de son grain moyen. Cet indice nous renseigne sur l'importance du tri lors de transport et de la sédimentation, il est défini par l'équation suivante :

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

- $S_0 < 2$ le sédiment très bien classé
- $2 < S_0 < 2,6$ le sédiment moyennement classé
- $S_0 > 2,6$ le sédiment mal à très mal classé

- **Indice d'asymétrie (SK ; Skewness de Trask)**

Il indique un étalement de la courbe granulométrique plus ou moins important vers les sédiments fins ou les sédiments grossiers, il est défini par l'équation suivante :

$$S_K = \frac{Q_{25} \times Q_{75}}{D_{50}^2}$$

- Si $S_K < 1$, le classement est maximum vers les fines.
- Si $S_K = 1$, la symétrie est parfaite.
- Si $S_K > 1$, le classement est maximum vers les grossiers.

3.5. Analyse modale

Le mode est le diamètre du tamis qui correspond à la fraction sédimentaire dominante dans un même échantillon. (Riviere. A, 1977) distingue trois courbes :

1. Unimodale : qui représente une dominance d'un seul stock sédimentaire.
2. Bimodale : qui représente la dominance de deux stocks sédimentaire.
3. Plurimodale : qui représente la dominance de plusieurs stocks sédimentaires.

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

3.6. Analyse calcimétrique

La calcimétrie consiste à mesurer la teneur en carbonates de Calcium CaCO_3 présent dans le sédiment dans le but d'obtenir des informations sur la productivité de surface et éventuellement des apports de carbonates détritiques ainsi que connaître la fraction biogène du sédiment, pour avoir une idée sur l'origine du sédiment.

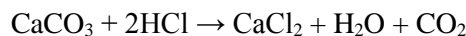
L'étude calcimétrique a été effectuée sur 7 échantillons de sédiments superficiels prélevés en mer :



Figure 23: Situation des stations de prélèvement des échantillons pour l'étude de la calcimétrie dans la région de Club des Pins

3.6.1. Principe de la méthode

Le principe consiste en une attaque de l'échantillon par de l'acide chlorhydrique (HCl) de concentration relativement élevée selon la réaction suivante :



La décomposition du calcaire après attaque du sédiment à l'acide Chlorhydrique implique une diminution de la masse de l'échantillon, la différence entre la masse initiale et la masse après l'attaque à l'acide correspond à la masse des carbonates contenus dans l'échantillon.

3.6.2. Mode opératoire

- Peser 20g du sédiment de chaque station dans des Erlenmeyer,
- Injecter de l'acide Chlorhydrique jusqu'à extinction de l'effervescence,
- Laisser décanter,
- Aspirer le surnageant contenant le dichlorure de calcium à l'aide d'une seringue,
- Rincer à l'eau et aspirer le surnageant une deuxième fois,
- Sécher les échantillons à l'étuve,
- Repeser les échantillons.

3.7. La modélisation du transport sédimentaire

L'érosion, le transport par traction, saltation ou suspension, le dépôt sélectif ou total ainsi que le mélange de sédiments en provenance de différentes sources, sont à l'origine de la variation de la distribution spatiale des paramètres granulométriques. Les directions privilégiées du transport sédimentaire peuvent être décrites par l'évolution de la taille moyenne (M_z), du tri(S_0) et de la symétrie de la distribution sédimentaire (S_K) (Mc Laren. P, 1981).

Une méthode des vecteurs a été développée avec des modèles de tendances variées pour prendre en considération ses modèles de transport possible qui ne peuvent être dérivé qu'empiriquement, puisque leur rapport avec les conditions hydrodynamiques est inconnu (Gao. S, Collins. M, 1994a). Cette méthode est appelée GSTA (Global Size Trend Analysis).

3.7.1. Procédure analytique

• Etape 01 : Préparation des données

Cette étape consiste à calculer les indices granulométriques usuels utilisés en sédimentologie par la méthode de Folk et Ward :

- La taille moyenne du sédiment M_z :

$$M_z = \frac{\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}}{3}$$

- L'indice de tri S_0 :

$$S_0 = \frac{\phi_8 - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} + \phi_5}{6,6}$$

- L'indice d'asymétrie S_K :

$$S_K = \frac{\phi_{16} + \phi_{84} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{\phi_5 + \phi_{95} - 2\phi_{50}}{2(95\phi - \phi_5)}$$

Les indices granulométriques sont exprimés en unité (ϕ). L'échelle ϕ est une unité de mesure définie par la relation suivante : = **log2 (D)** en mm.

- Déterminer la distance critique D_{Cr} entre les stations de l'échantillonnage :

Il s'agit de la distance maximale qui existe entre deux échantillons voisins par rapport à l'ensemble des échantillons prélevés. Si la distance entre deux échantillons est inférieure à D_{cr} les deux sites seront alors considérés comme voisins. Les données d'entrée doivent être mise dans un tableau Excel contenant les données du prélèvement (nombre de stations, coordonnées métrique (x,y), coefficient des coordonnées métrique (1).

Etant donné que le logiciel GSTA exige l'utilisation de fichier du format (*.dat), la conversion des données d'entrée du format (*.xls) au format (*.dat) se fait à partir du logiciel surfer.

	A	B	C	D	E	F
1	39	1	400			
2	2	488221	4068958	2,39	0,46	0,24
3	3	487826	4069423	2,73	0,70	0,03
4	4	488438	4068857	0,23	-0,62	0,15
5	5	488159	4069186	2,57	0,53	0,08
6	7	488376	4069085	2,36	0,47	0,27
7	8	487995	4069531	2,64	0,67	-0,15
8	9	488590	4068988	-0,80	-0,53	-0,26
9	10	488322	4069303	2,71	0,63	0,02
10	12	488531	4069211	2,30	0,41	0,38
11	13	488167	4069640	2,74	0,70	-0,02
12	14	488742	4069118	2,34	0,52	0,24
13	15	488485	4069420	2,48	0,43	0,22
14	17	488686	4069337	2,47	0,51	0,12
15	18	488337	4069748	2,66	0,69	-0,19
16	19	488893	4069249	2,65	0,63	-0,10
17	20	488648	4069536	2,07	0,41	0,21
18	22	488840	4069465	2,41	0,48	0,22
19	23	488508	4069856	2,67	0,67	-0,11
20	24	489045	4069380	0,93	-0,11	-0,30
21	25	488811	4069653	2,43	0,51	0,20
22	27	488996	4069591	2,19	0,37	0,30
23	28	488677	4069965	2,77	0,68	-0,01

Figure 24: Fichier de données d'entrées GSTA

• Etape 02 : utilisation du GSTA (Shu1996)

Le logiciel GSTA est un programme destiné à l'analyse du transport sédimentaire. Il suffit d'introduire le fichier de données préparé au préalable spécifié nommé GSTA.dat et le nom de sorti. Le fichier output qu'on obtient, contient les coordonnées des stations avec les directions de transport sédimentaire.

Le modèle mathématique GSTA est programmé pour faire les opérations suivantes :

- Les paramètres d'un échantillon sont comparés avec ceux des sites environnants tels que la distance entre les deux points soit inférieure ou égale à une distance critique d'échantillonnage (D_{cr}).

- Un vecteur de grandeur unitaire ou vecteur de tendance $r(x, y)$ est dessiné à chaque fois que l'un des 2 cas sont observés entre 2 points.

Cette étape est une sorte de comparaison des trois paramètres déjà calculés ; $2^3=8$ cas, possibles peuvent apparaître entre un échantillon et son voisin, reconnu par le modèle de (Gao. S, Collins. M, 1992), en revanche les différentes applications en nature ont mené à considérer que deux cas possibles de transport sédimentaire :

- **Premier cas :** $Mz1 \leq Mz2$; $So1 \geq So2$; $Sk1 \geq Sk2$

Le sédiment est érodé à sa source, transporté puis totalement déposé. Le sédiment résultant du dépôt est plus fin, mieux trié et présente une asymétrie vers les particules grossières (asymétrie < 0 en unité (ϕ)).

- **Deuxième cas :** $Mz1 \geq Mz2$; $So1 \geq So2$; $Sk1 \leq Sk2$

Le sédiment érodé à sa source est transporté et subit un dépôt sélectif le long du trajet de son transport du fait d'une diminution de l'énergie de l'agent de transport. Le sédiment qui résulte de ce transport est plus grossier, mieux trié avec une asymétrie vers les particules fines (asymétrie > 0 en unité ϕ).

Gao et Collins (1991) ont défini un vecteur sans dimension qui peut être appliquée à chaque fois l'un des deux cas est identifié entre un point central donné et une station voisine. Les vecteurs de tendances identifiées pour chaque station sont ensuite additionnés pour produire un seul vecteur. Dans cette approche, les stations voisines sont dans la distance critique (D_{cr}) et correspondent aux points les plus proches autour d'une gare centrale.

Quand la relation pour un des cas de transport est respectée, un vecteur de transport est assigné au point de calcul. Le transport total est obtenu en sommant et en moyennant tous les vecteurs de transport obtenus pour une même station. Dans ce cas la résultante R de ces vecteurs peut s'exprimer par :

$$\vec{R}(x, y) = \sum_{n=1}^n \vec{r}(x, y)$$

Avec :

$R(x, y)$: somme des vecteurs de la tendance.

r : Vecteur de la tendance.

n : Nombre de vecteurs de la tendance identifiée pour le site

(x, y) : coordonnées du vecteur.

- **Etape 3 : exploitation des données de sorti**

Après l'obtention de résultats, ils sont traité par Excel et exploité à l'aide du logiciel surfer, à l'aide de l'outil "vecteur map" on peut réaliser une carte de vecteur modélisant le transport sédimentaire.

4. Etude d'impact sur l'environnement

La présente étude vise à déterminer l'insertion du projet de protection de la plage Club des Pins dans son environnement physique et humain, en identifiant et en évaluant les effets directs et/ou indirects du projet. L'étude présente principalement le descriptif des opérations prévues et propose ensuite des mesures adaptées de mitigation et de remise en état des sites concernés par le projet.

Conformément à la réglementation algérienne à savoir le décret exécutif n° 07-145 portant sur les études et notices d'impacts sur l'environnement, l'identification et l'évaluation des impacts se fait pour les composantes de chaque phase du projet. Il s'agit d'identifier tous les impacts probables pour chacune des activités du projet. L'ensemble des différents impacts environnementaux et sociaux associés au projet est évalué pour toutes les phases du projet : phase d'extension et d'exploitation des aménagements réalisés. L'évaluation des impacts est effectuée selon une approche systématique mettant en œuvre un processus d'évaluation et de notation à l'aide d'un tableau détaillé, où toutes les composantes du projet ont été confrontées à toutes les cibles environnementales.

4.1. La sévérité d'un impact

4.1.1. Les impacts environnementaux

La sévérité (S) d'un impact environnemental est définie par son intensité (I) qui est une combinaison des critères suivants :

- La Persistance (P) représente la durée après laquelle les effets d'un impact se sont dissipés,
- La Gravité (G) traduit qualitativement et/ou quantitativement les dommages d'un impact,
- L'Etendue (E) représente l'espace dans lequel l'impact est ressenti.

L'appréciation de ces critères prend en compte la sensibilité environnementale du milieu et le niveau de sensibilité environnementale retenu.

Les échelles de classement de chacun des critères d'évaluation d'un impact sont présentées dans les tableaux ci-après.

Tableau 5: Echelle de classement de l'intensité de l'impact et de la sensibilité du milieu

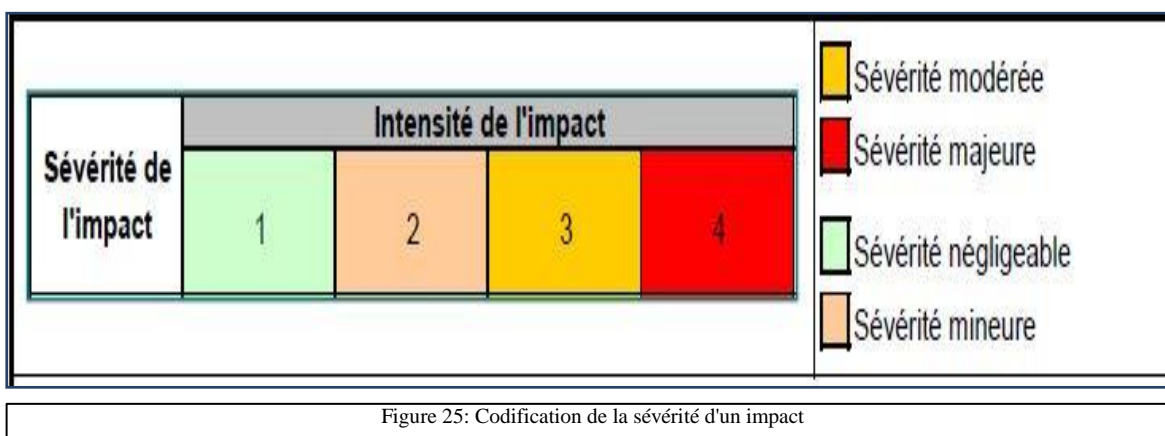
Persistance d'un impact (P)	Classement
Effets permanents : Impact provoquant des dommages irréversibles.	4
Effets à long terme : Impact provoquant des dommages réversibles à long terme (5ans).	3
Effets à moyen terme : Impact provoquant des dommages réversibles à moyen terme (1 an).	2
Effets à court terme : Impact provoquant des dommages réversibles à court terme (1 mois).	1
Gravité d'impact (G)	Classement
Impact majeur : Forte consommation de matières premières (ou consommation modérée de matières premières rares), d'eau, d'énergie ou de combustibles (>50t/an). Non-respect de la réglementation. Pollution importante de l'air, de ressources en eau ou de sol par des substances toxiques, non biodégradables ou dangereuses pour l'environnement. Possible atteinte à la santé humaine. Production significative de déchets sans tri ni traitement et fortes émissions acoustiques. Modifications importantes de l'écosystème. Forte atteinte au paysage ou au patrimoine historique.	4
Impact modéré : Consommation moyenne de matières premières (ou faible consommation de matières premières rares), d'eau, d'énergie ou de combustibles (compris entre 5 et 50 t/an). Pollution de l'air irritante, atteinte limitée aux ressources en eau et au sol par une quantité mesurable de produits non biodégradables. Production significative de déchets triés et émissions acoustiques en limite supérieure de la réglementation. Modifications notables de l'écosystème, du paysage ou du patrimoine historique.	3

Impact mineur : Faible consommation de matières premières commune et produite à partir de processus de fabrication simple. Faible consommation en eau, en énergie ou en combustible (<5 t/an). Niveau de pollution de l'air acceptable. Faible pollution des ressources en eau et du sol par des substances biodégradables. Faible production de déchets ménagers et spéciaux triés et traités selon des filières spécialisées. Niveau acoustique acceptable. Modifications acceptables de l'écosystème et du paysage. Faible dégradation du patrimoine historique.	2
Impact négligeable : Pas de consommation de matières premières ou de combustible. Procédé n'utilisant pas d'eau ou utilisant de l'eau recyclée. Utilisation d'énergies alternatives. Aucun rejet atmosphérique ou liquide. Les eaux sont rejetées dans le même état qu'à l'origine. Aucune production de déchets spéciaux. Niveau de bruit équivalent à l'état initial. Modifications marginales de l'écosystème et du paysage. Aucune dégradation du patrimoine historique.	1
Pas d'impact pressenti	0
Etendue d'un impact (E)	Classement
Etendue globale : Conséquences qui ont un impact sur l'espace étendu comprenant les espaces touchés indirectement (ex. : élimination des déchets délocalisée), ou directement (ex. : pollution atmosphérique et son influence sur le climat planétaire). Les conséquences ont un impact sur l'environnement planétaire.	4
Etendue régionale : Conséquences qui peuvent affecter certaines régions limitées du territoire algérien.	3
Etendue locale : Conséquences limitées à l'espace rapproché du projet. Cette zone est définie comme étant à l'intérieur d'un rayon de 20 km de l'emprise au sol du Projet.	2
Etendue localisée : Conséquences limitées à l'emprise du site même des ouvrages et à la zone entourant directement celle du projet. Cette zone est définie comme étant à l'intérieur d'un rayon de 2 à 5 km de l'emprise au sol du Projet.	1

L'intensité (I) d'un impact est la moyenne de l'évaluation de la persistance (P), de la gravité (G) et de

$$\text{l'étendue (E)} : I = \frac{P+G+E}{3}$$

La valeur est arrondie à l'entier le plus proche.



4.1.2. Les impacts socio-économiques

Concernant les impacts socio-économiques, on parlera d'importance de l'impact (Im) plutôt que de la gravité de l'impact (G). En effet l'impact peut être positif ou négatif pour le contexte socioéconomique.

L'échelle de classement de l'importance de l'impact (Im) socioéconomique sera le suivant :

Tableau 6: Echelle de classement de l'importance de l'impact socioéconomique

Importance d'un impact	Classement
Impact majeur : L'effet peut entraîner un changement majeur pour la population, l'emploi, le logement, les activités économiques.	4
Impact modéré : L'effet peut entraîner un changement modéré pour la population, l'emploi, le logement, les activités économiques.	3
Impact mineur : L'effet peut entraîner un changement mineur pour la population, l'emploi, le logement, les activités économiques.	2
Impact négligeable : L'effet peut entraîner un changement négligeable pour la population, l'emploi, le logement, les activités économiques.	1

Le classement de la persistance et de l'étendue de l'impact reste inchangé (voir Tableau 5), de même, le calcul de l'intensité (I) d'un impact socioéconomique reste inchangé. La moyenne de l'évaluation de la persistance (P), de l'importance (Im) et de l'étendue (E) :

$$I = \frac{P+Im+E}{3}$$

La valeur est arrondie à l'entier le plus proche.

- Dans le cas d'un impact négatif sur l'environnement socio-économique, on parlera de sévérité de l'impact, dont la codification est présentée sur la figure 27.
- Dans le cas d'un impact positif sur l'environnement socio-économique, on parlera de bénéfice de l'impact plutôt que de sévérité de l'impact.

Par exemple, le bénéfice pourra être évalué si des données concernant la main d'œuvre nécessaire pour le projet sont disponibles (nombre d'employés pendant la phase de préparation du site, en différenciant les employés non qualifiés des employés qualifiés, pourcentage de main-d'œuvre locale (communautés riveraines), formation de personnel local/régional/national, approvisionnement en marchandise (matériaux de construction, produits alimentaires, engins de chantiers) local ou non...etc.).

La combinaison de l'évaluation de la sensibilité du milieu et de l'intensité de l'impact permet de définir une matrice de bénéfice comme suit :

Bénéfice de l'impact socio-économique	Intensité de l'impact			
	1	2	3	4
	1	2	3	4

■ Bénéfice négligeable

■ Bénéfice mineure

■ Bénéfice modéré

■ Bénéfice majeur

Figure 26: Codification du bénéfice d'un impact socioéconomique

Chapitre III : Résultats et discussions

1. Réfraction de la houle

Les hauteurs des houles de période égale à 10s sont les plus prépondérantes au large de ce fait, l'étude s'est focalisée sur une période de 10 s dans 4 secteurs : Nord, Nord-Est, Nord-Ouest et Ouest.

1.1. Coefficient de réfraction

Les tableaux qui suivent présentent les caractéristiques de a houle annuelle (profondeur= 10m)

Tableau 7 : 270°N / Hs =5.54m / T=10s

X(UTM)	Y(UTM)	Hs (m)	Tp (s)	Angle d'arrivée (°)	Kr
490546	4071521	4,16	10,37	278	0,75
490451	4071023	4,22	10,37	282	0,76
490292	4070912	4,37	10,37	284	0,79
490340	4070679	4,05	10,37	286	0,73
490096	4070583	4,32	10,37	286	0,78
490059	4070302	4,05	10,37	288	0,73
489852	4070270	4,36	10,37	288	0,79
489815	4070053	4,28	10,37	289	0,77
489608	4069931	4,55	10,37	289	0,82
489608	4069714	4,2	10,37	290	0,76
489354	4069608	4,49	10,37	290	0,81
489227	4069396	4,34	10,37	292	0,78
489243	4069152	3,86	10,37	295	0,70
488941	4069046	3,98	10,37	295	0,72
488628	4068893	3,89	10,37	295	0,70
488379	4068670	3,83	10,37	297	0,69
488178	4068654	4,03	10,37	298	0,73
487929	4068479	3,85	10,37	300	0,69
487722	4068474	4,12	10,37	300	0,74
487499	4068315	3,92	10,37	299	0,71
487250	4068453	4,29	10,37	296	0,77
486900	4068108	3,59	10,37	300	0,65

Tableau 8 : 315°N / Hs =4.53m / T=10s

X(UTM)	Y(UTM)	Hs (m)	Tp (s)	Angle d'arrivée (°)	Kr
490546	4071521	3,8	10,37	300	0,84
490451	4071023	3,82	10,37	307	0,84
490292	4070912	3,74	10,37	308	0,83
490340	4070679	3,74	10,37	308	0,83
490096	4070583	3,91	10,37	310	0,86
490059	4070302	3,91	10,37	312	0,86
489852	4070270	4,01	10,37	314	0,89
489815	4070053	4	10,37	315	0,88
489608	4069931	4,1	10,37	316	0,91
489608	4069714	4,08	10,37	315	0,90
489354	4069608	4,11	10,37	316	0,91
489227	4069396	4,17	10,37	317	0,92
489243	4069152	3,97	10,37	316	0,88
488941	4069046	4,22	10,37	317	0,93
488628	4068893	4,29	10,37	320	0,95
488379	4068670	4	10,37	321	0,88
488178	4068654	4,03	10,37	322	0,89
487929	4068479	3,89	10,37	322	0,86
487722	4068474	4,04	10,37	325	0,89
487499	4068315	4,03	10,37	324	0,89
487250	4068453	4,2	10,37	323	0,93
486900	4068108	3,98	10,37	323	0,88

Tableau 10 : 360°N / Hs=4.93m / T= 10s

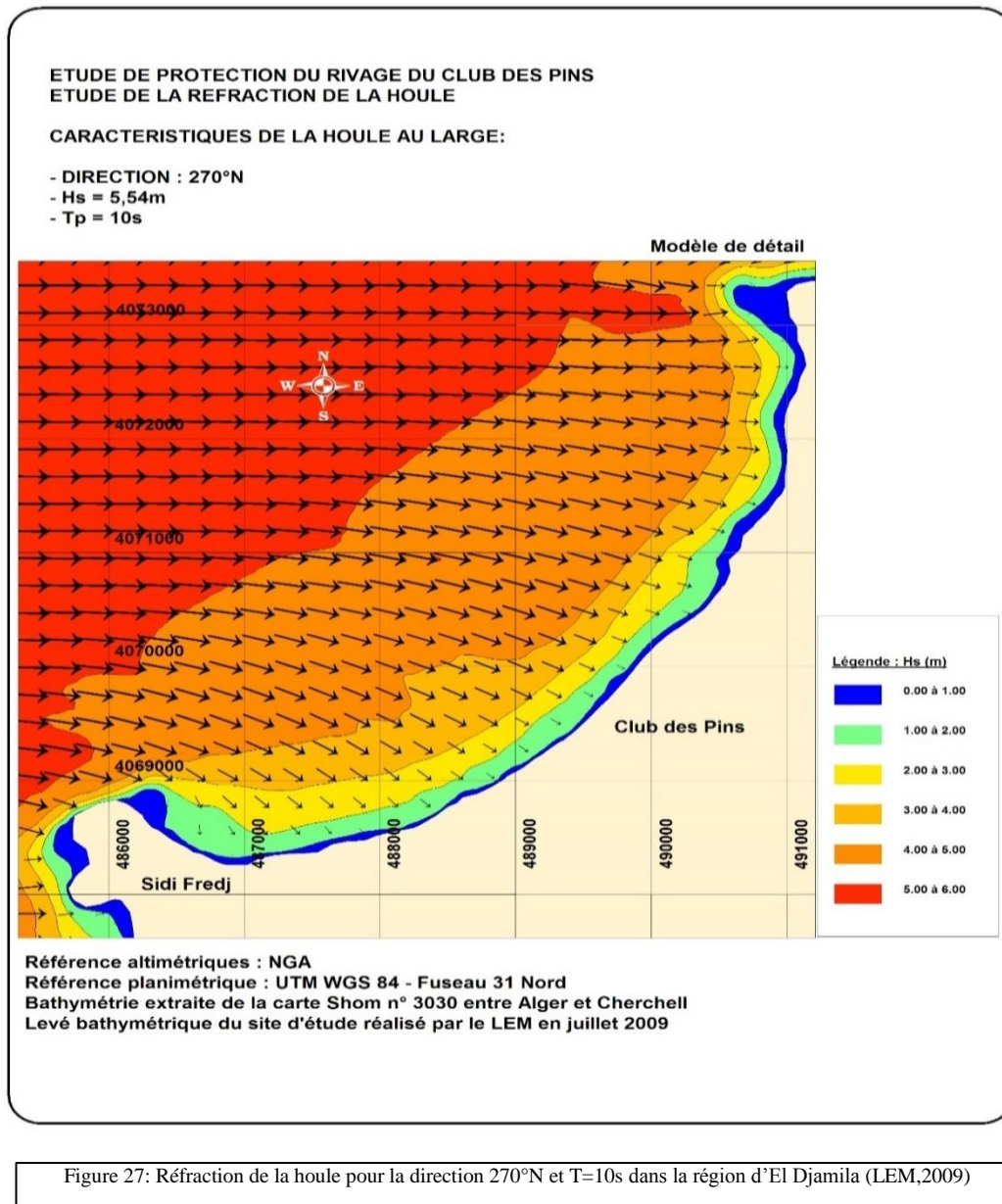
X(UTM)	Y(UTM)	Hs (m)	Tp (s)	Angle d'arrivée (°)	Kr
490546	4071521	3,26	10,37	316	0,66
490451	4071023	3,56	10,37	324	0,72
490292	4070912	3,93	10,37	330	0,80
490340	4070679	3,77	10,37	329	0,76
490096	4070583	3,68	10,37	335	0,75
490059	4070302	3,49	10,37	335	0,71
489852	4070270	3,32	10,37	337	0,67
489815	4070053	3,38	10,37	336	0,69
489608	4069931	3,46	10,37	339	0,70
489608	4069714	3,52	10,37	337	0,71
489354	4069608	3,76	10,37	341	0,76
489227	4069396	3,8	10,37	342	0,77
489243	4069152	3,7	10,37	339	0,75
488941	4069046	3,93	10,37	343	0,80
488628	4068893	4,01	10,37	346	0,81
488379	4068670	4,1	10,37	346	0,83
488178	4068654	4,16	10,37	338	0,84
487929	4068479	3,99	10,37	347	0,81
487722	4068474	4,14	10,37	351	0,84
487499	4068315	4,09	10,37	350	0,83
487250	4068453	4,3	10,37	351	0,87
486900	4068108	4,14	10,37	351	0,84

Tableau 9 : 45°N / Hs=5.05m / T= 10s

X(UTM)	Y(UTM)	Hs (m)	Tp (s)	Angle d'arrivée (°)	Kr
490546	4071521	1,86	10,37	325	0,37
490451	4071023	1,98	10,37	333	0,39
490292	4070912	2,25	10,37	338	0,45
490340	4070679	2,28	10,37	334	0,45
490096	4070583	2,55	10,37	341	0,50
490059	4070302	2,57	10,37	340	0,51
489852	4070270	2,62	10,37	346	0,52
489815	4070053	2,52	10,37	345	0,50
489608	4069931	2,44	10,37	351	0,48
489608	4069714	2,35	10,37	347	0,47
489354	4069608	2,26	10,37	354	0,45
489227	4069396	2,17	10,37	355	0,43
489243	4069152	2,11	10,37	351	0,42
488941	4069046	2,04	10,37	356	0,40
488628	4068893	2,08	10,37	1	0,41
488379	4068670	2,22	10,37	1	0,44
488178	4068654	2,21	10,37	4	0,44
487929	4068479	2,25	10,37	3	0,45
487722	4068474	2,28	10,37	7	0,45
487499	4068315	2,32	10,37	6	0,46
487250	4068453	2,31	10,37	10	0,46
486900	4068108	2,44	10,37	9	0,48

1.2. Modélisation de la réfraction

1.2.1. Les houles au large de direction Ouest



Commentaire :

Cette figure présente les résultats de l'étude de réfraction des houles de secteur ouest qui atteignent notre zone de façon frontale avec un coefficient de réfraction qui est égale en moyenne à 0.74 à 10 m de profondeur, elles sont les plus énergétiques et ne perdent que peu de leur énergie en allant vers la côte. La dissipation de l'énergie se présente par le changement de direction des orthogonales en direction Nord-Ouest à Nord avec un angle moyen de 22°.

1.2.2. Les houles au large de direction Nord-Ouest

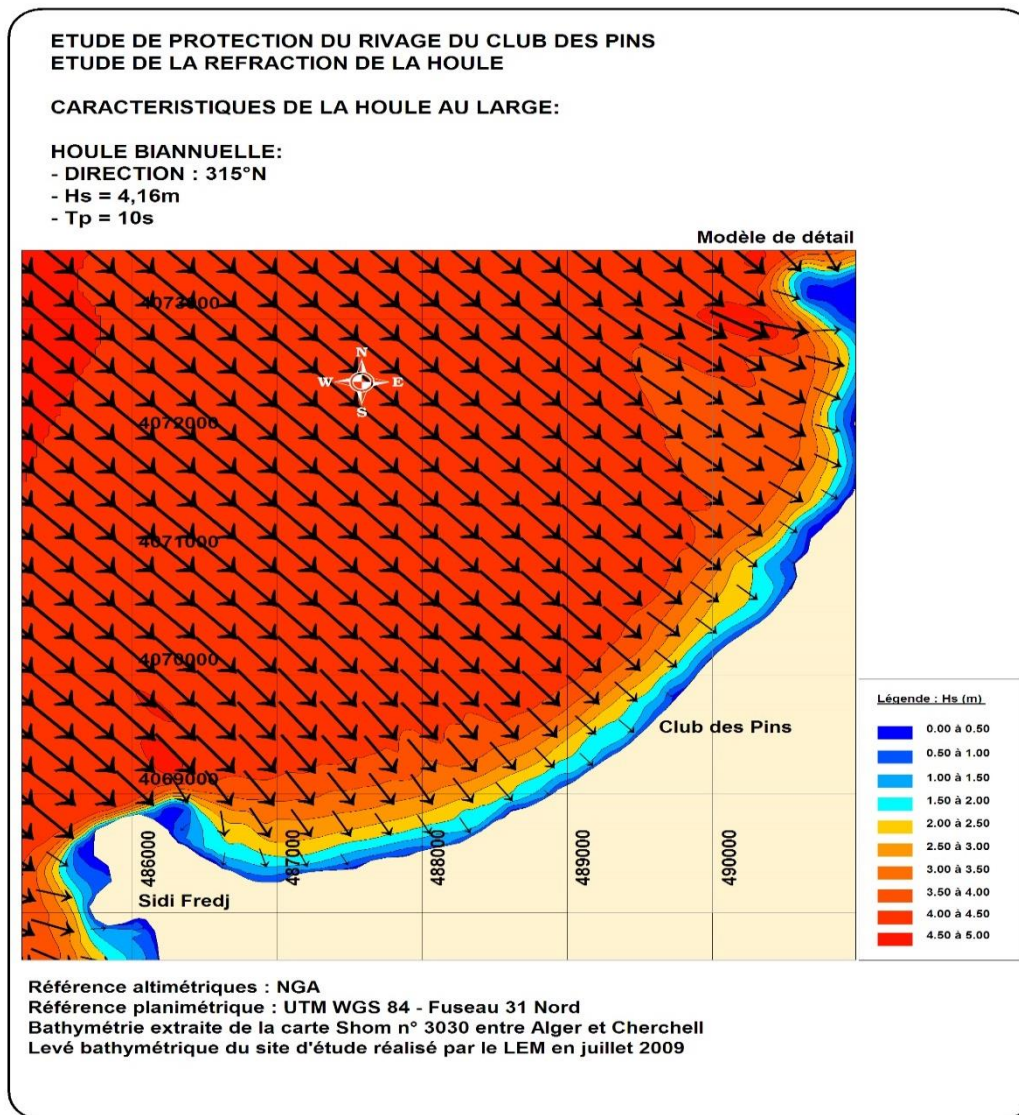
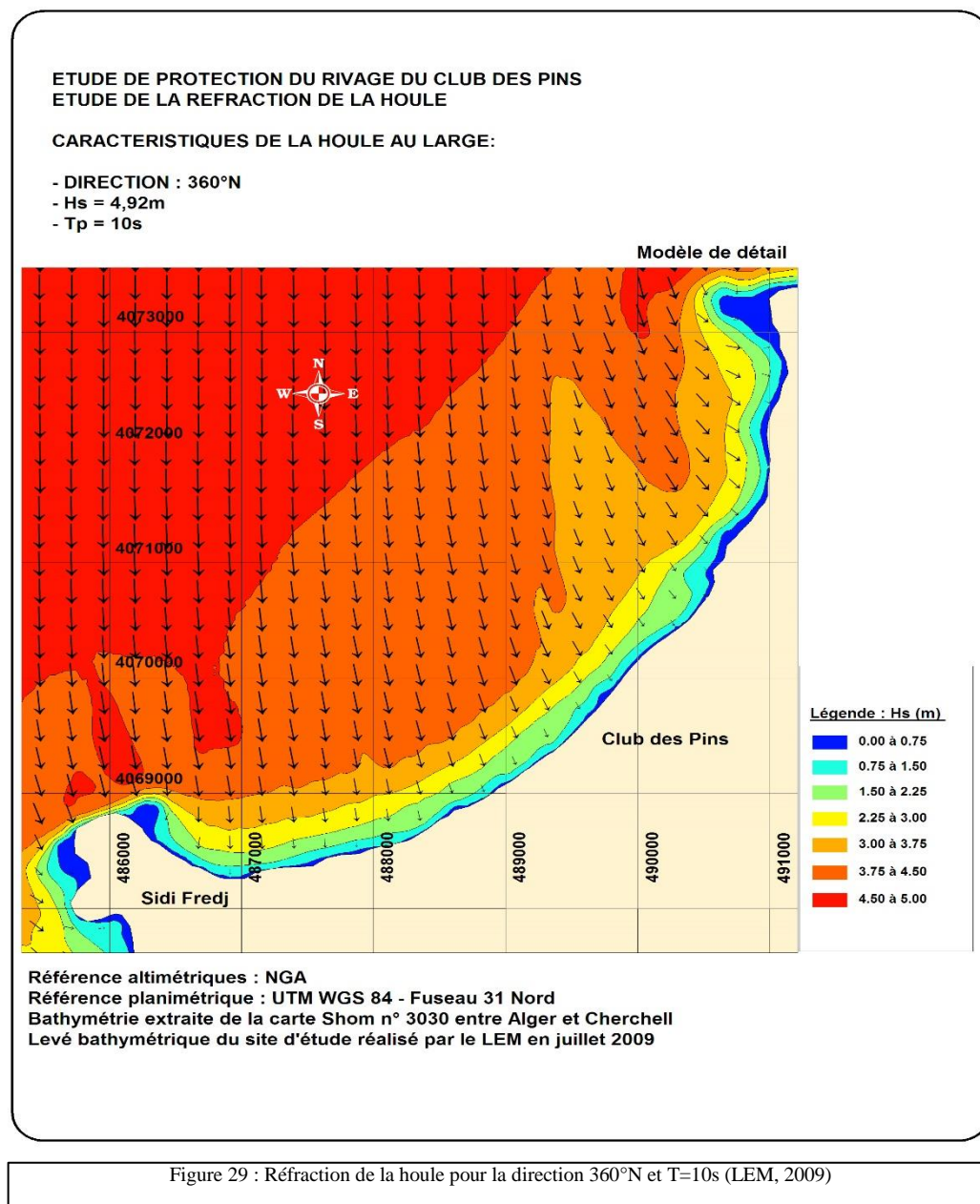


Figure 28 : Réfraction de la houle pour la direction 315°N et T=10s (LEM, 2009)

Commentaire :

Les résultats de l'étude de la réfraction pour les houles de secteur nord-ouest, montrent une propagation frontale. Avec un coefficient de réfraction en moyenne égal à 0.88 à 10m de profondeur, les houles ne perdent que très peu de leur énergie en arrivant à la côte, les orthogonales ne changent de direction que légèrement à l'approche du rivage avec un angle moyen de 1°. Ces houles atteignent la zone de Club des Pins sans changer de direction, mais en termes d'énergie elles sont beaucoup moins importantes que les houles de direction Ouest.

1.2.3. Les houles au large de direction Nord :

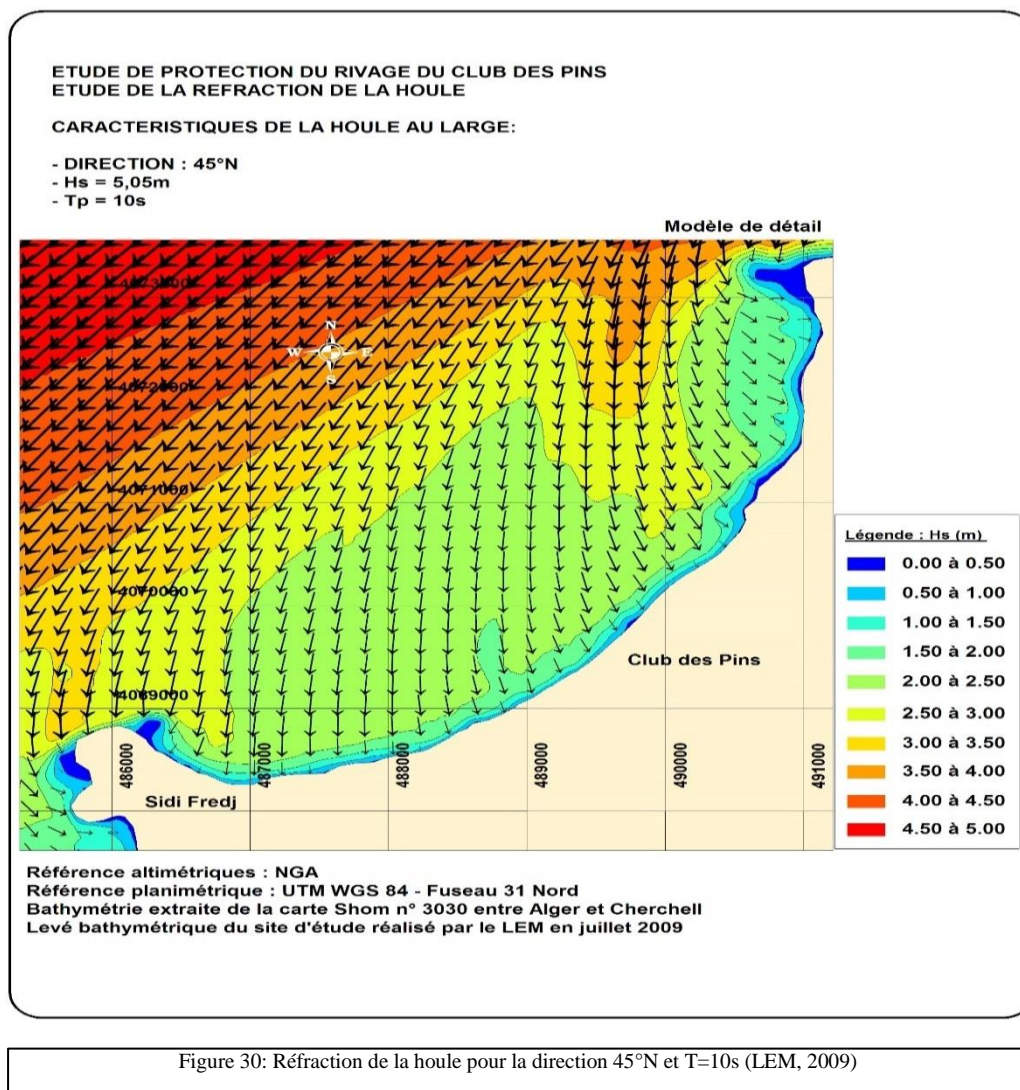


Commentaire :

La figure présentant les résultats de l'étude de la réfraction pour une houle de secteur nord et de période de 10 secondes, montre une propagation quasi frontale avec un coefficient de réfraction en moyenne égal à 0.77 à 10 m de profondeur, donc les houles ne perdent que peu de leur énergie en arrivant à la côte.

Les orthogonales ne change de direction que légèrement à l'approche du rivage, notamment à l'est de la zone vers la direction nord – ouest, avec un angle d'arrivée en moyen égal à 339°.

1.2.4. Les houles au large de direction Nord-Est



Commentaire :

Les résultats d'étude de la réfraction pour une houle de secteur nord-est et de période de 10 secondes, montre que l'énergie de la houle diminue au fur et à mesure en allant vers la côte, avec un coefficient de réfraction en moyenne égal à 0,45 à 10m de profondeur, ce qui signifie que la houle ne conserve que la moitié de son énergie du large .

La dissipation de l'énergie se présente par un changement de direction des orthogonales en direction nord à nord – est, avec un angle moyen de 35°.

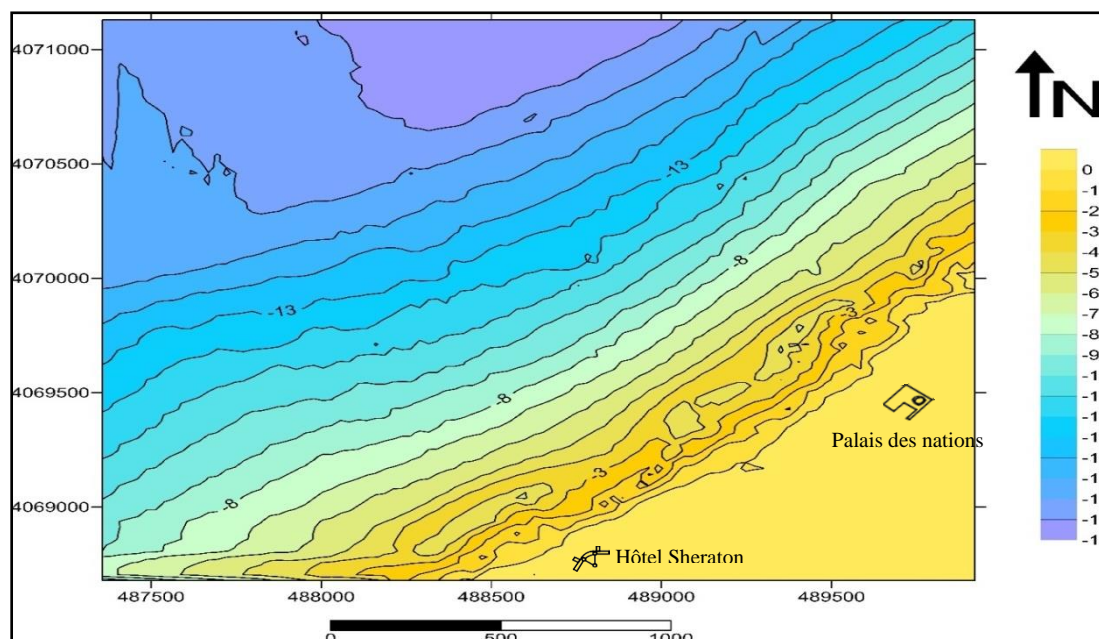
1.3. Conclusion sur les résultats de l'étude de la réfraction

Les houles les plus énergétiques et qui peuvent influencer sur la zone de Club des Pins sont les houles de l'ouest, elles sont responsables de transit littoral, et elles vont être prises dans le dimensionnement des ouvrages de protection.

Les houles frontales de direction nord-ouest atteignent la zone de Club des Pins sans se réfracter, elles sont responsables du transport sédimentaire dans le profil.

2. Etude bathymétrique

2.1. Morphologie sous-marine



Commentaire :

La carte bathymétrique présente des isobathes plus ou moins régulières, espacées et parallèles à la côte. La morphologie sous-marine est régulière jusqu'à l'isobathe - 4m, cependant, elle est marquée entre les isobathes -4 m et -3 m par la présence de barres régressives et des creux plongeants (fosses de lévigation), disposés parallèlement à la côte à des distances entre 300 et 700m du trait de côte, à des profondeurs entre -3 et -5m.

Formation des barres sous-marines :

Dans les mers à faible marées et généralement en plage droite, il existe un état morphologique caractérisé par une morphologie sous-marine présentant une barre et une fosse disposées parallèlement au rivage.

Les barres sableuses sont le résultat des mouvements sédimentaires à proximité du fond dans les zones de déferlement des houles. Leur formation et déplacements se fait en fonction de la force et de direction des houles : lors des fortes turbulences, causés par les tempêtes et les vents locaux, le haut de plage et la dune se dégarnissent, les sables érodés s'accumulent dans la zone externe au déferlement, en formant une barre de déferlement et une fosse de lévigation. La barre, alimentée par le courant de dérive littoral s'étend latéralement tout en restant parallèle au rivage. L'extension latérale de la barre est interrompue par la formation d'espace inter-barres causé par le courant de retour.

Elles constituent en effet la première ligne de défense contre la mer, en participant à la dissipation de l'énergie des vagues de tempête en provoquant leur déferlement au large. Elle sont de plus des réservoirs sableux importants dont les relations avec la dynamique du trait de côte sont encore mal identifiées en raison notamment de la rareté de longues séries de données (Stéphanian,2002).

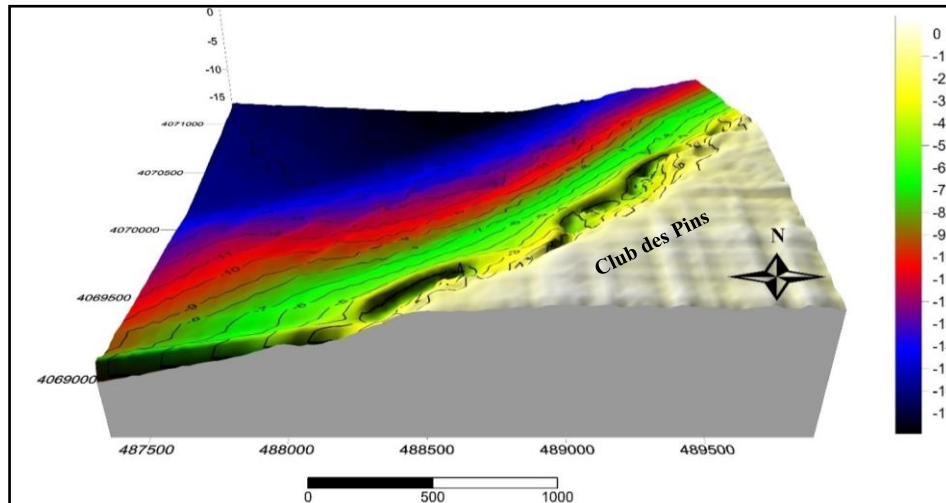


Figure 32 : Carte bathymétrique en 3D de Club des Pins

2.2. Profils bathymétriques

Dans le but de mieux étudier les caractéristiques morphologiques sous-marines et mieux visualiser et comprendre l'évolution du fond de notre zone d'étude, on a tracé 8 profils sur la carte bathymétrique représentés sur la fig. n° 32.

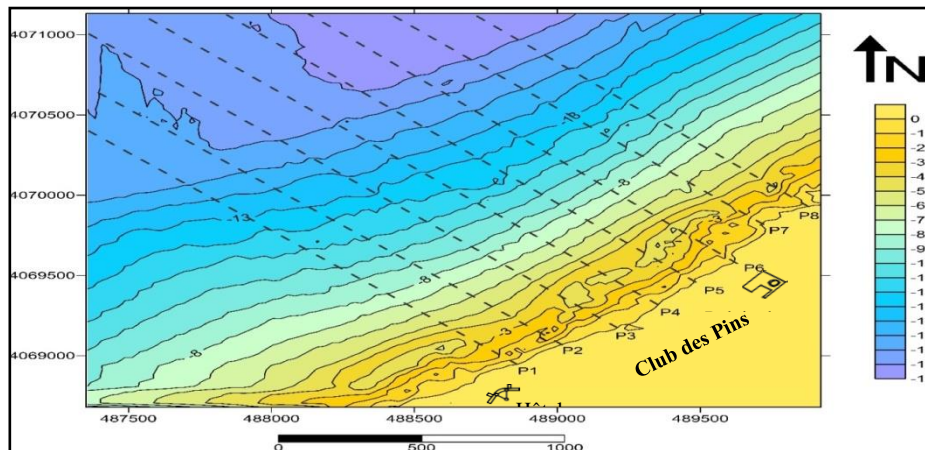


Figure 33: Carte bathymétrique et les profils tracés dans le secteur de Club des Pins

2.2.1. Profil N°1 :

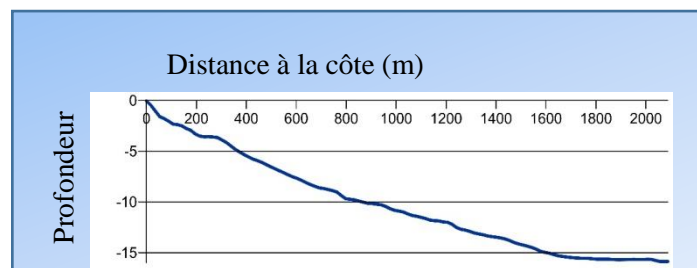


Figure 34 : Profil bathymétrique N°1

Commentaire :

Le profil descend avec une pente abrupte jusqu'à 2m de profondeur ensuite continu en pente douce jusqu'à 4m de profondeur ou il connaît un aplatissement sur une distance d'à peu près 100m pour redescendre en pente douce jusqu'à -15m et continu par un replat vers le large, la pente générale est de 0,94%.

Le reste des profils sont représentés dans l'annexe numéro 01.

2.2.2. Conclusion sur la morphologie sous-marine

De façon générale la morphologie sous-marine de la région de Club des Pins se caractérise par une monotonie du relief et un étagement par endroit avec la présence d'une morphologie particulière présentée dans les profils 4, 5, 6 et 8 par un creux et une barre représentant une fosse de lévigation suivi d'une barre de déferlement disposées parallèlement à la côte. Au-delà des 4m de profondeur les isobathes sont en général régulières et parallèles à la côte avec une pente générale du fond de l'ordre de 1%.

2.3. Analyse du sondage sismique

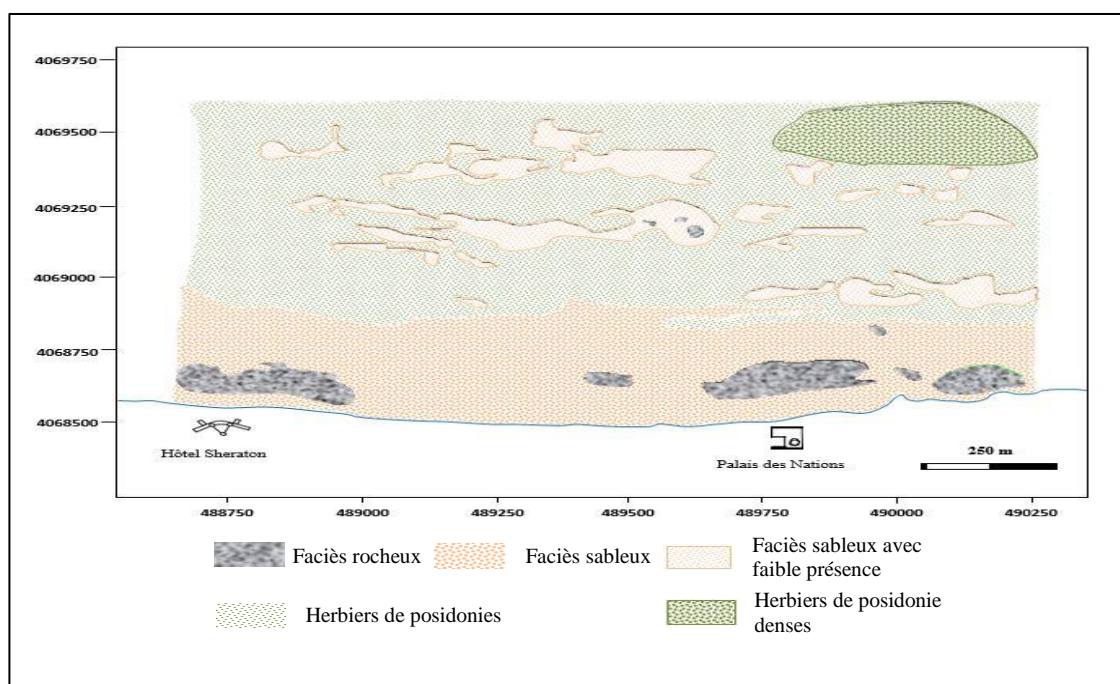


Figure 35: Carte schématique des faciès sédimentaires (sondage à balayage latéral) (LEM 2009)

2.3.1. Commentaire :

On distingue sur la figure ci-avant, cinq faciès qui caractérisent la nature et le relief de la zone d'étude :

- Faciès rocheux : substrat dur qui se répartit séparément et parallèles à la côte, avec un petit affleurement distingué au centre de la zone.
- Faciès sableux : substrat meuble qui se présente de la partie près du rivage jusqu'au substrat présentant l'herbier à posidonie.
- Herbier à posidonie épars : recouvre le reste de la zone allant vers le large, il inclut les deux derniers faciès, dans lequel l'herbier se présente avec un recouvrement variable entre dense, moyen et très peu présent.

- Faciès sableux avec faible présence d'herbiers à posidonies : c'est un substrat meuble marquant une faible présence d'herbier : seulement quelques touffes. Le passage à ce faciès s'accompagne par un changement de pente (une rupture), ceci est dû au fait que la présence de l'herbier procure une flexibilité au fond vis-à-vis de l'activité hydrodynamique.
- Herbier à posidonie dense : présent à l'extrême Nord Est sur notre carte, avec une densité assez considérable.

2.3.2. Conclusion sur l'étude au sonar latéral

L'étude au sonar latéral dans notre zone d'étude a permis de couvrir la majeure partie de cette dernière et d'étudier le relief et les différentes natures caractérisant le fond, ou on a pu constater que les fosses de lévigation et les barres observées sur la carte bathymétrique se situent entre les faciès rocheux et prennent leurs formes.

3. L'étude sédimentologique

La cartographie de la distribution spatiale des paramètres granulométriques peut fournir des informations sur la provenance des sédiments et des conditions de dépôt (Friedman, 1979 ; Bui et al, 1990 in Cordier, 2017)

A partir des prélèvements superficiels effectués dans notre zone d'étude on a pu cartographier la couverture sédimentaire dans la région avec une interpolation permettant de prédire les valeurs dans les endroits non échantillonnés.

3.1. Analyse de la fraction fine

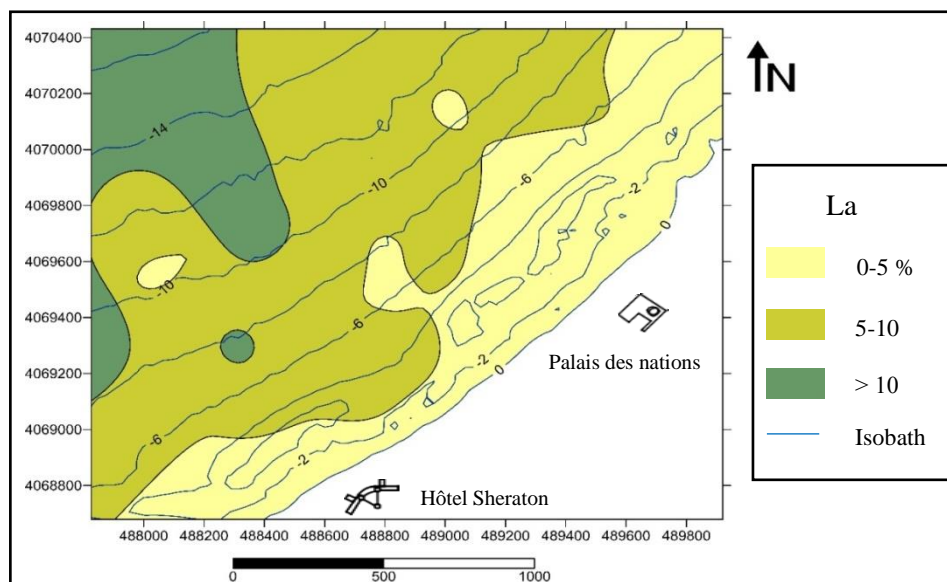


Figure 36: Répartition des pélites dans la région de Club des Pins

Commentaire :

Bien que les teneurs soient très faibles sur les échantillons prélevés (entre 1 et 16%), la carte de la répartition des pélites présente une répartition spatiale des teneurs de fraction fine qui augmentent en allant de la côte vers le large.

On constate sur notre carte la présence de 3 franges tel que :

- la frange comprise entre 0 et 5 m de profondeur, allant jusqu'à -8m dans quelque endroits, présente des teneurs en pélites variant entre des valeurs inférieures à 5%
- la deuxième frange comprise entre les isobathes de 6 et 13 m de profondeur, allant jusqu'à l'isobathe de -16m dans quelques endroits, les teneurs en pélites varient entre 5 et 10%
- la troisième frange commence de l'isobathe de -14m allant vers le large, les teneurs en pélites augmente jusqu'à 16%

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

3.2. Analyse de la fraction grossière

3.2.1. Les courbes granulométriques

- **Courbes cumulatives**

Dans l'ensemble, Les courbes sont généralement redressées ce qui indique l'homogénéité des sédiments analysés.

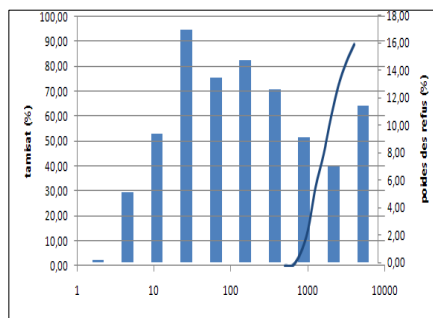


Figure 37: Courbe cumulative, station N°01

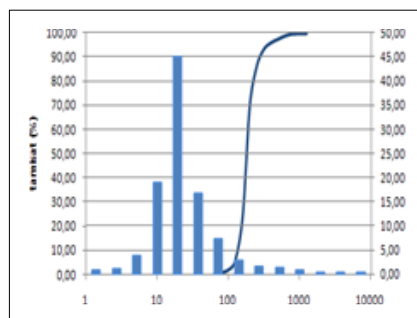


Figure 39: Courbe cumulative, station N°25

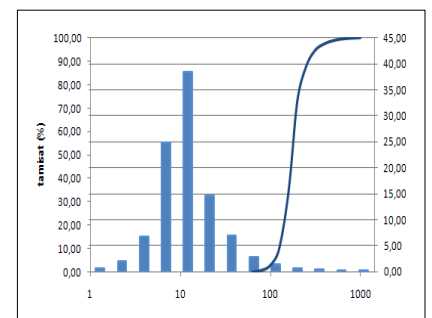


Figure 38: Courbe cumulative, station N°49

- **Courbes uni modales**

Indiquent la présence d'un seul stock sédimentaire exposé par un seul mode granulométrique représentatif du sédiment.

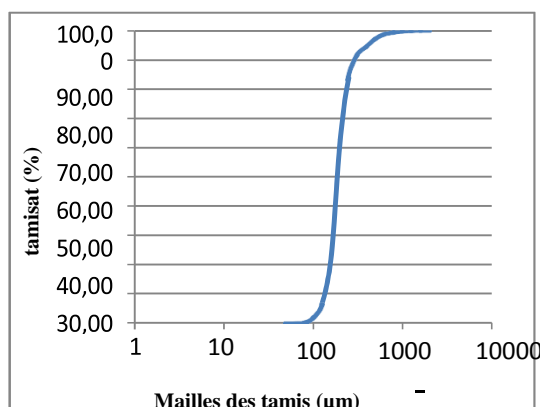


Figure 41 : Courbe unimodale

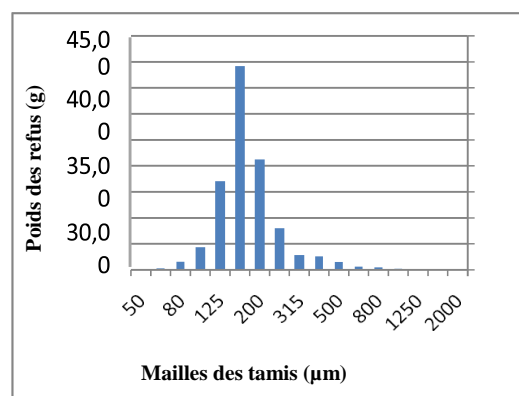


Figure 40 : Histogramme unimodale

• **Courbes bimodales**

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

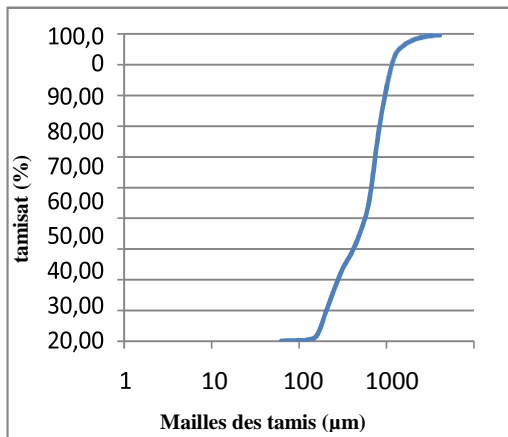


Figure 43 : Courbes bimodales

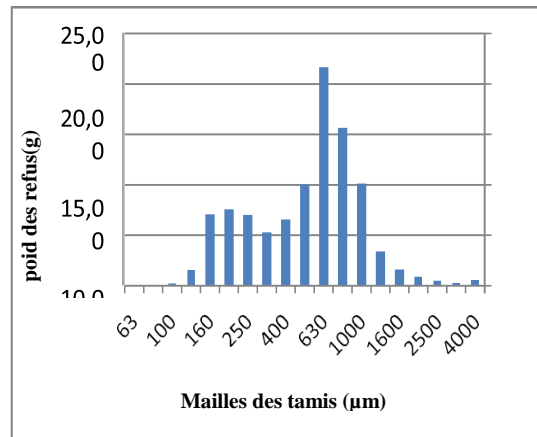


Figure 42: Histogramme bimodale

• **Courbe plurimodale**

Elles nous informent sur la présence de plusieurs stocks sédimentaires au sein d’une même population dynamique (surtout représentatives du sédiment grossier).

Cette hétérogénéité est due à la nature des sédiments grossiers, où le mode le plus grossier est représenté par des coquilles entières ou par des biocalcites ou par des petits galets. Ces courbes sont marquées par la présence de plusieurs modes granulométriques représentatifs du sédiment.

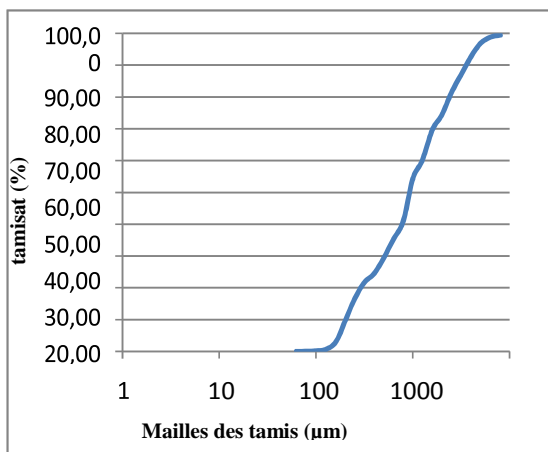


Figure 44: Courbe plurimodale

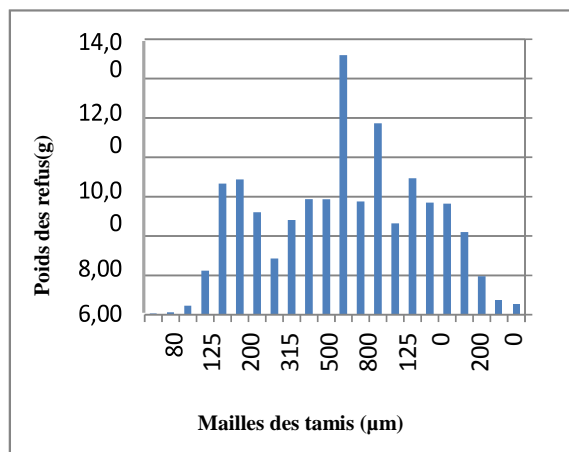


Figure 45: Histogramme plurimodale

3.2.2. Les quantiles

- **Le décile inférieur**

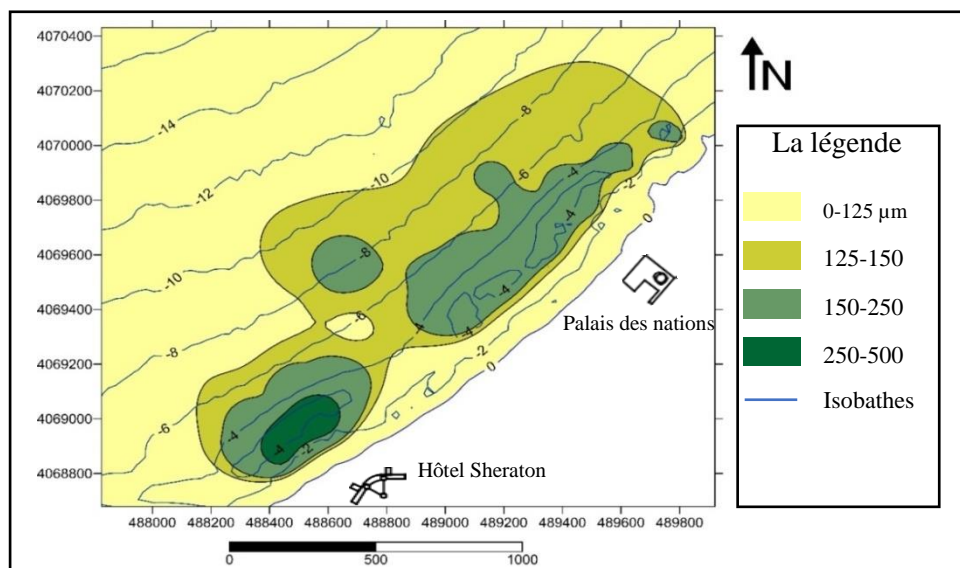


Figure 46: Répartition des déciles inférieurs dans la région de Club des Pins

Commentaire :

La figure nous renseigne sur la répartition spatiale des déciles inférieurs D_{10} qui apparaît centrique avec :

- dominance des diamètres inférieurs à 125 μm évoluant du rivage vers le large par les deux extrémités de la zone.
- Entre 5 et 9 m de profondeur (et à -3m sur quelques endroit) les diamètres dominants varient entre 125 et 150 μm .
- Sur la zone de profondeur variant entre 3 et 5m on a une dominance des diamètres allant de 250 à 500 μm , c'est sur cette zone que le fond dispose des barres et fosses de lévigation.

- **Premier quartile Q_{25}**

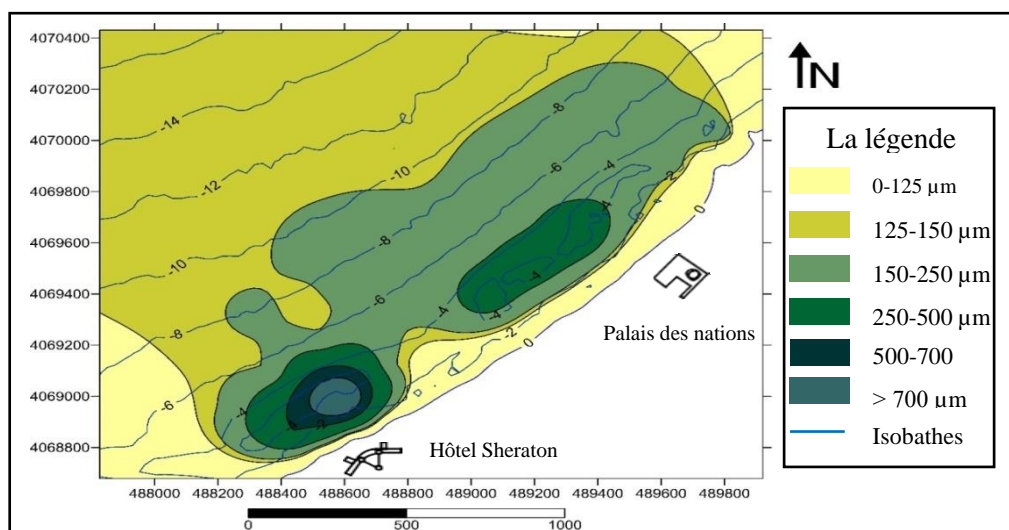


Figure 47: Carte de la répartition du premier quartile Q_{25} dans la région de Club des Pins

Commentaire :

La figure nous renseigne sur la répartition spatiale du premier quartile Q_{25} on distingue :

- Une répartition d'un faciès de moins de $125\mu\text{m}$ présent tout au long de la côte et se prolonge vers le large dans les extrémités
- Un deuxième faciès entre 125 et $150\mu\text{m}$ dominant à partir de 1m de profondeur et évolue vers le large.
- Un troisième faciès se présente à partir de l'isobathe de -2m jusqu'à -10m (-6m vers l'Ouest de la zone) avec une dominance du diamètre variant entre 150 et $250\mu\text{m}$.
- Le quatrième faciès présent dans la zone comprise entre 3 et 5m de profondeur présente une dominance d'un diamètre allant de 500 jusqu'à plus de $700\mu\text{m}$, cette zone correspond à la présence des barres et fosses noté sur la morphologie du fond.

- **La médiane D_{50}**

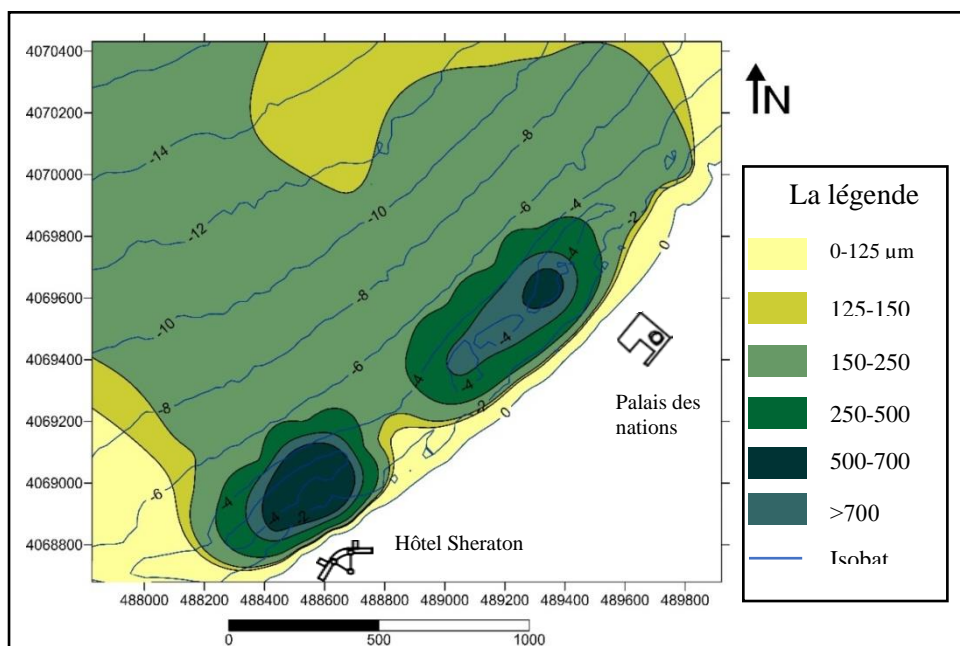


Figure 48: Répartition des médianes D_{50} dans la région de Club des Pins

Commentaire :

La figure ci-dessus présente la répartition spatiale de la médiane D_{50} , établie à partir des médianes granulométriques tirées des courbes cumulatives.

Les diamètres de la médiane varient entre 140 et $1900\mu\text{m}$ avec une homogénéité relative. La moyenne des médianes est d'environ $238\mu\text{m}$ ce qui signifie la dominance du sable moyen dans la constitution du sédiment.

Cette répartition montre une augmentation de la valeur de la médiane en allant vers le centre de la zone tel que :

- Tout au long de la côte et allant aux extrémités de la zone le diamètre dominant est compris entre 0 et $125\mu\text{m}$.

- A partir de 1m de profondeur allant vers le large le diamètre dominant augmente à des valeurs comprises entre 125 et 150 μm .
- De l'isobathe -2m et vers le large et un peu plus centré dans ce dernier le diamètre dominant dépasse 150 μm jusqu'à 250 μm .
- Au centre de la zone, entre les isobathes -2 et -6m les diamètres de la médiane varient entre 250 μm jusqu'à des valeurs supérieures à 700 μm ; cela est due à la présence des fosses et des barres sableuses.

- **Le quartile supérieur Q_{75}**

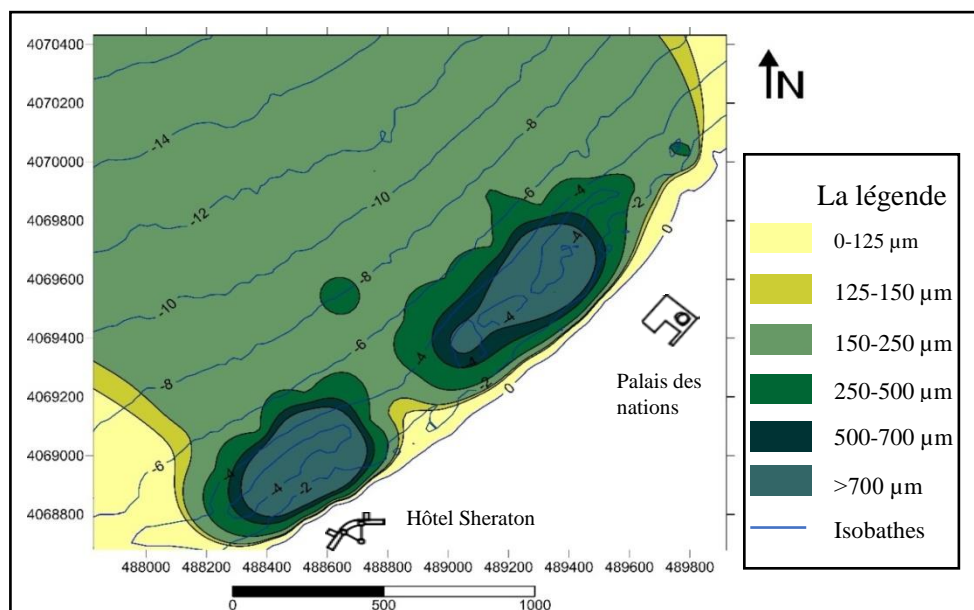


Figure 49: Répartition des quartiles supérieurs dans la région de Club des Pins

Commentaire :

La figure ci-dessus présente la répartition des quartiles supérieurs Q_{75} , où la distribution garde le même aspect centrique que les cartes précédentes avec des diamètres dominants variant entre 150 et plus de 700 μm tel que :

- Tout au long du rivage et jusqu'à 1m de profondeur, allant vers le large par les deux extrémités de la zone on a un diamètre très fin variant entre 0 et 125 μm .
- La répartition des diamètres compris entre 125 et 250 μm se fait de la même manière que l'intervalle précédent, un peu plus centré dans la zone.
- Au centre de la zone, entre les isobathes -2m et -7m avec un spot à -8m les diamètres varient entre 250, 500, 700 μm et plus augmentant vers le centre correspondant aux fosses plongeantes et aux barres sous-marines.

• le décile supérieur D₉₀

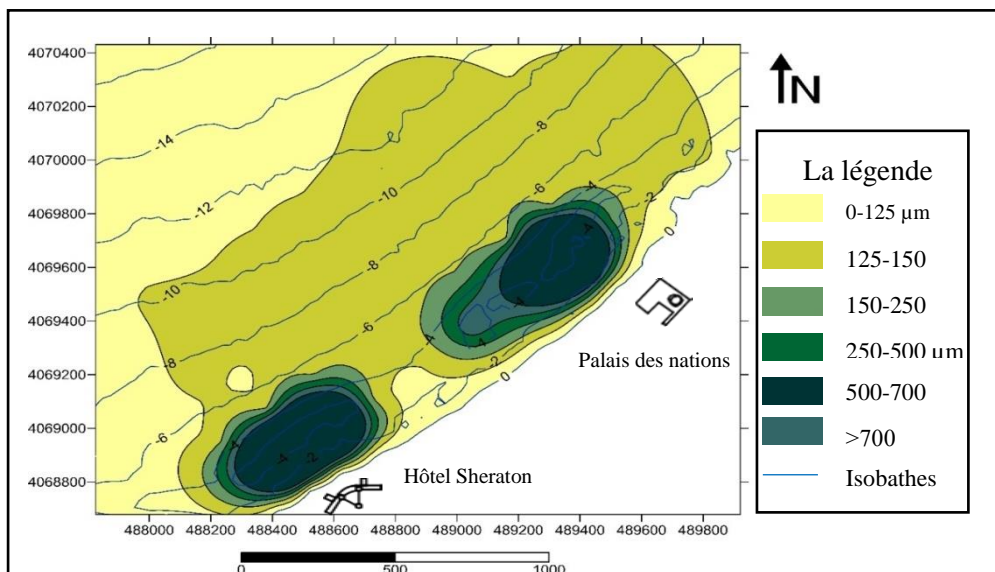


Figure 50: Répartition des déciles supérieurs dans la région de Club des Pins

Commentaire :

La figure ci-dessus présente la répartition spatiale des déciles supérieur D₉₀ qui garde l'aspect concentrique dégageant 3 faciès dominants :

- le premier de diamètre inférieur à 125µm évoluant du rivage vers le large passant par les deux extrémités de la zone, et continuant l'évolution vers le large au-delà des isobathes de -10 et -13m.
- le second évolue de 1m de profondeur (-3m sur quelques endroits) jusqu'à -10m, avec une variation de diamètre comprise entre 125 et 150µm.
- le troisième faciès est réparti entre 2 et 6 m de profondeur, les diamètres dominant dans ce dernier vont de 150 à des valeurs supérieures à 700µm (existence des barres et fosses sous-marines).

3.2.3. Les indices granulométriques :

• **Indice d'asymétrie (Sk)**

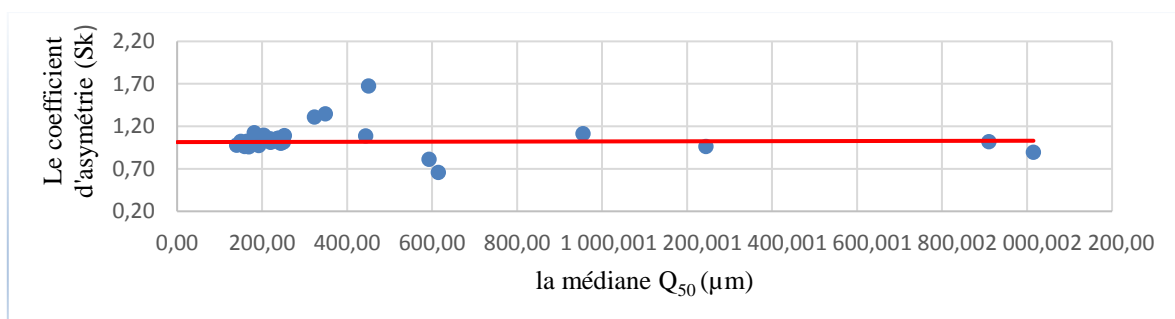


Figure 51: Relation entre l'indice d'asymétrie et la médiane

Commentaire :

Les valeurs de cet indice sont majoritairement proches ou égales à 1, indiquant une symétrie du classement vers les particules fines sauf quelques stations qui présentent une symétrie de classement vers le grossier.

- **Indice de classement**

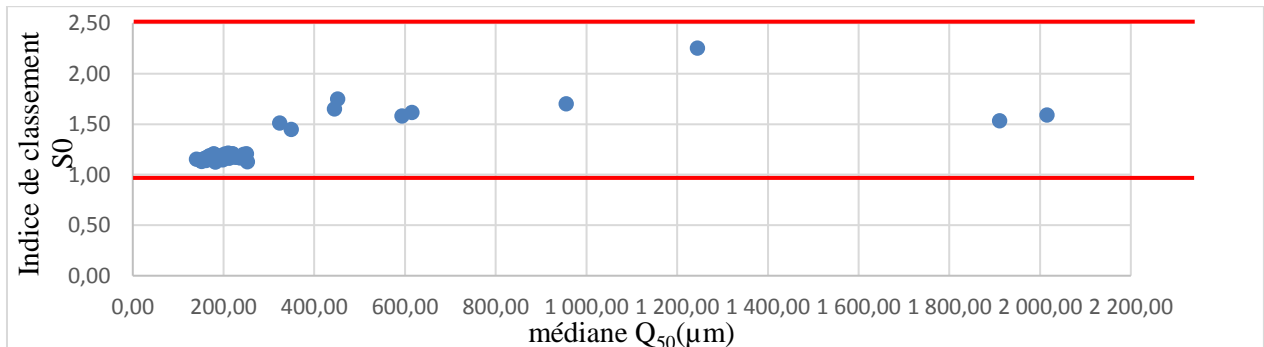


Figure 52: Relation entre l'indice de classement et la médiane

Commentaire :

Les valeurs de l'indice de classement dans notre zone d'étude varient entre 1 et 2,5 traduisant un sédiment bien trié dans la zone.

3.2.4. Analyse modale

La couverture sédimentaire est caractérisée par la présence d'un seul faciès granulométriques des sables fins (26 stations sur 39 ont un mode de 160 μm), correspondant à un seul mode granulométrique représentatif des sédiments. L'histogramme qui suit illustre les fréquences des répartitions dimensionnelles des modes.

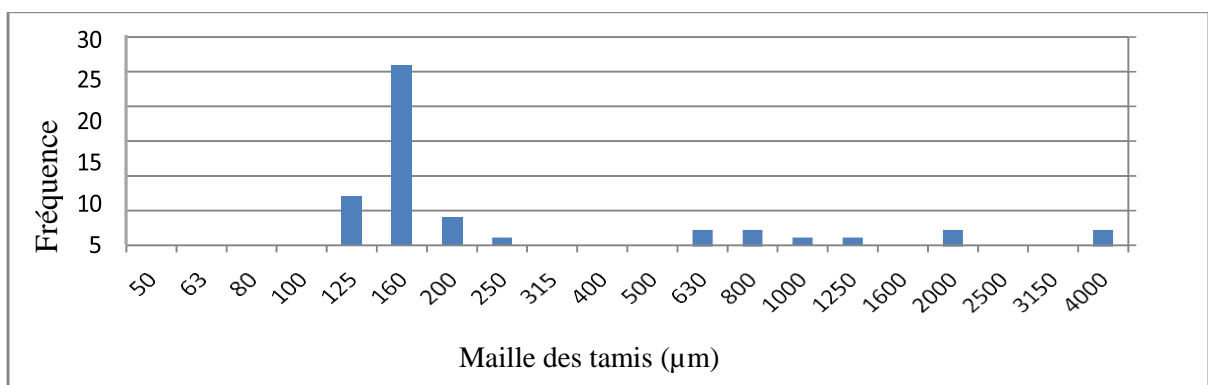


Figure 53: Fréquence d'apparition modale

L'image ci-après représente la répartition spatiale du mode 160 μm dans la zone d'étude.

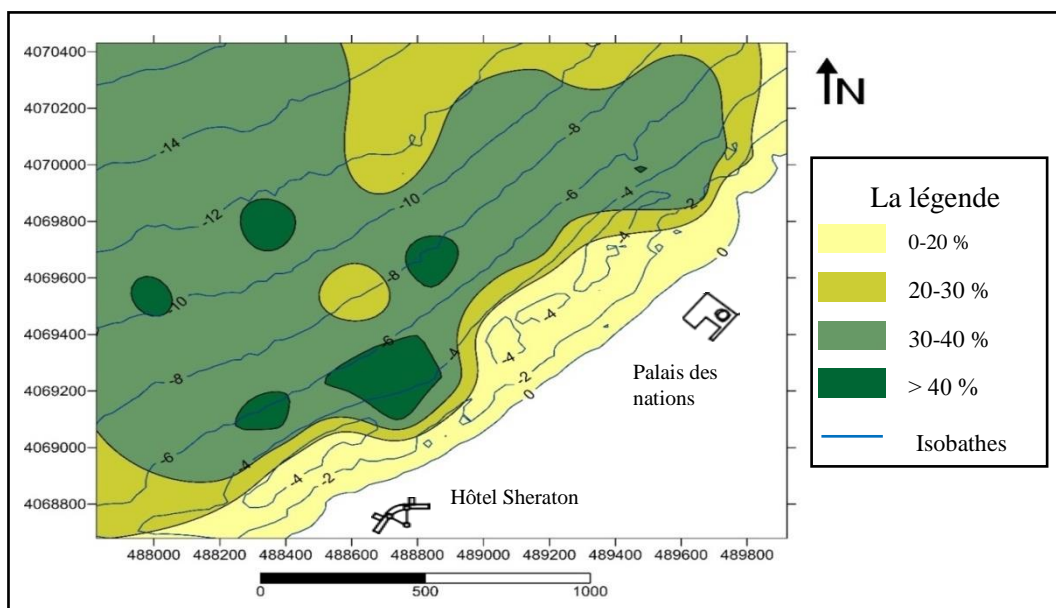


Figure 54: Répartition du mode 160µm dans la région de Club des Pins

Commentaire :

Le mode 160 µm est le plus largement représenté dans la zone d'étude, il se concentre beaucoup plus à l'ouest de la zone. La répartition de ce mode suit un gradient croissant, les plus hauts pourcentages se situent au centre de la zone de prélèvement ou ils apparaissent de façon hétérogène, puis tendent à diminuer vers le large. En conditions hydrodynamiques constantes, il est normal de trouver une répartition qui tend à distribuer la fraction grossière vers la côte tandis que la fraction fine est transférée vers le large. Cependant, la distribution concentrique que présente la figure renseigne sur un hydrodynamisme qui dégrade d'intensité à l'approche du rivage.

3.2.5. Analyse calcimétrique

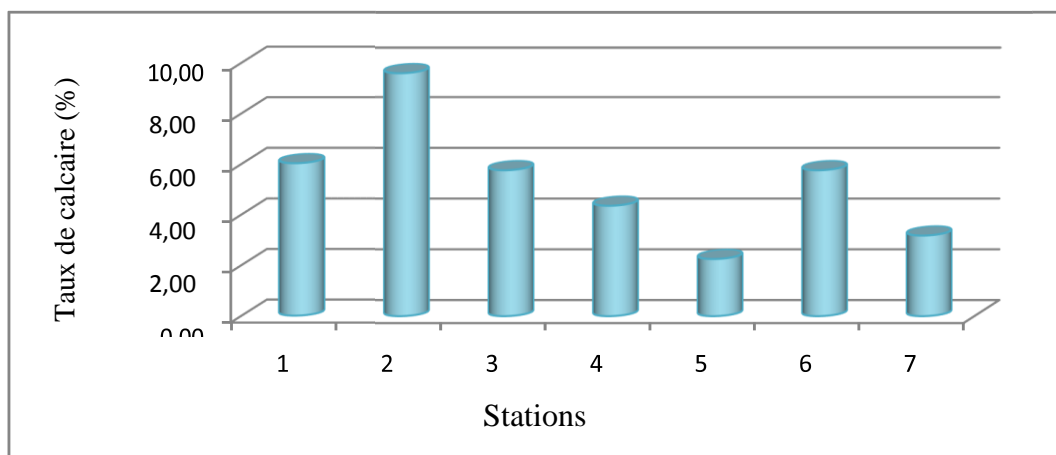


Figure 55 : Résultats de l'analyse calcimétrique des sédiments de la plage de Club des Pins

Commentaire :

Les teneurs en carbonates varient entre 2,25 et 9,57%, ce qui signifie que le poids du calcaire est faible par rapport au poids des grains de sédiment et ne joue pas un rôle important dans le transport sédimentaire.

3.2.6. Conclusion sur l'étude sédimentaire

- Sur l'ensemble des échantillons analysés les résultats montrent de très faibles teneurs en fraction fine ($<50\mu\text{m}$) ne dépassant pas les 16% ce qui reflète l'importance de l'hydrodynamisme dans la zone de Club des Pins.
- L'étude des quantiles reflète un granoclassement allant du sable grossier à l'intérieur, au sable fin à l'extérieur.
- L'analyse des courbes granulométriques et l'analyse modale indiquent la dominance d'un stock sédimentaire de sable fin de $160\mu\text{m}$ dans la majorité des stations.
- L'analyse calcimétrique indique une faible quantité de carbonates sans jouer un rôle important comme traceur de sédiment.
- Le mécanisme du transport responsable de la mise en place et la distribution des sédiments est la houle. Le gradient des médianes, décroissant vers l'Ouest, est dû au vannage, ou tri sélectif par la houle, qui décroît d'intensité vers l'Ouest, le tri sélectif, par transport en suspension semble être effectué surtout par la houle de Nord-Est.

3.3. Modélisation du transport sédimentaire

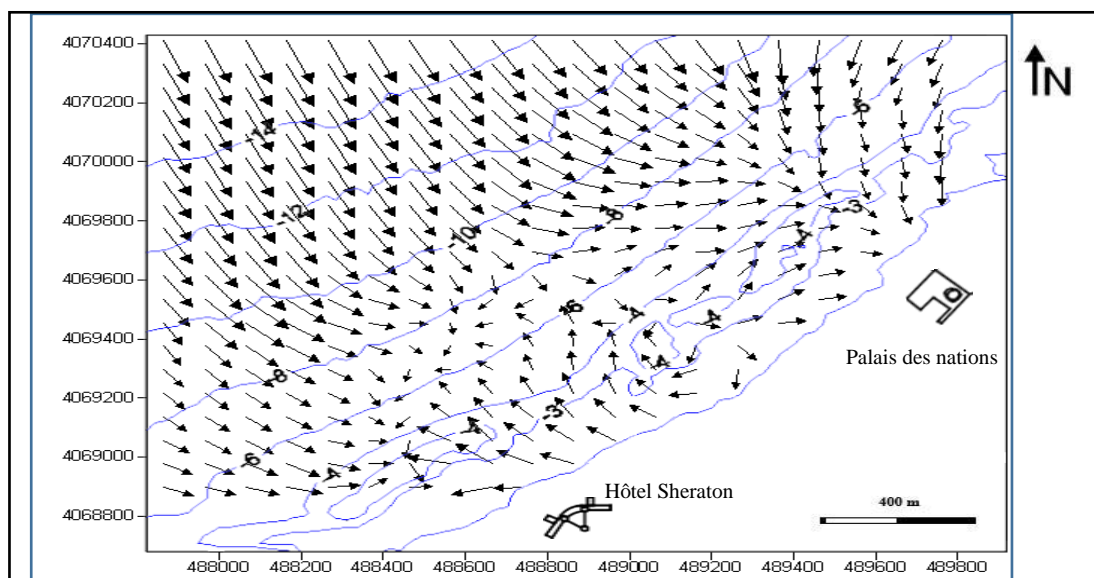


Figure 56: Modélisation du transport sédimentaire dans la zone de Club des Pins

3.3.1. Commentaire :

La figure ci-avant représente les sens et les directions du transport sédimentaire où 'on peut distinguer deux zone :

- La première zone : située sur le côté ouest de notre zone d'étude, abritée par la presque île de Sidi-Fredj donc n'est pas influencé par les houles de secteur ouest mais plutôt par les houles de secteur nord-ouest transversales et responsables du transport sédimentaire vers le large, de ce fait sur cette région il y a tendance

d'avoir une perte de sédiment. Au de-là des 6m de profondeur on constate que le transport sédimentaire est perturbé probablement due à un début de déferlement où le fond et les creux de vague s'influence mutuellement pour définir des formes de circulation plus ou moins tourbillonnaires.

- La deuxième zone : située à l'Est de notre zone d'étude, exposée à la houle de secteur Ouest qui se réfracte pour arriver à Club des Pins ramenant les sédiments du large vers la côte.

3.3.2. Conclusion sur le transport sédimentaire dans la zone

L'utilisation du model GSTA dans la zone d'étude a donné des résultats satisfaisants, qui semble correspondre avec les résultats obtenus dans l'étude bathymétrique et la réfraction de la houle.

4. L'étude d'impact sur l'environnement

Les tableaux qui suivent présentent les impacts sur l'environnement durant les différentes phases du déroulement du projet. Les impacts environnementaux ont été analysés pour chaque phase du projet (un tableau par phase) selon une organisation classique par milieu récepteur (environnement physique). Les tableaux de présentation des impacts sont structurés de la manière suivante :

- Chaque ligne présente l'impact au projet sur un milieu récepteur sensible selon la méthodologie présentée dans le chapitre précédent, es colonnes du tableau présentent :
 - La phase du projet et l'aspect environnemental susceptible de générer des impacts ;
 - La composante de l'environnement sensible aux différents aspects du projet (le milieu récepteur sensible) ;
 - La notion détaillée de l'impact potentiel assortie de commentaires ;
 - Les mesures de mitigation préconisées ;
 - La notion détaillée de l'impact.
- L'impact socio-économique du projet a été évalué dans sa globalité et non pour chacune de ses phases.

4.1. Phase d'installation du chantier et repliement

Tableau 11: Impacts environnementaux du chantier/exploitation du camp du chantier

Activité	Milieu récepteur	Détails	Impact potentiel			Description des cotations	Sévérité résiduelle	Mesure de Mitigations	Impact Résiduel			Sévérité résiduelle		
			S	P	G				E	I	S		P	G
Installation du Chantier /Exploitation du Camp du Chantier	Air	- Emission des engins de chantier (GES et de particules) - Poussière émise lors du réglage ou de la circulation des engins de chantier	1	1	2	1	- L'intensité des travaux est très faible et les émissions des moteurs rapidement dissoutes et poussières rapidement déposées - Le taux de poussières émis n'est pas considéré (l'atmosphère est humidifiée par les embruns marins) - Les émissions des engins peuvent être considéré comme acceptables - L'impact étendu à la zone proche du projet	- Bon réglage des moteurs, maintenance planifiée des engins de chantier - Ne pas laisser tourner le moteur des engins à l'arrêt (temps < 5 min) Respect des limitations de vitesse	1	1	2	1	1	Négligeable
			1	1	1	1			1					
Installation du chantier / Exploitation du camp de chantier	Eau (Quantité)	- L'arrosage des pistes si nécessaire pour éviter l'envol des poussières - Consommation en eau du personnel et les occupants du camp de chantier - Utilisation d'eau pour les besoins sanitaire	2	1	1	1	- L'utilisation des ressources est limité dans le temps (<1an) - La consommation d'eau journalière est très faible (travaux qui ne nécessitent pas un grand nombre d'employés) Impact limité à l'intérieur d'un rayon de moins d'un km (<1km)		1	1	1	1	1	Négligeable
			1	1	1	1			1					

On a :
 I : Intensité P : Persistance G : Gravité E : Etendue S : Sévérité

Activité	Milieu récepteur	Détails	Impact potentiel				Description des cotations	Sévérité résiduelle	Mesure de Mitigations	Impact Résiduel				Sévérité résiduelle	
			S	P	G	I				S	P	G	I		
Exploitation du camp de chantier	Eau (Qualité)	- Production d'eaux usées sanitaire - Production d'eau usée industrielle (eau de lavage des équipements)	2	1	2	1	1	- La production d'eaux usées est limité aux occupant du camp de chantier également limité dans le temps (<1an) - Impact limité à l'intérieur d'un rayon moins de 1 km	Mineur	- Raccordé les effluents liquide (eaux usées) du camp de chantier à la canalisation des eaux usées communale si possible si non, la mise en place d'un système de traitement des eaux usées adapté (fosse septique / filtration ...) - Réalisation des opérations de lavage sur une aire étanche - Réalisation d'un suivi de la qualité des effluents afin de garantir le respect des normes de rejets algériennes	1	1	1	1	Négligeable
Installation du chantier / Exploitation du camp de chantier	Hydrologie (cours d'eau)	- Présence physique du camp de chantier pendant son utilisation (dans le cas où le camp est situé à proximité des cours d'eau existant dans la zone d'étude)	2	1	2	2	2	- Rejets des eaux usées directement dans les cours d'eau (le nom respect des rejets des effluents liquides) Impact limité au droit du site d'implantation du camp de chantier	Mineur	- Respect de la réglementation algérienne concernant les rejets des effluents liquide	1	1	1	1	Négligeable

Activité	Milieu récepteur	Détails	Impact potentiel				Description des cotations	Sévérité résiduelle	Mesure de Mitigations	Impact Résiduel				Sévérité résiduelle
			S	P	G	E				S	P	G	E	
Installation du chantier / Exploitation du camp de chantier	Hydrologie (milieu marin)	- Présence physique du camp de chantier (rejets probable des effluents liquides directement vers la mer)	2	2	2	1	2	- Rejets direct des effluents liquides vers la mer	- Respect de la réglementation algérienne concernant les rejets des effluents liquide	1	1	1	1	Négligeable
Installation du chantier / Exploitation du camp de chantier	Sol	- Production de déchets inertes (ménagers et assimilés) déchets spéciaux dangereux - Dversement accidentels des produits polluants (gasoil, les huiles ...)	2	2	2	1	2	- Dissémination de produits polluants dans l'environnement - Pollution de sol par des substances non biodégradable ou dangereuse pour l'environnement	- Elaboration de plan anti-pollution, utilisation de rétention, aire de chargement / déchargement étanche, formation spécifique des chauffeurs de transport de matières polluant (gasoil, les huiles...) - Mise en rétention des équipements comportant des liquides polluants - Formation du personnel au plan d'intervention en cas de pollution	2	1	2	1	Négligeable
Installation du chantier / Exploitation du camp de chantier	Flore terrestre	- Occupation du sol - Réglage de surface si nécessaire	1	2	1	1	1	- Impact provoquant des dommages négligeable - Aucune modification de l'écosystème terrestre - Etendue localisé limité au site et ses abords immédiats	- Plan de remise en état du site du camp de chantier sur un espace sans végétation	1	1	1	1	Négligeable

Activité	Milieu récepteur	Détails	Impact potentiel				Description des cotations	Sévérité résiduelle	Mesure de Mitigations	Impact Résiduel				Sévérité résiduelle
			S	P	G	E				S	P	G	E	
Installation du chantier / Exploitation du camp de chantier	Flore marine	- Implantation du camp de chantier à une distance suffisante à ne pas nuire l'écosystème marin	-	-	-	-	- La flore marine n'est influencée par la présence du camp de chantier - Pas d'impacts pressentis	Null	- Pas de mesures préconisées	-	-	-	-	Null
Installation du chantier / Exploitation du camp de chantier	Faune terrestre	- Présence humaine - Bruit - Production de déchets	1	2	1	1	- Impact provoquant des dommages négligeable - Aucune modification de l'écosystème terrestre - Etendue localisé limité au site et ses abords immédiats	Négligeable	- Plan de gestion des déchets. Pas d'envoi de déchets / impossibilité d'accès de la faune sauvage au stockage des déchets comestibles - Plan de réhabilitation du site - Evacuation des déchets régulière et fin d'activité	1	1	1	1	Négligeable
Installation du chantier / Exploitation du camp de chantier	Faune Marine	- Implantation de du camp de chantier à une distance suffisante à ne pas nuire l'écosystème marin	-	-	-	-	- La flore marine n'est influencée par la présence du camp de chantier - Pas d'impacts pressentis	Null	- Pas de mesures préconisées	-	-	-	-	Null
Installation du chantier / Exploitation du camp de chantier	Paysage	- Présence physique du camp pendant son utilisation - Production de déchets inertes, ménagers et dangereux	1	2	2	1	- Impacts provoquant des dommages réversibles à court termes	Négligeable	- Plan de remise en état du site	1	1	1	1	Négligeable

Activité	Milieu récepteur	Détails	Impact potentiel			Description des cotations	Sévérité résiduelle	Mesure de Mitigations	Impact Résiduel			Sévérité résiduelle		
			S	P	G				E	I	S		P	G
Installation du chantier / Exploitation du camp de chantier	Niveau acoustique	- Générateur d'énergie - Circulation des engins de chantier plusieurs types engins bruyants (camions, pelle à chenille, chariot élévateur, chargeurs, compresseur, générateurs, pompes...) seront utilisés durant les travaux de réalisation.	1	1	2	1	- L'installation du chantier est limitée dans le temps - Le bruit sera audible dans l'emprise du projet et aux limites proche de la zone des travaux	- Utilisation de technologies moins bruyantes de production d'électricité - Eloigner les générateurs électriques et compresseurs des principales zones de travail si possible - Se conformer au plan de Control du bruit (formation du personnel, etc.) Respecter les horaires de travail (arrêt des travaux la nuit)	1	1	1	1	Négligeable	Négligeable
			1	1	1	1			1					
			1	1	1	1			1					
			1	1	1	1			1					

4.2. Phase de construction des ouvrages de protection

Tableau 12: Impacts environnementaux de la phase de construction des ouvrages de protection

Activité	Milieu récepteur	Détails	Impact potentiel			Description des cotations	Sévérité résiduelle	Mesure de Mitigations			Impact Résiduel			Sévérité résiduelle
			S	P	I			S	P	G	E	I		
Ouvrages de protections	Air	- Emission des GES par les engins - Poussières émises lors de la circulation des camions et engins de chantier durant l'acheminement du sable	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	Négligeable
Ouvrages de protections	Eau	- Pas d'impacts pressentis												
Ouvrages de protections	Hydrologie (milieu marin)	- Circulation des engins de chantier	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	Modéré

On a :
I : Intensité P : Persistance G : Gravité E : Etendue S : Sévérité

Activité	Milieu récepteur	Détails	Impact potentiel				Description des cotations	Sévérité résiduelle	Mesure de Mitigations				Impact Résiduel				Sévérité résiduelle
			S	P	G	I			S	P	G	I	S	P	G	I	
Ouvrages de protections	Sol (plage)	- Circulation des engins de chantier et camions de transport sur la plage - Compactage du sable de la plage par le passage des engins	2	2	2	2	- Pollutions de la plage dues aux éventuels déversements (carburant, huile ...) en cas de fuite accidentelles des engins de chantier - Dissémination de déchets dangereux dans l'environnement - Impact limité à l'emprise du site (sur les voies de circulation des engins de chantier et les camions de transport)	Modéré	- Plan anti-pollution pollution (plan d'intervention d'urgence en cas de pollution accidentelle) Conformité et révision des engins de chantier et camions de transport - Plan de remise en état du site après fin des travaux - Aucun stockage de carburant ou autre produit chimique ne sera effectué sur la plage.	2	1	1	1	1	1	1	Négligeable
Ouvrages de protections	Sol (substratum)	- Utilisation d'une grande quantité de sable pour le remplissage des boudins en géotextile	1	1	1	1	- La nature du substrat et la structure du sol ne seront pas modifiées au niveau de la zone du projet - Concernant la digue sous-marine, elle ne comporte aucune fondation - La nature du fond marin est dépourvue d'herbiers	Négligeable	- Pas de mesures compensatoires préconisées	1	1	1	1	1	1	1	Négligeable
Ouvrages de protections	Flore terrestre	- Circulation des camions de transport - Circulation des engins de chantier sur la plage	1	1	2	1	- Les camions de transport emprunteront les routes et chemin existant - Les engins de chantier opérant sur la plage, loin de la flore existante seulement au niveau des dunes	Négligeable	- Plan de remise en état du site	1	1	1	1	1	1	1	Négligeable

Activité	Milieu récepteur	Détails	Impact potentiel				Description des cotations	Sévérité résiduelle	Mesure de Mitigations				Impact Résiduel				Sévérité résiduelle		
			S	P	G	E			S	P	G	E	S	P	G	E		S	P
Ouvrages de protections	Flore marine	- Implantation des boudins en géotextile (brise-lames)	1	1	2	1	1	- Apport de sable de carrière en mer pour le remplissage des géotubes - Pose des géotubes (Boudins en géotextile, tube d'ancrage, tapis anti affouillement)	Négligeable	- La zone d'implantation des brise-lames est dépourvue de la flore (ouvrages situés par des fonds d'environ de -3,5m) - Il n'a pas été recensé la présence d'herbiers dans la zone du projet	1	1	1	1	1	1	1	1	Négligeable
Ouvrages de protections	Faune terrestre	- Circulation des engins de chantier	1	1	1	1	1	- La faune terrestre éloigné du site des travaux - La faune est située dans les champs et les forêts de l'arrière plage	Négligeable	- Pas de mesures préconisées	1	1	1	1	1	1	1	1	Négligeable
Ouvrages de protections	Faune marine	- Implantation des boudins en géotextile (brise-lames)	1	1	1	1	1	- Les brise-lames en géotextile peuvent constituer un habitat pour les espèces marines (développement de l'écosystème marin)	Négligeable	- Pas de mesures préconisées	1	1	1	1	1	1	1	1	Négligeable
Ouvrages de protections	Faune terrestre	- Circulation des engins de chantier	1	1	1	1	1	- La faune terrestre éloigné du site des travaux - La faune est située dans les champs et les forêts de l'arrière plage	Négligeable	- Pas de mesures préconisées	1	1	1	1	1	1	1	1	Négligeable

Activité	Milieu récepteur	Détails	Impact potentiel				Description des cotations	Sévérité résiduelle	Mesure de Mitigations				Impact Résiduel				Sévérité résiduelle
			S	P	G	I			S	P	G	I	S	P	G	I	
Ouvrages de protections	Faune marine	- Implantation des boudins en géotextile (brise-lames)	1	1	1	1	1	- Les brise-lames en géotextile prouvent constituée un habitat pour les espèces marines (développement de l'écosystème marin)	Négligeable	- Pas de mesures préconisées	1	1	1	1	Négligeable		
Ouvrages de protections	Niveau acoustique	- Circulation des engins de chantier plusieurs types engins bruyants (camions, pelle a chenille, chariot élévateur, chargeurs, compresseur, générateurs, pompes...) seront utilisés durant les travaux de réalisation.	2	2	2	1	2	- La phase des travaux est limitée dans le temps - Le bruit sera audible dans l'emprise du projet et aux limites proche de la zone des travaux - Le bruit sera vite dissiper et sera atténué par les mouvements de la mer (vagues et houle)	Mineur	- Se conformer au Plan de Control du Bruit (formation du personnel, etc.) - Révisions régulières des engins de chantiers (contrôle technique des camions de transport) - Réalisation des travaux durant la journée	1	2	1	1	Négligeable		
Ouvrages de protections	Paysage	- Les brise-lames seront immergés (pas d'impact) - Les stablage seront ancrés à une profondeur de 0,50 m (pas d'impact)	1	1	1	1	1	- Les brise-lames ne sont pas visibles depuis la plage (brise-lames immergés) - Les stablages seront ancrés sur la plage et ne seront visible.	Négligeable	- Pas de mesures préconisées	1	1	1	1	Négligeable		

4.3. Phase de terrassement

Tableau 13: Impact environnementaux de la phase de terrassement

Activité	Milieu récepteur	Détails	Impact potentiel				Description des cotations	Sévérité résiduelle	Mesure de Mitigations				Impact Résiduel				Sévérité résiduelle
			S	P	G	I			S	P	G	I	S	P	G	I	
Terrassement (déblais – remblais)	Air	- Emission des engins de chantier et camions de transport (GES et de particules) - Déchargement du sable de carrière lors du rechargement de la plage	2	1	2	1	- Emissions des moteurs rapidement dissoutes et poussières rapidement déposées - Le taux de poussières émis n'est pas considéré (l'atmosphère est humidifiée par les embruns marin) - Les émissions des engins peuvent être considéré comme acceptables - L'impact étendu à la zone proche du projet	Mineur	- Bon réglage des moteurs, maintenance planifiée des engins de chantier - Ne pas laisser tourner le moteur des engins à l'arrêt (temps < 5 min) - L'arrosage des chemins d'accès à la plage sans créer des flaques d'eau - Respect de la limitation de vitesse - Couvrir le chargement des camions de transport de sable par une bâche pour éviter l'envol des poussières	1	1	1	1	1	1	1	Négligeable
Terrassement (déblais – remblais)	Eau	- Utilisation de l'eau pour l'arrosage des pistes	1	1	1	1	- La durée des travaux est limitée dans le temps	Mineur	- Utilisation raisonnable des ressources en eau - Sensibilisation des employeurs concernant l'utilisation de l'eau	1	1	1	1	1	1	1	Négligeable
Terrassement (déblais – remblais)	Sol	- Les déblais et remblais pour l'ancrage des stabiplages (sur une largeur de 1,50 m et une longueur variante entre 20 et 55 m) - Rechargement de la plage sur un linéaire de 2000 m	1	1	1	1	- L'apport de sable sur la plage, cette dernière est déjà actuellement une zone sableuse remaniée par les houles - L'apport de sable est une solution complémentaire qui permet de minimiser l'impact du recul du rivage ainsi limité l'érosion de la cote - Pollutions de la plage dues aux éventuels déversements (carburant, huile ...) en cas de fuite accidentelles des engins de chantier	Négligeable	- Une étude bien détaillée réalisée préalablement sur sable utilisé pour le rechargement de la plage - Les sables apportés doivent avoir une couleur et une granulométrie analogue ou supérieure au sable présent sur la plage - Un plan de prévention et d'intervention antipollution (en cas de pollution accidentelle)	1	1	1	1	1	1	1	Négligeable

Activité	Milieu récepteur	Détails	Impact potentiel					Description des cotations	Sévérité résiduelle	Mesure de Mitigations	Impact Résiduel					Sévérité résiduelle
			S	P	G	E	I				S	P	G	E	I	
Terrassement (déblais – remblais)	Flore terrestre	- Rechargement de la plage sur un linéaire de 2 000 m - Circulation des engins de chantier	1	1	1	1	1	- L'emprise des travaux est dépourvue de végétation. - La végétation est développée au niveau de l'arrière plage (dune bordière, champs, forêts ...)	Négligeable	- Pas de mesures compensatoires préconisées	1	1	1	1	1	Négligeable
Terrassement (déblais – remblais)	Faune terrestre	- Rechargement de la plage sur un linéaire de 2 000 m - Circulation des engins de chantier	1	1	1	1	1	- La faune terrestre éloigné du site des travaux - La faune est située dans les champs et les forêts de l'arrière plage	Négligeable	- Pas de mesures compensatoires préconisées	1	1	1	1	1	Négligeable
Terrassement (déblais – remblais)	Faune et Flore marine	- Rechargement de la plage sur un linéaire de 2 000 m - Circulation des engins de chantier	1	1	1	1	1	- Les travaux de rechargement seront réalisés sur la terre ferme	Négligeable	- Pas de mesures compensatoires préconisées	1	1	1	1	1	Négligeable
Terrassement (déblais – remblais)	Niveau acoustique	- Circulation des engins de chantier et camions lors du déchargement de sable d'apport	2	1	2	1	1	- Le bruit sera audible dans l'emprise du projet et aux limites proche de la zone des travaux - La phase des travaux est limitée dans le temps	Mineur	- Se conformer au Plan de Control du Bruit (formation du personnel, etc.) - Révisions régulières des engins de chantiers (contrôle technique des camions de transport) Réalisation des travaux durant la journée	1	1	1	1	1	Négligeable
Terrassement (déblais – remblais)	Paysage	- Rechargement de la plage sur un linéaire de 2 000 m - Circulation des engins de chantier	1	1	1	1	1	- Le site dans son état initial est constituer de zone sableuse	Négligeable	- Pas de mesures compensatoires préconisées	1	1	1	1	1	Négligeable

4.4. Exploitation des carrières

Tableau 14: Impacts environnementaux durant l'exploitation des carrières

Activité	Milieu récepteur	Détails	Impact potentiel				Description des cotations	Sévérité résiduelle	Mesure de Mitigations	Impact Résiduel				Sévérité résiduelle	
			S	P	G	E				S	P	G	E		I
Exploitation des carrières	Air	- Rotation des camions - de transport - Chargement des camions	3	2	2	2	- Emissions de poussière lors de l'exploitation de la carrière (extraction de sable, criblage, chargement...etc.) ces émissions son localisé et limité dans le temps - Emission des véhicules lourds lors du transport (poussière et GES), les émissions des camions peuvent être considéré comme acceptables - Impact étendu localement (dans la zone proche du projet).	Modéré	- Bon réglage des moteurs, maintenance planifié des camions de transport - Ne pas laisser tourner le moteur des camions à l'arrêt (temps < 5 min) - L'arrosage des pistes non bitumée pour évite le soulevement des poussières - Respect de la limitation de vitesse - Couvrir le chargement des camions de transport de sable par une bâche pour éviter l'envol des poussières - Respecter le poids de chargement maximum à ne pas dépasser (surcharge des camions de transport) - Installation de système d'abatage de poussière si les carrières exploités sont situés à proximité des zones d'habitations - Choisir une carrière proche au site des travaux pour minimiser les nuisances dues au transport.	2	1	2	1	1	Mineur
Exploitation des carrières	Eau (quantité)	- Utilisation de l'eau pour l'arrosage des pistes non revêtu - Utilisation d'eau pour les systèmes d'abatage de poussière si installer	1	1	2	1	- La durée des travaux est limitée dans le temps - La quantité d'eau utilisée n'est pas considérable.	Négligeable	- Utilisation raisonnable des ressources en eau - Sensibilisation des employeurs concernant l'utilisation de l'eau.	1	1	1	1	Négligeable	

On a : I : Intensité P : Persistance G : Gravité E : Etendue S : Sévérité

Activité	Milieu récepteur	Détails	Impact potentiel				Description des cotations	Sévérité résiduelle	Mesure de Mitigations	Impact Résiduel				Sévérité résiduelle
			S	P	G	I				S	P	G	I	
Exploitation des carrières	Eau (qualité)	- Utilisation de l'eau pour l'arrosage des pistes non revêtue - Utilisation d'eau pour les systèmes d'abatage de poussière si installer	2	2	2	2	- L'utilisation d'une eau polluée peut causer des dommages réversibles à long termes - La quantité d'eau utilisée n'est pas considérable	Mineur	- Utilisation d'une salubre	2	1	1	1	Négligeable
Exploitation des carrières	Niveau acoustique	- Rotation des camions de transport - Plusieurs types d'engin (tamiseur, cribleurs, chargeurs, chariots, pelles à chenille) seront utilisés au sein de la carrière	2	1	2	1	- La carrière est exploitée durant un temps limité - Le bruit sera audible à l'emprise des travaux - Les nuisances sonores causées par la rotation des camions de transport feront parties d'un phénomène déjà existant (phénomène présent par le trafic routier)	Mineur	- Conformité des engins et contrôle régulier des émissions sonores (en respect avec la réglementation en vigueur) Les travaux seront conduits le jour - Respect de la limitation de vitesse pour les camions de transport - Respect de la charge utile des camions de transport - Ne pas laisser tourner le moteur des camions à l'arrêt (temps < 5 min)	2	1	1	1	Négligeable
Exploitation des carrières	Milieu urbain	- Rotation des camions de transport	2	1	2	3	- Le transport de sable est limité dans le temps (durant la phase de rechargement de la plage et la construction du chemin d'accès) - Les camions de transport emprunteront la voie publique - Augmentation du trafic routier (création d'encombrement, augmentation des risques d'accidents...etc.)	Mineur	- Elaboration d'un plan de circulation approprié en adéquation avec la cadence des travaux de protection au niveau de la plage - Respect de la limitation de vitesse - Respect de la charge utile des camions de transport - Emprunté si possible les chemins les moins fréquentés par les usagers des voies publics	2	1	2	1	Négligeable

4.5. Impact socio-économique du projet de protection

Tableau 15: Impact socio-économique du projet de protection de la plage de Club des Pins

Activité	Milieu récepteur	Détails	Impact potentiel				Description des cotations	Sévérité résiduelle	Mesure de Mitigations				Impact Résiduel				Sévérité résiduelle
			S	P	I	m			E	I	S	P	I	m	E	I	
Ensemble du projet	Emploi dans les communes concernées	- Création d'emplois locaux (recours à une main d'œuvres diversifiée) Le recrutement se fera au niveau local	3	1	1	2	1	- Les travaux de protection sont prévus pour une durée limitée dans le temps Le recours à la main d'œuvre locale restera de faible ampleur car les travaux ne demandent pas un nombre important d'employés	Mineur	- Coopération avec les instances locales notamment pour le recrutement comme l'ALÉM (Agence locale de l'emploi) et l'AREM (Agence Régionale pour l'emploi) - La procédure de recrutement doit être engagée à une durée suffisante avant le démarrage des travaux - La nomenclature des postes doit être explicite - Mise en place d'un mécanisme de traitement des plaintes (réactif et accessible) - Plan de formation du personnel	3	1	1	2	1	Mineur	
Ensemble du projet	Industrie et activité commerciale	- Achat locaux pour l'approvisionnement du chantier (outils, matières premières (sable de carrière, enrochement...) - La consommation du personnel en denrées constitue un apport positif pour les commerçons locaux	1	1	1	2	1	- Les achats de matière première est restreinte (sable de carrière et enrochement) - Les matériaux seront produits durent un temps limité (seulement au besoin du projet) Les dépenses commerciales seront faibles (un nombre d'employés faible) durent un temps limité	Négligeable	- Analyse en amont des besoins et de la capacité du marché local à répondre sans déséquilibre majeur - Favoriser la consommation des produits locaux	1	1	1	2	1	Négligeable	

On a :
I : Intensité P : Persistence Im : Impact E : Etendue S : Sévérité

Activité	Milieu récepteur	Détails	Impact potentiel			Description des cotations	Sévérité résiduelle	Mesure de Mitigations			Impact Résiduel			Sévérité résiduelle	
			S	P	G			E	I	S	P	G	E		I
Ensemble du projet	Personnes potentiellement présente dans la zone (niveau de pression acoustique	<ul style="list-style-type: none"> - Utilisation d'engins de chantier - Utilisation de générateurs d'énergie - Utilisation de générateurs de vibration 	1	1	3	1	2	<ul style="list-style-type: none"> - Impact immédiatement réversible, mise à part le personnel de la base, il n'y a pas de présence humaine permanente aux alentours du projet sans aucune contrainte du projet, les équipements peuvent présenter des niveaux sonores importants - L'impact sonore du projet est limité à l'emprise 	<ul style="list-style-type: none"> - Respect des standards nationaux et européens d'émission de bruit / protection du personnel / véhicules équipés de silencieux - Réalisation des travaux le jour 	1	1	2	1	1	Négligeable
			2	1	3	1	2			<ul style="list-style-type: none"> - Impact réversible à court terme - L'utilisation des infrastructures routières aura un impact réversible après la fin du chantier et se fait sentir ponctuellement à différents moments de la journée et selon les phases de chantier - Toute dégradation importante à ces ouvrages pourrait avoir des impacts modérés sur les utilisateurs - Etendue localisée 	<ul style="list-style-type: none"> - Mise en place d'un plan de circulation - Instructions/formation des chauffeurs à la conduite en sécurité notamment sur les routes nationales et à proximité des agglomérations - Mise en place d'un suivi de l'état des routes publiques utilisées par les véhicules du Projet - Réalisation rapide 	2	1	2	
Ensemble du projet	Infrastructure routière	<ul style="list-style-type: none"> - Acheminement du matériel et matière première - Transport des équipes et du matériel 	3	1	3	1	2	<ul style="list-style-type: none"> - Gênes occasionnés par les travaux au niveau de la plage durant la saison estivale - Augmentation du trafic routier par la rotation des camions de transport 	<ul style="list-style-type: none"> - Séparer l'accès à la plage (Laisser un accès libre aux estivants et un autre accès propre au chantier) - Dans la mesure du possible l'entrepreneur pourrait fermer une moitié de la plage (site des travaux) et laisser un autre espace de la plage non atteinte par les travaux ouverts aux estivants - Les avantages à long terme apportés à la plage sont plus importants que les inconvénients qui sont limités dans le temps 			3	1	2	1
Ensemble du projet	Tourisme	<ul style="list-style-type: none"> - Rotation des camions de transport - travaux de protection au niveau de la plage 	3	1	3	1	2			<ul style="list-style-type: none"> - Impact réversible à court terme - L'utilisation des infrastructures routières aura un impact réversible après la fin du chantier et se fait sentir ponctuellement à différents moments de la journée et selon les phases de chantier - Toute dégradation importante à ces ouvrages pourrait avoir des impacts modérés sur les utilisateurs - Etendue localisée 	<ul style="list-style-type: none"> - Séparer l'accès à la plage (Laisser un accès libre aux estivants et un autre accès propre au chantier) - Dans la mesure du possible l'entrepreneur pourrait fermer une moitié de la plage (site des travaux) et laisser un autre espace de la plage non atteinte par les travaux ouverts aux estivants - Les avantages à long terme apportés à la plage sont plus importants que les inconvénients qui sont limités dans le temps 	3	1	2	1

4.6. Conclusion sur l'Etude d'impact environnementale

D'une manière générale, le projet est conçu pour respecter la réglementation algérienne en utilisant des techniques novatrices de lutte contre l'érosion du trait de côte. Ainsi la méthode utilisée pour la protection de la plage de Club des Pins est une méthode douce utilisant et agissant sur les matériaux naturels (tissus en géotextile et sable de carrière). D'un point de vue environnemental, le projet respecte les réglementations sur les émissions atmosphériques, les émissions sonores, les rejets liquides et la gestion des déchets.

En effet, les zones d'intérêts écologiques sont situées suffisamment loin du projet pour ne pas être affectées par ses activités. Ainsi, le projet ne menace aucune zone d'intérêt écologique et aucune espèce rare, menacée ou protégée.

Grace aux choix de technologie et d'aménagement suivi, les émissions atmosphériques et acoustiques sont très limitées. Ainsi que les impacts sur le milieu marin qui auront un impact mineur à négligeable.

La majorité des zones habitées sont suffisamment éloignée pour ne pas percevoir le projet.

Seules les bordures des zones résidentielles les plus proches de la plage peuvent percevoir le projet tout en restant dans les limites prévues par la réglementation, à savoir, une contribution acoustique de nuit tolérable.

Grace à la mise en place de nombreux dispositifs maîtrisant aussi bien les quantités et la qualité des eaux de ruissellement, des eaux usées et des eaux d'entretien, l'impact du projet sur la qualité des sols et sur les eaux souterraines restera limité.

La mise en place de nombreuses procédures et de locaux adaptés à la gestion des produits chimiques et la gestion des déchets, minimise aussi bien les risques de pollutions accidentelles que les impacts des activités sur l'environnement.

5. Gestion de l'environnement de la zone littoral de Club des Pins

5.1. Etat du fait du site

La Baie d'El Djamila représente une cellule sédimentaire comprise entre deux caps ; La cellule sédimentaire est une portion du littoral ayant un fonctionnement sédimentaire relativement autonome par rapport aux portions voisines. Les échanges sédimentaires restent internes au sein de cette baie et se font entre ses différentes plages qui représentent des micro-cellules sédimentaires actives ; une micro-cellule est un sous-ensemble de la cellule qui a pour limites des ouvrages ou des éléments naturels impactant moins fortement la dérive littorale que les limites de la cellule.

La présente partie décrit l'impact de chaque élément dans la baie d'El Djamila, sur la plage Club des Pins. L'ensemble des impacts est représenté dans les suivantes cartes par des flèches de différentes couleurs.

5.1.1. Avant le projet de protection

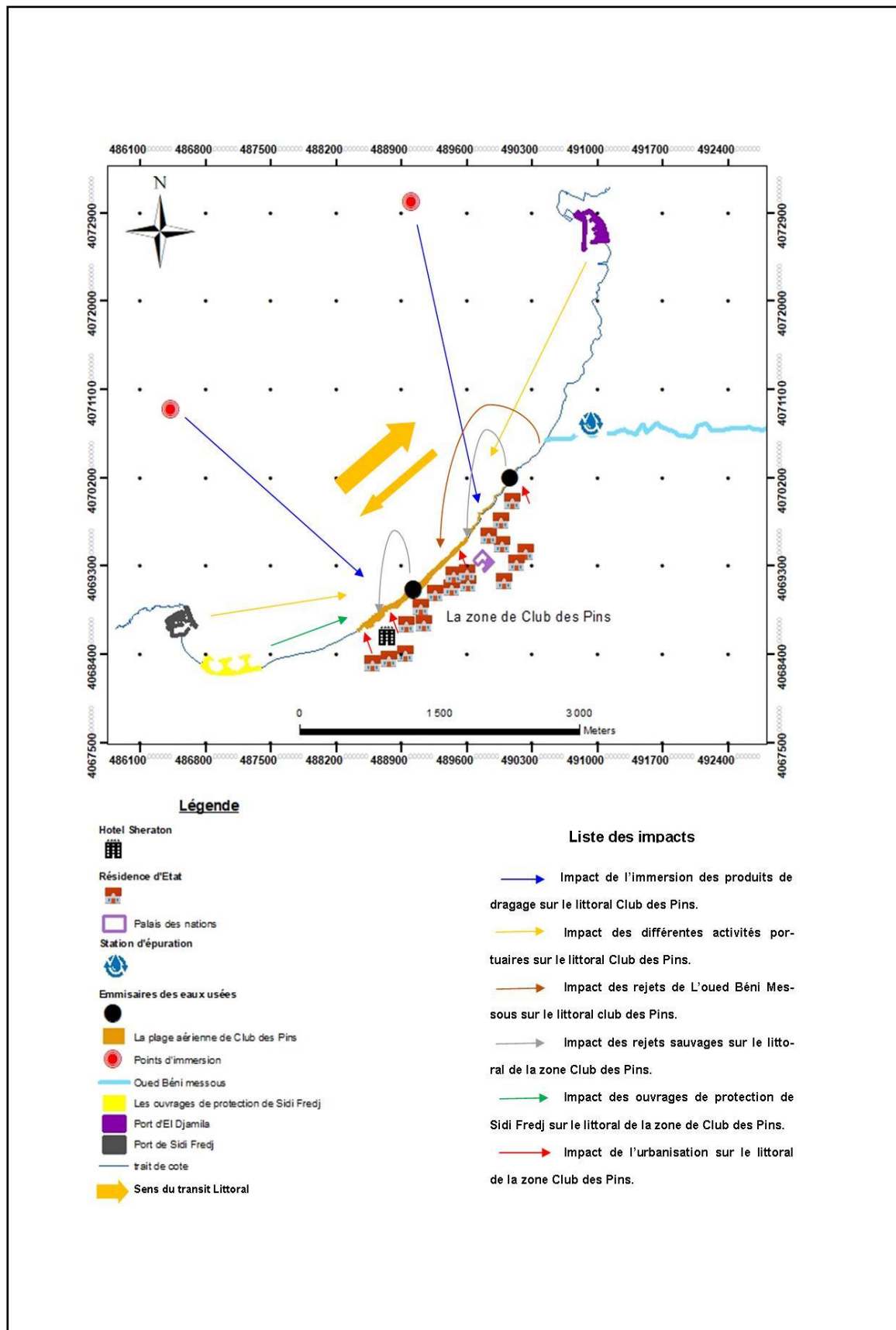


Figure 57 : Situation générale du site avant le projet de protection

5.1.2. Après lancement du projet de protection

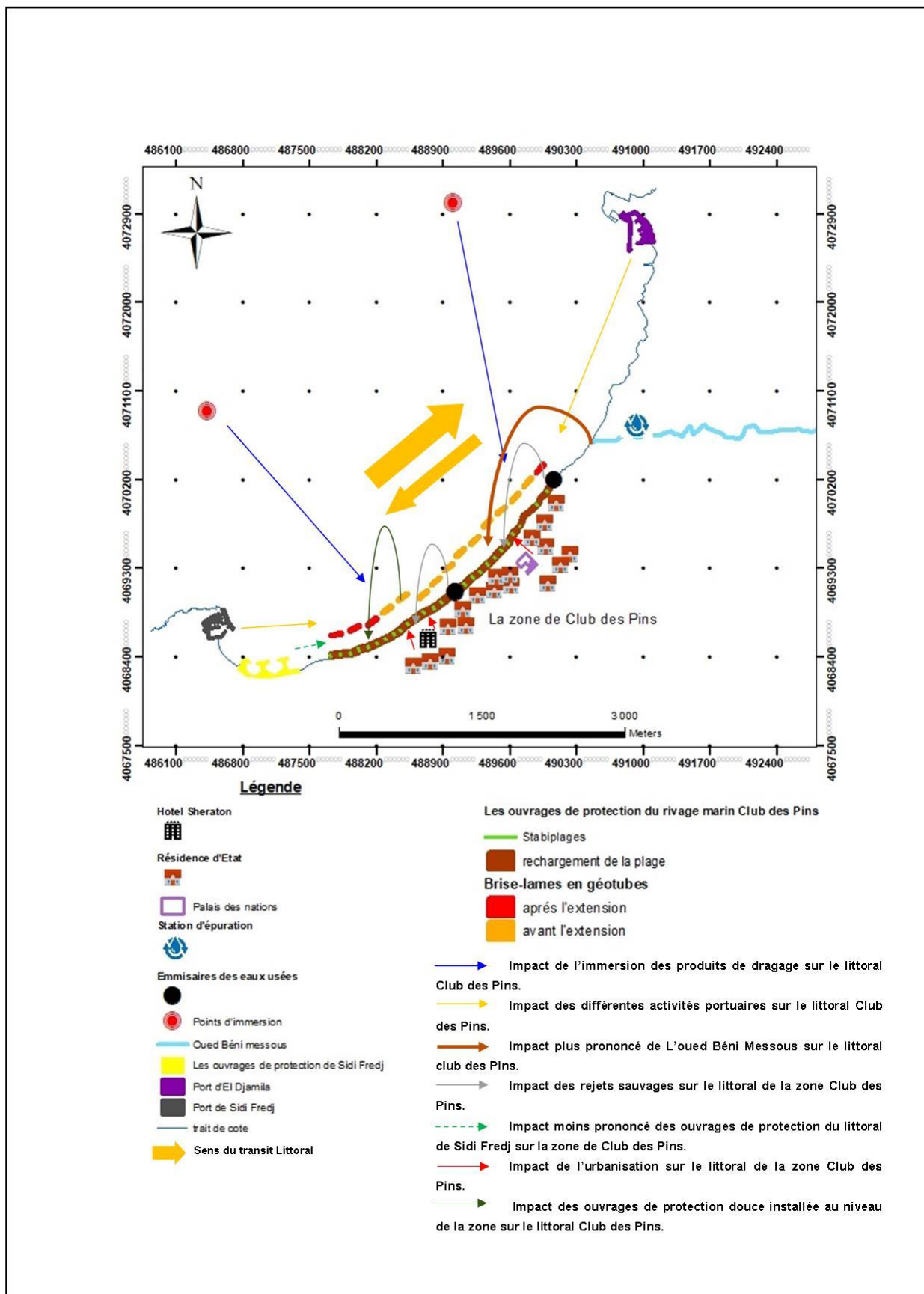


Figure 58 : Situation de la zone du Club des Pins à l'issus du projet de protection

Tableau 16: Tableau explicatif de différents impacts sur la zone de Club des Pins

Impact	Type de l'impact	explication
Impact de l'immersion des produits de dragage sur le littoral Club des Pins.	Négatif	Les produits de dragage contiennent une multitude de formes de pollution (la contamination des sédiments est principalement due aux rejets industriels, urbains et agricoles, entraînant l'apport d'un grand nombre de substances toxiques, ces derniers sont considérés comme une destination finale vers les sédiments qui deviennent une réserve toxique potentiellement mobilisable. Lors de l'opération d'immersion les courants transportent une grande partie des sédiments fins vers la côte (les sédiments fins ont une teneur en matière organique élevée, et elles contiennent une quantité appréciable de sulfures et sont anoxiques (Alzieu et al, 1999)), c'est surtout le courant algérien qui est responsable de cette opération de transfert des sédiments pollués vers la côte.
Impact des différentes activités portuaires sur le littoral Club des Pins.	Négatif	Les deux ports de Sidi Fredj et d'El Djamilia peuvent être à l'origine de plusieurs sources de pollution liées aux rejets de différentes activités qui s'y exercent. Quatre types de pollution peuvent être distingués : <ul style="list-style-type: none"> • La pollution organique ou bactérienne due aux rejets clandestins par les bateaux habités, ou de rejets extérieurs (eaux pluviales) ; • La pollution chimique due aux activités nautiques (résidus issus des opérations de carénage ou de peinture, détergents ...); • La pollution par les macros (déchets flottants) ; • La pollution par les rejets de dragage en mer.
Impact de L'oued Béni Messous sur le littoral Club des Pins.	Positif	L'Oued de Béni Messous est la source principale des sédiments terrigènes dans la zone, il alimente la plage Club des Pins grâce aux courants Cross-shore qui distribuent les sédiments apportés par l'oued le long des plages avoisinantes
	Négatif	Les rejets de l'oued Béni Messous peuvent causer une pollution microbiologique et physico-chimique des eaux de la plage Club des Pins, l'une des principales sources de contamination de la plage « les dunes » durant l'année 2008 est évidemment les eaux usées apportées par l'oued de Béni-Messous, puisque ce dernier se déverse directement dans cette zone. La construction de la station d'épuration des eaux usées de Béni Messous a permis de réduire la pollution des eaux de l'oued Béni Messous jusqu'à 95% et donc la disparition de cet impact négatif.
Impact des rejets sauvages sur le littoral de la zone Club des Pins.	Négatif	La pollution physico-chimique des eaux (par les émissaires et les ports) peut participer à la dégradation de la qualité des eaux et au recul des herbiers à posidonie vers le large. Ces herbiers ont un rôle naturel de protection de la plage selon trois aspects : ils réduisent l'énergie de la houle lorsqu'elle se propage au-dessus de l'eau ; ils fixent les sédiments ; enfin, leurs masses mortes, lorsqu'elles s'échouent sur la plage ont un rôle de maintien du sable de plage.
Impact des ouvrages de protection de Sidi Fredj sur le littoral de la zone de Club des Pins.	Négatif	Quand le transfert sédimentaire côtier est suffisamment abondant, ces ouvrages mixtes (épaves + brise-lames) arrivent à stabiliser des plages. Mais leur désavantage fondamental est d'aggraver la situation à l'aval du secteur qu'ils réussissent parfois à protéger. Ils déplacent le problème en le rendant souvent plus aigu ailleurs (Roland Paskoff, 1993). c'est le cas des ouvrages de protection de la plage de Sidi Fredj qui ont réussi à bien engraisser la plage devant l'hôtel El Riyadh en aggravant l'érosion au niveau de la plage Club des Pins.
Impact de l'urbanisation sur le littoral de la zone Club des Pins.	Négatif	L'Urbanisation littorale peut causer : <ul style="list-style-type: none"> • La pollution des eaux littorales. • La raréfaction ou extinction d'espèces animales et végétales. • L'érosion de plages. • La destruction de dunes. • La dégradation de sites remarquables par leur beauté naturelle ou leur intérêt scientifique.
	Positif	La zone de Club des Pins est une résidence hautement protégée et dispose d'infrastructures importantes dont : <ol style="list-style-type: none"> 1. la résidence el sahel qui est la résidence du chef d'état qui comprend sur son territoire : <ul style="list-style-type: none"> • la nouvelle résidence d'état • le palais des nations qui sert pour la réception des conférences internationales importantes et d'hôtes de marque. • ensemble d'un millier de villas et chalets attribuées à des personnalités importantes de l'état. • une plage privée • centre international de conférences • palais des congrès réservés aux chefs d'état 2. hôtel Sheraton Club des Pins qui est un hôtel 5 étoiles possédant une plage privée entre la résidence el Sahel et la plage Moretti 3. Moretti qui est une zone de villas à accès restreint comprenant une plage privée L'existence d'une urbanisation de telle importance sur cette zone a donné à la plage une grande importance et un intérêt particulier et a fait que les autorités y présentent un intérêt particulier notamment pour la protection du rivage marin qui sa détérioration causerait d'énormes dommages

Impact des ouvrages de protection douce installée au niveau de la zone sur le littoral Club des Pins.	Positif	<p>sur le plan urbanistique et environnementale.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les Brise-lames Ils ont pour but de protéger la plage et « casser » les vagues avant qu'elles n'atteignent l'estran qui ne subit plus l'impact direct du déferlement lors des tempêtes, les brise-lames créent entre eux et le trait de côte une zone d'ombre où se produisent des atterrissements dus au freinage de la dérive littorale. Les brise-lames submergés dont l'arasement proche du niveau de l'eau arrête les grosses houles tout en permettant le passage des petites vagues, ce qui évite une interruption totale du transfert littoral. De tels brise-lames ont aussi l'avantage de ne pas être visibles, donc de ne pas modifier le paysage (PASKOFF R, 1993). • Les Stabipalges Les stabiplages perpendiculaires vont permettre le captage naturel du sédiment en transit dans la dérive littoral (www.stabiplage.com) : <ul style="list-style-type: none"> - Réhabilitation de la plage. - Augmentation de la surface utile de plage. - Protection des infrastructures de haut de plage. • Le rechargement de la plage Il s'agit d'une méthode douce qui, en corrigeant un déficit sédimentaire, s'attaque à l'origine du mal principal qui ronge le rivage, sans perturber, comme le font les ouvrages de défense contre la mer, le jeu naturel des processus dynamiques littoraux (PASKOFF R, 1992).
---	----------------	---

5.2. Conclusion

A l'issue du projet de protection du rivage marin de la zone Club des Pins, quelques impacts négatifs vont diminuer voir disparaître, tel que l'impact des aménagement adjacents sur la zone, on remarque aussi que certains impacts positifs vont devenir plus importants tel que l'impact positif de l'oued Béni Messous qui va participer à l'engraissement de la plage Club des Pins grâce à l'installation des ouvrages de protection douce qui vont bloquer les sédiments apporter par l'oued par le blocage des courants de retour.

Un plan de gestion de l'environnement de la zone Club des Pins est proposé dans l'annexe numéro 02.

**Chapitre IV : Projet
d'aménagement et de protection
de la plage Club des Pins**

1. Contexte du projet de protection

Depuis plusieurs années, la plage de Club des Pins subit l'action de la houle, ce qui se traduit par de nombreux dommages tels que : un recul important du trait de côte et une dégradation des infrastructures du haut de plage (route, habitations...). Face de tels problèmes, différentes solutions de protection ont été étudiées afin, de retenir la plus adaptée, tant en terme de protection contre l'érosion par la mer qu'en terme d'impact visuel ou environnemental.

L'étude de protection du rivage du site de Club des Pins a été confiée au Laboratoire d'Etudes Maritimes (LEM) et réalisée entre 2009/2011. Une étude d'extension de ces travaux a été lancée en 2015 par le bureau d'étude HMI.

2. Les différentes solutions envisagées

En termes de propositions de solutions / au vu du diagnostic réalisé du site, plusieurs types d'aménagements différents pour protéger le site de la plage de Club des Pins ont été proposés et étudiés ainsi, trois (03) types de solutions de protection de la plage de Club des Pins ont été proposés en phase d'Avant-Projet Sommaire (APS), qui consiste en :

- Solution 01 : Brise-lames immergés en enrochement ;
- Solution 02 : Brise-lames immergés en enrochements + rechargement de la plage ;
- Solution 03 : Brise-lames immergés en géotextiles + rechargement de la plage.

La coupe de principe des solutions envisagées est résumée par la figure suivante :

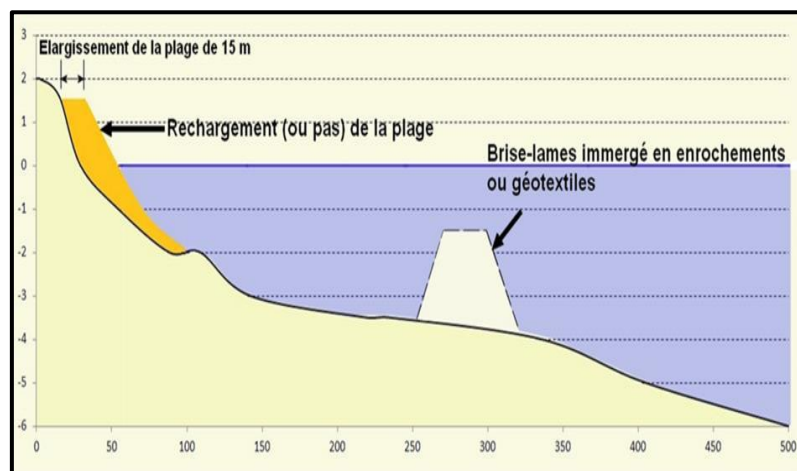


Figure 59: Coupe de principe des solutions d'aménagement envisagées sur le littoral de Club des Pins

3. Solution retenue pour la protection de la plage du Club des Pins

Pour comparer les différentes solutions proposées, une analyse multicritères a été réalisée. Les critères de comparaison pris en compte dans le cadre de cette analyse étaient les suivants :

- Efficacité technique de la solution en termes d'impact hydrauliques sur les structures de haut de plage ;
- Impact environnemental et présence d'herbiers de Posidonies ;
- Impact visuel notamment du fait du site particulièrement sensible ;
- Des activités nautiques notamment pendant la période estivale ;

- Coût de la solution.

A l'issue de cette analyse comparative, la direction des travaux publics de la wilaya d'Alger a fait son choix de la variante n° 03 (batterie de brise-lames immergés en géotextiles + rechargement de plage).

Afin d'affiner la solution 3 retenue en APS, plusieurs types de dimensionnements ont été testés en modèle réduit physique en bassin sur fond fixe et en canal à houle sur fond mobile.

Les travaux comprennent toutes les fournitures et mise en œuvre nécessaires à la réalisation de la protection du site de Club des Pins sur 3 000 ml :

- Une digue sous-marine composée de quinze (15) « brise-lames » immergés constitués de géotubes de diamètre (\varnothing) 4.00m et 4.50m sur près de 3 000 ml posés à une profondeur de -3.50m le long du littoral et disposés selon le plan d'implantation des ouvrages et le plan masse à distance de la ligne de côte.
- Du rechargement de la plage, sur la même longueur tout en la dotant d'un dispositif de vingt (28) géotubes transversaux semi enterrés pour la stabilisation du sable mis en place (Stabiplates) de diamètre 1.00 m et de longueur variable de 28 m à 55 m.

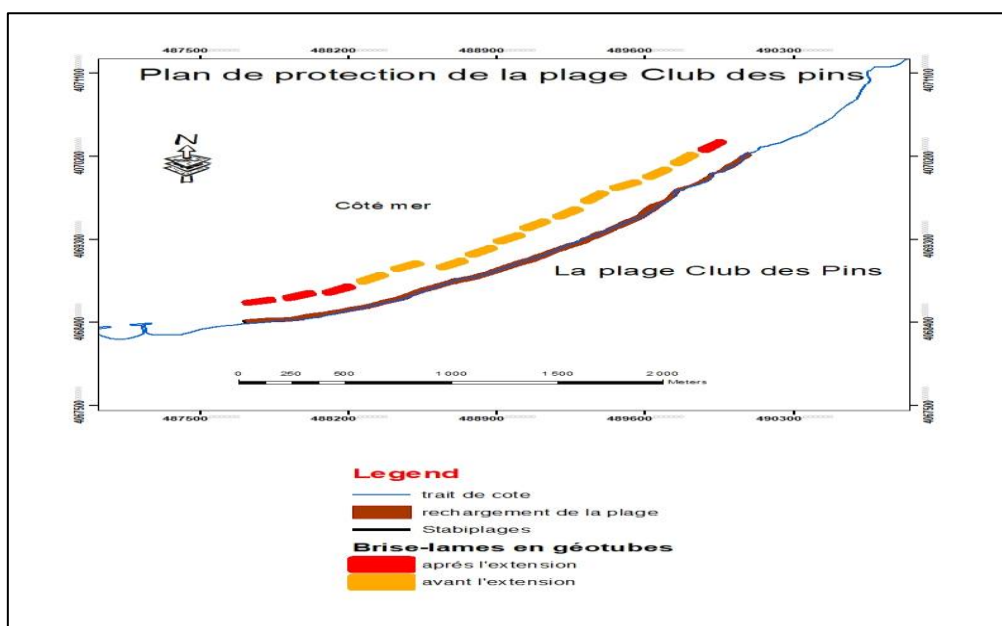


Figure 60 : Plan de protection du rivage marin de la plage Club des Pins

3.1. Caractéristiques Techniques de la solution retenue

Le but de cette partie est de présenter les caractéristiques techniques de la solution finale retenue à l'issue des études préliminaires, des essais physiques et d'après les critères identifiés pour l'élaboration de la solution.

3.1.1. Critères de projet

- Critères d'efficacité

On présente dans le tableau ci-dessous les caractéristiques au large des plus fortes tempêtes ayant balayé le site du Club des Pins de 2001 à 2008, issues des données WW3.

Tableau 17: Caractéristiques des tempêtes qui ont frappé La plage du Club des Pins entre 2001 et 2008

Date	Hs (m)	Direction (° N)	Tp (s)
11/11/2001	5,9	354	10,3
31/01/2003	5,9	346	10,5
30/12/2004	5,5	26	11,6
19/03/2008	5,0	26	10,5

Quatre tempêtes importantes ont donc été relevées depuis le début des enregistrements des données WW3 ; toutes en hiver : mi-novembre 2001, fin janvier 2003, fin décembre 2004, et en mars 2008. Ces houles dont les hauteurs significatives étaient supérieures à Hs=5,0 m possédaient des périodes pics comprises entre Tp=10,3 s et Tp=11,6 s. De même, ces houles provenaient toute du secteur Nord (N 346° au N 26°).

Les observations réalisées par le LEM sur la plage du Club des Pins avaient mis en évidence des dégâts importants à la suite de tempêtes au cours de l'année 2007. Les données WW3 ont effectivement révélé des séries de tempêtes.

Tableau 18 : Caractéristiques de la tempête de l'année 2007

Date	Hs (m)	Direction (° N)	Tp (S)
09/02/2007	3,9	267	5,2
08/03/2007	4,9	291	6,3
09/03/2007	4,4	17	9,4
11/03/2007	4,4	24	10,0
20/03/2007	3,8	350	8,4

N'ayant pas de données exactes quant à l'influence de chacune de ces tempêtes sur le trait de côte, nous avons décidé de prendre la houle la plus conservatrice. Ainsi, la houle de projet utilisée pour le dimensionnement possède les caractéristiques au large suivantes :

- Direction: N 360 °
- Hs = 4,9 m
- Tp = 10 s

Il est rappelé que le but de la solution est de diminuer la hauteur de la houle de 50% pour ne pas qu'elle atteigne les infrastructures d'une part, et qu'elle n'affecte pas trop la plage nouvellement engraisée d'autre part.

• Critère paysager

La solution technique se doit d'être intégrée au paysage. Pour cela, elle ne doit pas avoir un impact visuel négatif sur l'aspect esthétique de la plage de Club des Pins.

3.1.2. Réponse aux critères d'efficacité

Les modèles numériques, les calculs théoriques et les modèles bidimensionnels et tridimensionnels employés ont permis de vérifier la réponse aux critères d'efficacité de la solution retenue.

• Protection de la Plage

A partir de l'analyse des essais obtenus sur le modèle physique, la solution avec élargissement de la plage couplé à un ouvrage arasé à -1.25 m NGA et implanté à -3.0 m NGA permet, par rapport à la situation actuelle, de réduire considérablement l'impact hydraulique. De plus, les calculs théoriques

ont montré que l'utilisation de l'ouvrage arasé à -1.0 m NGA et implanté à - 3.5 m NGA permettait d'avoir, au moins, des résultats aussi probants.

- **Atténuation de la houle par l'ouvrage**

Le modèle 3D a permis de conforter les résultats des coefficients de transmissions calculés théoriquement. Ainsi, l'utilisation d'un ouvrage correspondant à la Solution 3 montre une atténuation de la houle de 55 % à 60 % environ pour les houles équivalentes à la hauteur significative au déferlement et au-dessus (dont l'impact sur le trait de côte est très important), et de 0 à 50 % pour les houles inférieures (n'ayant pas d'influence sur le trait de côte).

- **Rechargement de la plage**

L'élargissement de la plage d'au moins 12 m en berme permet de reculer la position du Run-up1 des houles en cas de tempête (risque de submersion) et permet ainsi de préserver les infrastructures de haut de plage. Pour une bonne pérennité, le sable d'apport doit avoir une granulométrie au moins égale (si possible supérieure) au sable présent sur le site. Ce qui conduit à un matériau d'apport ayant les caractéristiques suivantes:

- Diamètre moyen : $0.500 \text{ mm} < D50 < 0.700 \text{ mm}$.
- Volume total de sable de rechargement : 50 000 m³.

3.2. Règles De calcul

3.2.1. Brise-lame immergé en géotubes

Les brise-lames sont disposés approximativement parallèlement à la côte. Ils ont pour objectif la réduction de la houle et de favoriser le dépôt des sédiments par les courants induits (induced currents) par la diffraction de la houle.

Les effets d'un brise-lames sur la plage vont dépendre des paramètres suivants :

- Sa longueur,
- Sa distance à la côte,
- Sa côte d'arasement (submersible ou insubmersible).

Pour une batterie de brise lames, l'écartement entre brise lames est un facteur essentiel. Il n'y a pas de lois bien établies, cependant il existe quelques principes généraux dans le cas d'un brise-lames implanté dans la zone de déferlement.

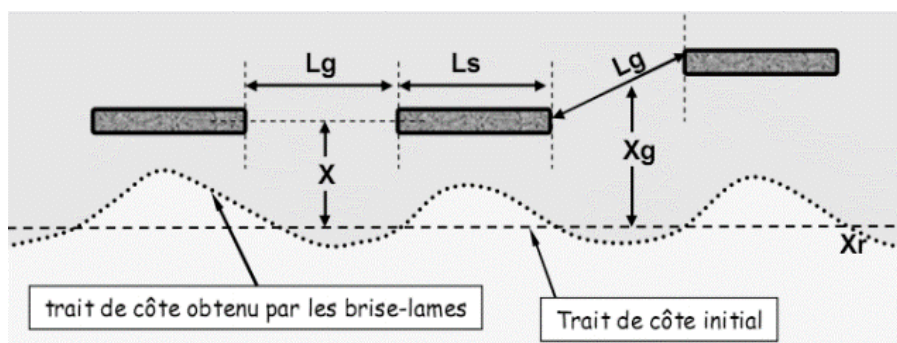


Figure 61 : Description des éléments d'effet de brise-lames, (D'après J. Viguier 2002)

- L_s : longueur du brise-lames (m),
- L_g : longueur d'ouverture entre 2 brise-lames,
- X : distance entre brise lames, et le trait de côte initial,
- X_g : distance entre le centre de l'ouverture et le trait de côte initial ($X_g = X$ si les brise-lames sont alignés),
- X_r : recul du trait de côte face à l'ouverture entre deux brise-lames.

Il existe une influence de la longueur de brise lames sur la formation du dépôt de sédiments, dénommé tombolo qui se forme derrière le brise lames et qui va dépendre essentiellement du rapport L_s/X :

- Pour $L_s / X \geq 1 \Rightarrow$ le tombolo se rattachera au brise lames au fur et à mesure que le rapport s'accroîtra.
- Pour $L_s / X < 1 \Rightarrow$ le tombolo ne se rattachera pas au brise lames et en sera d'autant plus éloigné que ce rapport diminuera.
- Pour $L_s / X < 0.3 \Rightarrow$ le brise lames n'aura pratiquement pas d'effet sur la plage.

Pour les côtes méditerranéennes, et selon les expériences préconisées par le Centre des Etudes Techniques Maritimes et Fluviales (CETMEF) des tombolos peuvent être obtenus à l'abri de brise-lames non submersibles lorsque : $0.6 X < L_s < 1,3 X$.

La longueur de l'ouvrage est souvent comprise entre 0.6 et 1.3 fois sa distance à la côte. Dans le cas d'une batterie de brise -lames, il convient de prendre en considération :

- $L_g / X \geq 1,3$: L'écartement des brise- lames est trop grand, un recul très important du trait de côte se produira face à l'ouverture.
- $0.8 \leq L_g / X \leq 1,3$: Un recul du trait de côte peut se produire face à l'ouverture, (un apport de sable initial permet de limiter voire supprimer ce recul).
- $L_g / X \leq 0,8$: Pas de recul du trait de côte face à l'ouverture mais le linéaire d'ouvrage par rapport au linéaire protégé augmente.

3.2.2. Calcul de la stabilité des géotubes

Pour la stabilité des géotubes on va utiliser la formule suivante (W. Pilarczyk, 2000)

$$H_s / (\Delta \cdot b) < 1$$

H_s : la hauteur significative des vagues au pied de l'ouvrage ($H_s = H_d = 2,25m$),

b : la largeur du géotube,

Avec : $\Delta = (1-n) * (\gamma_s - \gamma_w / \gamma_w)$

n : La porosité du sable (30%)

γ_s : La masse volumique de sable utilisé pour remplir le géotube ($1,8 t/m^3$),

γ_w : la masse volumique de l'eau de mer ($1,028 t/m^3$),

On obtient :

✓ Pour une largeur du géotube de 5.7 m :
 $H_s / (\Delta \cdot b) = 0, < 1$ (La condition est vérifiée)

Cette valeur est en accord avec les résultats expérimentaux

✓ Pour une largeur du géotube de 5.1 m :
 $H_s / (\Delta \cdot b) = 0, < 1$ (La condition est vérifiée)

Cette valeur est en accord avec les résultats expérimentaux

4. Description détaillée du projet

4.1. Notions de Base

4.1.1. Brise-Lames

Sur les fonds, parallèlement au tracé de la côte, ont pour but d'atténuer ou de supprimer l'impact des vagues sur un rivage en réfléchissant ou en absorbant leur énergie avant qu'elles ne l'atteignent. Ils provoquent une décélération de la dérive littorale en diffractant aussi la houle lorsqu'elle heurte les extrémités des brise-lames induisent une sédimentation à leur abri. Parfois rattachement des côtes aux Brise-lames, on les appelle des Tombolos. Les brise-lames arrêtent l'érosion des côtes et accroissent en superficie des plages. En accroissant la sédimentation dans la zone d'ombre qu'ils créent, ils provoquent dans le secteur immédiatement adjacent à l'aval, dans le sens de la dérive littorale, un déficit de matériaux qui accentue les phénomènes d'érosion. (PASKOFF Roland 1993).

4.1.2. Géotubes

Les géotubes sont de longues structures tubulaires remplies par injection hydraulique directement sur le site. L'enveloppe géotextile est tissée afin d'offrir une haute résistance pour accueillir les matériaux, surtout du sable, qui la rempliront (Shin and Oh 2007). Un tapis anti-affouillement peut aussi être installé sous le géotube. Le géotube est rempli hydrauliquement à sec ou partiellement submergé. Le type de pompe utilisé peut varier d'une petite pompe submersible à une pompe utilisée en dragage, selon le type de projet. La pompe hydraulique est branchée sur les points d'injection localisés le long du tube. Lors du remplissage, l'eau sort par les pores du géotextile et le sable reste dans le tube. Dès que le géotube atteint la hauteur requise (1.5 à 5 m), les points d'injection sont fermés.

4.1.3. Stabiplage

Il s'agit de gros et longs «boudins» de matière poreuse et souple que l'on remplit de sédiments et que l'on immerge soit en pied de dune à sec, soit tout ou partie dans l'eau, en long ou en travers.

La porosité et la souplesse, mais aussi la cohésion de l'ensemble font que l'ouvrage résiste sans casser, ne s'enfoncé pas (système d'ancrage profond), évite les effets de «suction» par les houles et la forme «douce» évite le développement de clapots qui empêcheraient le dépôt du sable. L'avantage est aussi que les plantes aériennes ou aquatiques peuvent prendre racine dans l'enveloppe poreuse.

4.1.4. Confortement Dunaire

Un cordon dunaire en bon état, capable d'assurer la protection des terres arrière-littorales de façon pérenne, est un cordon stabilisé grâce à une couverture végétale importante (plantations d'oyats) pouvant être renforcée par l'installation de ganivelles et/ou de fascines ou de tout obstacle implanté face aux vents capable d'arrêter une partie du transit sédimentaire éolien et de favoriser ainsi la création et/ou la stabilisation des dunes.

4.2. Consistance des travaux à réaliser

Les travaux mise en œuvre nécessaire à la réalisation du projet de protection de la plage de Club des Pins sont les suivants :

Section 1 : Installation du chantier et repliement ;

Section 2 : Terrassement (remblais – déblais) ;

Section 3 : Ouvrage de protection ;

Section 4 : Reconnaissance, analyses et reprofilage éventuel des fonds préalables aux travaux.

4.2.1. Installation du chantier et repliement

L'installation de chantier peut occuper une surface d'environ 200 m², il comprend tous les équipements et installations pour :

- L'exploitation des carrières ;
- Le tri et le pesage des matériaux ;
- Les moyens de transport et de manutention ;
- Le camp de chantier, les bureaux, l'infirmerie de première assistance ou tout autre imprévu.



Figure 62 : Installation du chantier

4.2.2. Terrassement (Remblais/Déblais)

Les travaux de terrassement par le remblaiement et le déblaiement comprennent :

- Les déblais et remblais pour l'ancrage des stabiplates sur la plage à 0,50 m sur une largeur de 1,50 m et une longueur variant entre 20 et 55 m. Ces stabiplates une fois ancrés seront recouvert par une couche de sable de 0,50 m d'épaisseur
- Le reprofilage préalable à la pose des géotubes pour réaliser une plate-forme horizontale perpendiculaire à l'axe des géotubes. Le reprofilage sera réalisé dans le cas où le fond marin montre des variations ne permettant pas de respecter la cote d'arase indiquées sur plan pour chaque géotube. Ce reprofilage sera réalisé avec un matériau dont la catégorie est laissée.
- Le rechargement de la plage par la mise en place du sable de carrière dont le diamètre moyen des grains varie entre 0,500 et 0,700 mm sur un linéaire de 3000 ml. La hauteur de rechargement est de 0,5 m. La hauteur de rechargement est de 0.50m. Le volume global de sable de rechargement à mettre en place est estimé à 75.000 m³, soit 25 m³ par mètre linéaire de plage. L'étalement du sable sur la plage se fera avec une pente de 1/15 (6,7 %).

4.2.3. Ouvrages de protection

Les ouvrages de protection consistent en :

- Quinze (15) brise-lames en géotextiles tissés immergés (géotubes) posés sur une longueur de près de 3 000 m (digues sous-marines) à une profondeur variant entre -3m et -4.50m
- Vingt-huit (28) Stabiplates implantés sur la plage aérienne.

4.2.3.1. Brise-lames en géotextile

- **Caractéristiques des Brise-Lames**

La longueur totale de la protection du rivage par 15 digues sous-marines est d'environ 3 000 ml (15 brise-lames de 115m de long chacun avec 80m d'espacement entre eux). La digue sous-marine sera arasée à la cote -1.00m en moyenne (variant de -0.60m à -1.80m en fonction du type de géotube utilisé). Elle est implantée à une distance variant entre 140m à 260m de la cote selon le plan d'implantation des ouvrages.

Cette digue sera constituée de boudins en géotextiles tissés renforcés à l'intérieur par un géotextile non tissé remplis de sable de mer prélevé sur place et pompé sur place dans les géotubes. Ces boudins seront disposés sur un tapis anti-affouillement en géotextile lui-même lesté par des boudins d'ancrage de 0.50m de diamètre comme illustré sur le schéma de principe ci-dessous (figures 5 et 6) ces lests devront être ensouillés après leur remplissage par du sable de mer. Ce tapis anti-affouillement sera de 125m de long pour une largeur variant de 25.30m à 27.10m selon le type de boudin employé, 4.00m ou 4.50m de diamètre.

Les dispositions prévues dans le CPS, prévoit le reprofilage des fonds avant la mise en place des boudins dans le cas où la bathymétrie d'avant-projet révèle des irrégularités dans le fonds, d'ajuster ces fonds par la mise en place de TVC (0-200kg).

L'avis technique du BET HMI sur ce détail, est que les tapis anti-affouillements ainsi que les boudins doivent être mis en place directement sur le sable au vu du risque de déchirure des enveloppes des géotubes, qui devaient être posés initialement directement sur du TVC de carrière qui comporte des arêtes vives.

Les fonds doivent être profilés en sable de mer et non en TVC. Mais généralement ce reprofilage n'est pas réalisé, car il est difficile à exécuter.

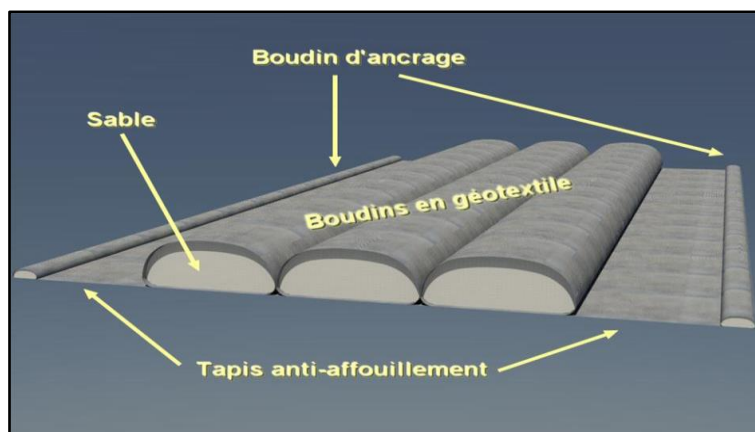


Figure 63 : Schéma de principe du brise-lames en géotextile (1/2)

Chacun des 15 brise-lames sera composé de 3 rangées de boudins adossés dans le sens de la largeur comme indiqué sur le schéma ci-dessous. Chacune des rangées sera formée, dans le sens de la longueur, d'un boudin de 25 m et de 3 de 30 m dont la disposition variera suivant les rangées.

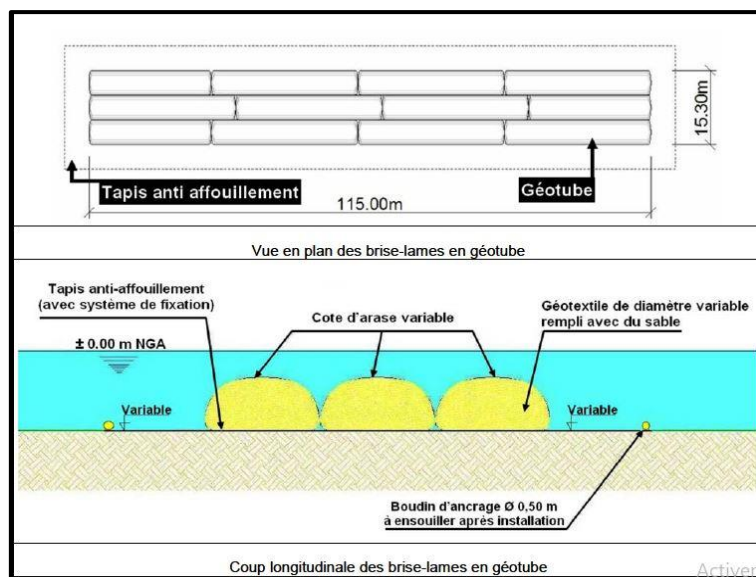


Figure 64 : Schéma de principe du Brise-lames en géotextile (2/2)

Les boudins en géotextiles seront pré confectionnés en usine et devront permettre d'obtenir une digue avec les caractéristiques suivantes :

- Une cote d'arase moyenne de -1.00m
- Une largeur minimale après pose variant entre 15.30m et 17.10m en fonction du brise-lames (09 BL de 115m x 17.10m et 06 BL de 115m x 15.30m)

Il est impératif que l'arase supérieure de la digue sous-marine soit respectée pour assurer l'efficacité de l'ouvrage en terme d'atténuation de la houle (atténuateur de houle).

• Présentation détaillée des Brise-lames en géotubes

Du fait de la longueur de la plage à protéger et pour assurer une bonne circulation des eaux, l'ouvrage sera composé de 15 brise-lames de 115m de longueur séparés d'environ 80m comme indiqué sur la FIG. N° 2 et l'annexe 1. Les brise-lames devront être réalisés avec des boudins dont les longueurs varient entre 25m et 35m et d'un diamètre avant pose de 4m et 4.50m (Voir tableau ci-après).

Chacun des 15 brise-lames sera composé de 3 rangées de boudins adossés dans le sens de la largeur, chacune de ces rangées sera formée dans le sens de la longueur, d'un (1) boudin de 25m, (2) deux boudins de 30m et d'un boudin de 35m. La disposition des boudins variera suivant les rangées. (Total 115m) (Voir fig. 5 et 6)

Les brise-lames devront être installés sur du sable. Ainsi, certains devront être installés légèrement plus au large que d'autres pour éviter le faciès rocheux existant sur le site ; Ce qui implique une implantation de ceux-ci à des profondeurs plus importantes. (Voir annexe 1)

Afin de respecter une cote d'arase plus ou moins identique, deux types de boudins seront adoptés :

- Des boudins de 4.00m de diamètre (avant pose) en fonction de la profondeur d'eau

- Des boudins de 4.50m de diamètre (avant pose) en fonction de la profondeur d'eau

Les caractéristiques après pose et remplissage sont respectivement de 2,4 m et 2,7 m en hauteur et 5,1 m et 5,7 m en largeur.

Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques des 15 brise-lames en géotextile mises en œuvre pour la protection de la plage de Club des Pins.

Tableau 19 : Caractéristiques des Brise-lames en géotextile

N° BL	Nbr boud 25m/r	Nbr boud 30m/r	Ø (m) géot avant pose	H (m) géot après pose	L (m) géot après pose	L (m) Brise lames (m)	larg ouv (3rang)	Larg tapis AA (m)	Profondeur d'implantation min/max (m)	Cote d'arase théorique min/max (m)
01	1	3	4,5	2,7	5,7	115	17,1	27,1	-3,35/-3,77	-0,6/-0,74
02	1	3	4,5	2,7	5,7	115	17,1	27,1	-3,63/-4,20	-0,95/-1,26
03	1	3	4	2,4	5,1	115	15,3	25,3	-3,20/-3,55	-0,90/-1,02
04	1	3	4	2,4	5,1	115	15,3	25,3	-3,30/-3,70	-1,05/-1,22
05	1	3	4	2,4	5,1	115	15,3	25,3	-3,30/-3,60	-0,97/-1,05
06	1	3	4,5	2,7	5,7	115	17,1	27,1	-3,60/-4,00	-0,92/-1,13
07	1	3	4,5	2,7	5,7	115	17,1	27,1	-3,40/-3,60	-0,72/0,77
08	1	3	4,5	2,7	5,7	115	17,1	27,1	-3,70/-4,30	-1,02/-1,30
09	1	3	4,5	2,7	5,7	115	17,1	27,1	-3,65/-4,25	-1,02/-1,30
10	1	3	4	2,4	5,1	115	15,3	25,3	-3,25/-3,70	-0,97/-1,14
11	1	3	4	2,4	5,1	115	15,3	25,3	-3,00/-3,60	-0,76/-0,96
12	1	3	4	2,4	5,1	115	15,3	25,3	-3,23/-3,68	-0,97/-1,14
13	1	3	4,5	2,7	5,7	115	17,1	27,1	-3,68/-4,32	-1,05/-1,30
14	1	3	4,5	2,7	5,7	115	17,1	27,1	-3,68/-4,32	-1,05/-1,30
15	1	3	4,5	2,7	5,7	115	17,1	27,1	-3,68/-4,32	-1,05/-1,30

Les brise-lames feront tous 115 m de longueur mais la largeur sera de 15,3 m pour ceux utilisant des boudins de 4,0 m de diamètre, et de 17,1 m pour ceux utilisant des boudins de 4,5 m de diamètre.

Ces boudins après pose et remplissage auront respectivement :

- 2.40 m de hauteur et 5.10m de largeur pour le boudin de 4.00m de diamètre
- 2.70 m de hauteur et 5.70m de largeur pour le boudin de 4.50m de diamètre

Les tapis anti-affouillement en géotextile devra dépasser de 5m de part et d'autre des brise-lames tant dans les sens de la largeur que dans le sens de la longueur.

- Il aura donc une longueur de 125m
- une largeur de 25.30m pour les BL utilisant des boudins de 4m

- une largeur de 27.10m pour les BL utilisant des boudins de 4.50m

Les cotes d'arase minimales et maximales sur chacun des brise-lames sont données dans le tableau N° 1 à titre indicatif, sachant que la zone d'implantation de la digue est située avant la profondeur de fermeture et donc que les fonds sont susceptibles de changer avant les travaux.

C'est pourquoi il est demandé au groupement un levé bathymétrique préalablement au démarrage des travaux qui sera contrôlé contradictoirement par le BET chargé du suivi qui fera son propre levé (150 Ha environ) soit 3000ml × 500ml (jusqu'à la profondeur de 7m environ).

- **Principe de mise en œuvre des Brise-Lames**

La mise en œuvre des brise-lames immergés en géotextile se fait généralement par voie maritime. Pour ce faire, il devra être réalisé en premier lieu un reprofilage des fonds qui consiste à réaliser une plate-forme horizontale perpendiculaire à l'axe des géotubes, Le reprofilage sera réalisé dans le cas où le fond marin montre des variations ne permettant pas de respecter la cote d'arase définie sur les plans,

Les modalités de mise en œuvre sont les suivantes :

- Mise en place d'un ancrage provisoire autour de l'emplacement prévu pour le tapis anti-affouillement;
- Mise en flottaison du tapis anti-affouillement en géotextile ;
- Remplissage des boudins de lestage du tapis en géotextile avec du sable au moyen d'une pompe hydraulique ;
- Plaquage du tapis anti-affouillement sur le fond préalablement reprofilé (si nécessaire) ;
- Mise en place de points de fixation provisoire de part et d'autre tous les 5 m permettant d'assurer et de garantir la bonne implantation des géotubes;
- Mise en flottaison du boudin en géotextile ;
- Remplissage du boudin en géotextile avec du sable au moyen d'une pompe hydraulique successivement sur les cheminées ;
- Continuité des boudins dans le sens de la longueur assurée par un recouvrement d'environ 5,0 m, l'élément rempli reposant toujours sur l'élément à remplir ;
- Fermeture des cheminées de remplissage une fois le remplissage et la densité atteinte (après essorage).

Le sable de remplissage sera amené par voie terrestre dans un bassin de décantation aménagé sur la plage puis repris par pompe hydraulique afin d'être acheminé par conduite dans les boudins.

4.2.3.2. Stabiages

- **Principe des Stabiages**

La technologie du Stabiage a été mise au point dans la perspective d'offrir une méthode douce de protection contre l'érosion. A ce titre les ouvrages sont conçus pour s'intégrer de façon optimale dans l'écosystème : intégration dans la dynamique sédimentaire naturelle, respect de la biomasse et des usagers.

Le Stabiage ne bouleverse pas la nature. Il ne bouleverse pas non plus les équilibres qui la régissent, il les assiste.

La technique a été développée à partir d'une bonne connaissance des environnements côtiers, fluviaux et lacustres. Elle s'appuie sur l'utilisation de matériaux de haute qualité pour créer des ouvrages inédits adaptés à chaque site, à chaque écosystème et à chacun de ses besoins.



Figure 65 : Exemple de l'utilisation de la technologie stabiplage, côté droit avant, côté gauche après.

• Caractéristiques des stabiplages

Les stabiplages seront constitués de boudins en géotextile remplis de sables de carrière ancrés à une profondeur de 0,50 m sur la plage aérienne. Le nombre total de stabiplages à mettre en place est de vingt (28). Leurs caractéristiques sont comme suit:

- Largeur : 1,50 m ;
- Hauteur : 1,00 m ;
- Distance entre 2 géotubes : 100 m ;
- Longueur unitaire variant entre 20 et 55 m ;
- Diamètre à vide : 1,60 m.

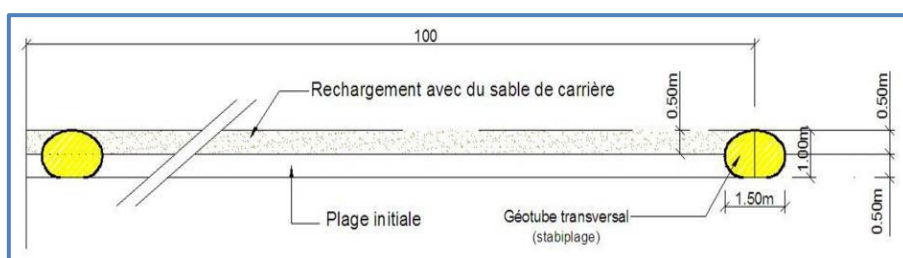


Figure 66 : Coupe longitudinale de la plage : implantation des stabiplages

Le tableau suivant donne une indication sur les dimensions des Stabiplages, diamètre 1,60 m.

Tableau 20: les indications sur les dimensions des Stabiages $\varnothing = 1.60$ m

N° de Stabiages	Longueur (ml)
Stabiage n° 01	46ml.
Stabiage n° 02	51ml.
Stabiage n° 03	51ml.
Stabiage n° 04	51ml.
Stabiage n° 05	55ml
Stabiage n° 06	52ml
Stabiage n° 07	51ml.
Stabiage n° 08	51ml
Stabiage n° 09	51ml.
Stabiage n° 10	53ml.
Stabiage n° 11	55ml
Stabiage n° 12	45ml
Stabiage n° 13	52ml
Stabiage n° 14	45ml
Stabiage n° 15	49ml.
Stabiage n° 16	50ml
Stabiage n° 17	55ml.
Stabiage n° 18	28ml
Stabiage n° 19	34ml
Stabiage n° 20	40ml
Stabiage n°21	50ml
Stabiage n° 22	50ml
Stabiage n° 23	50ml
Stabiage n° 24	50ml
Stabiage n° 25	50ml
Stabiage n° 26	50ml
Stabiage n° 27	50ml
Stabiage n° 28	50ml

- **Mise en œuvre des géotextiles pour les stabiages**

Les boudins en géotextiles (les stabiages) devront être installés par voie terrestre. Les modalités de mise en œuvre sont décrites ci-dessous :

- Mise en place de points de fixation provisoire de part et d'autre tous les 5 m permettant d'assurer et de garantir la bonne implantation des stabiages ;

- Remplissage du boudin en géotextile avec du sable au moyen d'une pompe hydraulique successivement sur les cheminées ;
- Continuité des boudins dans le sens de la longueur assurée par un recouvrement d'environ 5 m, l'élément rempli reposant toujours sur l'élément à remplir ;
- Fermeture des cheminées de remplissage une fois le remplissage et la densité atteinte (après essorage).

4.2.3.3. Rechargement de la plage

• Principe

Le rechargement en sable constitue une solution de protection douce du littoral. Son intérêt principal est de recharger la zone actuellement en processus érosif pour élargir le haut estran afin de créer une plage « sèche » (c'est-à-dire non recouverte par les pleines mers) plus étendue et d'offrir un 'stock' de sable pour la formation des tombolos derrière les brise-lames.

Ceci permettra d'améliorer la sécurité des ouvrages de bordure de mer et de rendre à la plage son rôle de défense contre la mer.

La construction des brise-lames sera accompagnée d'un rechargement en sable de carrière de 50 000 m³ pour la totalité de la plage et sa stabilisation avec la mise en place de vingt (20) géotubes transversaux (stabiplates). Le but étant de stabiliser le trait de côte, d'élargir la plage et de maintenir les matériaux de rechargement en place.

• Granulométrie du sable de Carrière

Le rechargement de la plage doit être fait avec un sable de carrière ayant une granulométrie dont le diamètre moyen des grains varie entre 0,5 et 0,7 mm sur un linéaire de 2 000 m. La hauteur de rechargement est de 0,5 m. Le volume global de sable rechargement à mettre en place est estimé à 50 000 m³, soit 25 m³ par mètre linéaire de plage. L'étalement du sable sur la plage se fera avec une pente de 15/1.

Le remplissage des géotubes doit être fait avec un sable de carrière ayant une granulométrie $\geq 0,3\text{mm}$.

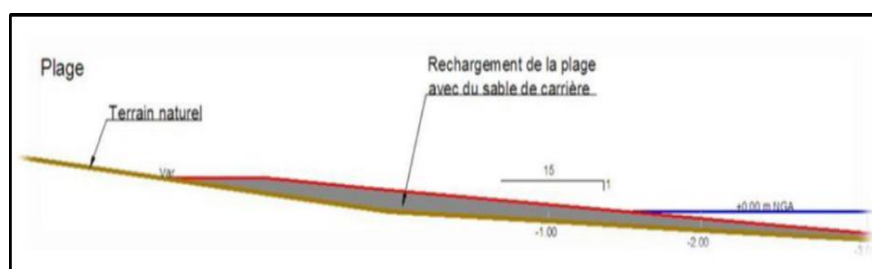


Figure 67 : Coupe type de rechargement de la plage

• Mise en œuvre

Le linéaire côtier total à recharger est de l'ordre de 3 200 m, le volume de rechargement de la plage nécessite un apport d'environ 50 000 m³.

Dans le cadre des opérations de rechargements de la plage de Club des Pins, seule la voie terrestre est préconisée.

Les sables seront amenés à la plage par camions à benne ou dumpers en passant par l'estran. Une fois déversés sur la plage, ils seront étalés vers les petits fonds (pente 1/15) et nivelés à l'aide de bulldozer et/ou chargeur.

4.2.3.4. Carrières et gisements de sable disponibles

Deux types de ressources peuvent être exploités pour le rechargement de la plage du Club des Pins en sable. Une carrière ou un gisement de sable sera exploité.

• Carrières

Les carrières suivantes peuvent être retenues pour une éventuelle exploitation pour les travaux de protection de la plage de Club des Pins :

- Carrière de Diar El Kef (ex Jaubert) à Bab el Oued, Alger ;
- Carrière de Kadarra à Boumerdes ;
- Carrière d'Ammal au Sud –Est de Bourmedes ;
- Carrière de Hamr Al Ain à Tipaza ;
- Carrière de Tabainet Wilaya de Blida.

Dans le cadre de la présente étude, les cinq (05) carrières citées ci-dessus qui présentent le potentiel et les qualités adaptés au projet, peuvent être utilisées mais il est bien évident que ce sera à l'Entreprise adjudicataire des travaux de procéder à l'identification et au choix d'une ou des carrières à utiliser pour le projet. L'Entreprise fournira un dossier complet d'exploitation de carrière avant le démarrage des travaux.

• Gisement de sable

Pour le rechargement de la plage de Club des Pins, le sable peut être prélevé. La possibilité de prélèvement du sable analogue à celui de la plage de Club des Pins nécessite une recherche précise (disponibilité de stock, compatibilité granulométrique, proximité géographique...etc.), les caractéristiques de ce sable devront cependant être précisées pour être en adéquation avec les besoins du site.

4.2.4. Reconnaissances, analyses et reprofilage éventuel des fonds préalables aux travaux

Un levé Topo-bathymétrique de la zone de projet a été réalisé pendant la période de préparation des travaux.

4.2.4.1. Caractéristiques du levé topographique

Le levé topographique a été réalisé sur la zone de rechargement de la plage aérienne (24 Ha) (3 000 ml × 80ml).

Les caractéristiques du levé à réaliser sur la zone du rechargement sont définies ci-après :

- Distance entre chaque profil transversal à la future digue : 10 mètres ;
- Enregistrement d'un point tous les 1 à 2 mètres ;
- Relèvement des points singuliers.

4.2.4.2. Caractéristiques du levé bathymétrique

Le levé bathymétrique a été réalisé sur la zone allant du trait de côte et au-delà de la zone d'implantation des boudins sur une longueur de 3000ml environ 150 Ha environ (3000 ml × 500 ml).

Les caractéristiques du levé à réaliser sur la zone d'implantation de la digue sous-marine sont définies ci-après :

- Distance entre chaque profil transversal à la future digue : 2 mètres au niveau de chacun des 15 brise-lames de 115 m de long ;
- Enregistrement d'un point tous les 10 mètres ;
- Relèvement des points singuliers.
- Prélèvement et analyse des échantillons de sable de mer (selon CPS) rentrant dans le remplissage des boudins du B-L ainsi que les Stabiplates : 80 unités en vue de déterminer la granulométrie du sable de remplissage des géotubes.

Toutes les données recueillies lors de cette étape, visent à actualiser les données recueillies de la zone du projet et seront utilisées par le groupement lors de la préparation du dossier d'exécution et la méthodologie de réalisation des travaux.

4.3. Implantation des ouvrages de protection

L'implantation des Brise-lames et des Stabiplates est réalisée selon le cheminement et tableaux de coordonnées des plans n°05 et 03 (voir Annexe 03 : plans avant-projet détaillé) indiqués dans les tableaux qui suivent ainsi que le schéma d'implantation détaillé d'un BL.

La position de deux stations topographiques est (ST01 et ST02) est indiquée sur le plan n°05 aux coordonnées suivantes :

Tableau 21 : Coordonnées des deux stations topographiques indiquées sur le plan n°05

	ST01	ST02
X	489 412.263	486 491.443
Y	406 9251.572	406 8285.363
Z	22.501	7.208

Tableau 22 : Coordonnées d'implantation des 15 Brise-lames immergés

N° brise-lames	N° Points	X (UTM)	Y(UTM)
Brise-lame 01	1	488299.348	4068882.964
	2	488342.912	4068920.494
	3	488386.475	4068958.024
Brise-lame 02	4	488447.354	4069013.070
	5	488495.535	4069044.452
	6	488543.716	4069075.834
Brise-lame 03	7	488659.246	4069031.523
	8	488705.042	4069066.289
	9	488750.842	4069101.062
Brise-lame 04	10	488796.285	4069164.486
	11	488841.236	4069200.347
	12	488886.203	4069236.183
Brise-lame 05	13	488924.700	4069302.677
	14	488969.667	4069338.513
	15	489014.634	4069374.349
Brise-lame 06	16	489044.659	4069448.532
	17	489089.626	4069484.368
	18	489134.593	4069520.204
Brise-lame 07	19	489195.613	4069571.409
	20	489238.751	4069609.426
	21	489281.890	4069647.443
Brise-lame 08	22	489324.726	4069734.975
	23	489362.584	4069778.254

	24	489400.442	4069821.532
Brise-lame 09	25	489457.316	4069872.951
	26	489504.608	4069905.657
	27	489551.900	4069938.363
Brise-lame 10	28	489612.194	4069993.042
	29	489653.065	4070033.272
	30	489695.078	4070072.529
Brise-lame 11	31	489741.688	4070137.421
	32	489778.513	4070181.582
	33	489815.338	4070225.743
Brise-lame 12	1	489870.247	4070309.979
	2	488147.587	4068743.948
Brise-lame 13	3	488147.587	4068743.948
	4	488235.467	4068821.171
Brise-lame 14	5	487995.668	4068606.361
	6	488083.546	4068683.584
Brise-lame 15	7	487843.748	4068468.772
	8	487931.575	4068545.954

Tableau 23 : Coordonnées d'implantation des Stabiages

N° Stabiage	N° Points	X(UTM)	Y(UTM)	Longueur(m)
Stabiage 01	34	488419.317	4068645.605	46
	35	488392.606	4068683.001	
Stabiage 02	36	488489.826	4068681.612	51
	37	488458.210	4068722.051	
Stabiage 03	38	488566.447	4068751.401	51
	39	488532.617	4068789.108	
Stabiage 04	40	488648.934	4068805.703	51
	41	488617.295	4068845.435	
Stabiage 05	42	488736.355	4068856.424	55
	43	488702.224	4068899.417	
Stabiage 06	44	488834.299	4068901.862	52
	45	488800.743	4068941.327	
Stabiage 07	46	488914.260	4068961.566	51
	47	488881.670	4069000.292	
Stabiage 08	48	488992.190	4069023.470	51
	49	488959.551	4069062.691	
Stabiage 09	50	489078.628	4069079.655	51
	51	489045.027	4069117.395	
Stabiage 10	52	489156.670	4069143.490	53
	53	489120.664	4069182.441	
Stabiage 11	54	489233.494	4069212.093	51
	55	489197.071	4069247.682	
Stabiage 12	56	489308.854	4069272.256	45
	57	489279.356	4069305.672	
Stabiage 13	58	489386.866	4069340.391	52
	59	489349.615	4069376.859	
Stabiage 14	60	489459.741	4069412.944	45
	61	489427.241	4069444.436	
Stabiage 15	62	489531.248	4069482.481	49
	63	489495.989	4069519.937	
Stabiage 16	64	489599.196	4069552.880	50
	65	489564.241	4069589.282	
Stabiage 17	66	489651.624	4069642.888	55
	67	489613.952	4069682.054	
Stabiage 18	68	489710.475	4069730.566	28
	69	489689.194	4069748.002	
Stabiage 19	70	489892.940	4069945.439	34
	71	489869.370	4069970.102	
Stabiage 20	72	489996.512	4070073.729	40
	73	489968.901	4070102.625	
Stabiage 21	74	490 093.8037	4070753.6316	50

	75	490122.7787	4070412.8830	
Stabiplate 22	76	488320.2377	4068593.0899	50
	77	488348.5770	4068552.8488	
Stabiplate 23	78	488272.2756	4068545.0573	50
	79	488301.1685	4068504.2504	
Stabiplate 24	80	488217.2969	4068490.0068	50
	81	488245.9488	4068449.6083	
Stabiplate 25	82	488160.4170	4068422.9487	50
	83	488189.2727	4068382.1148	
Stabiplate 26	84	488083.5849	4068389.1208	50
	85	488112.5117	4068348.3383	
Stabiplate 27	86	488019.1620	4068340.9834	50
	87	488047.6701	4068300.7531	
Stabiplate 28	88	487960.2803	4068298.4103	50
	89	487988.984	4068257.8868	

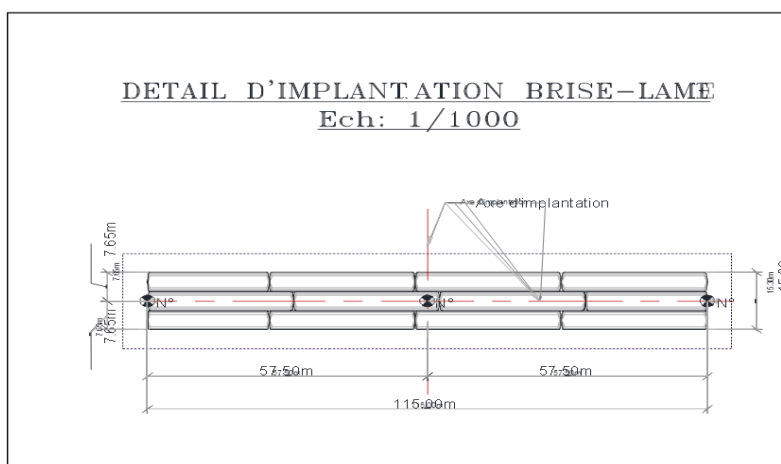


Figure 68: Détail d'implantation d'un brise-lames

**Chapitre V : Suivi et état d'avancement
des travaux de réalisation des géotubes
dans le cadre du projet de protection de
la plage Club des Pins**

Introduction

La direction des travaux publics de la wilaya d'Alger a confié au bureau d'études «Hydro Marine Ingénierie – HMI », les prestations de suivi et de contrôle des travaux de la protection du rivage marin de la résidence Sahel (Club des Pins) sur une distance de 3 km sur une durée de 34 mois, confié au groupement d'entreprises Meditram-Amenhyd.

Le suivi des travaux permet d'être au courant de tout ce qui se passe autour du chantier, un suivi offre la possibilité d'assurer la gestion des délais, s'assurer de la conformité entre les documents et l'exécution des travaux. Le suivi permet également de gérer la gestion financière du chantier, c'est aussi une étape importante afin d'organiser les approvisionnements, cette opération est obligatoire afin d'assurer que le projet n'a aucun impact sur l'environnement et la sécurité des ouvriers et des voisins.

Le présent chapitre décrit succinctement les aspects liés à la réalisation du projet depuis son début et jusqu'au le mois d'Avril 2019 (Situation physique du projet, avancement, événements particuliers, qualité de mise en œuvre, etc...). L'état de chaque brise-lame et ces constituants (géotubes, tapis anti-affouillement) sera présenté. Chaque brise-lame est composé de 05 tapis anti-affouillement et un ensemble de géotubes disposés selon 03 rangées chaque rangée comporte 04 géotubes, décrits dans la figure suivante.

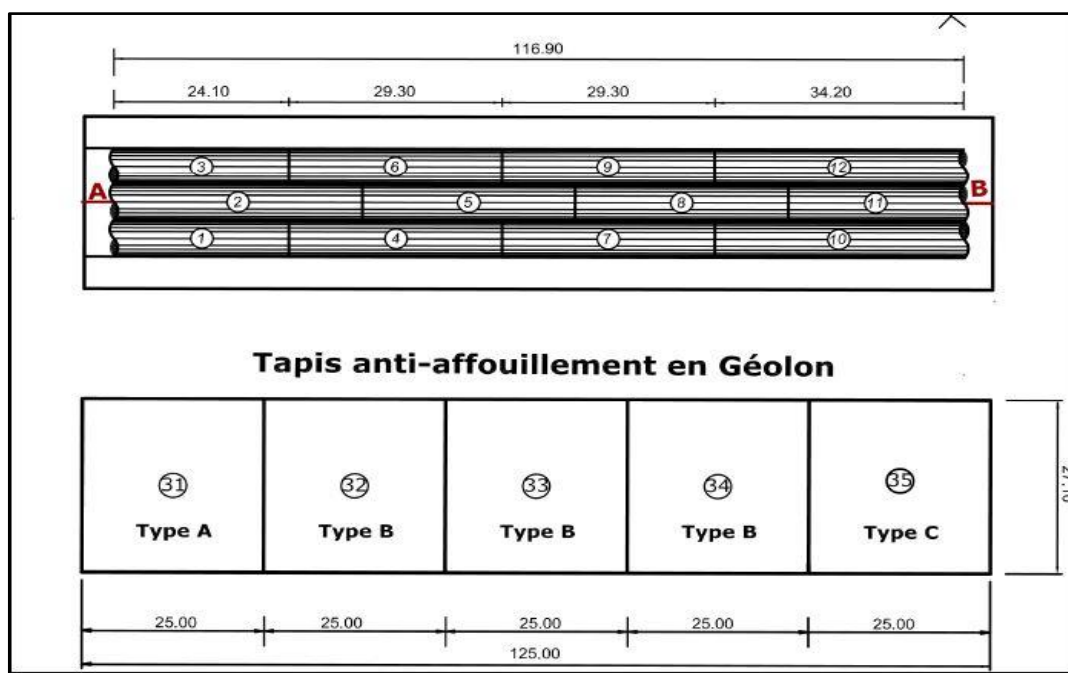


Figure 69: Vue en plan d'un Brise-lames en Géotubes (12 unités)

1. Définitions des mots techniques

1.1. Ensouillage :

Enfouissement d'une canalisation dans un fond fluvial ou marin afin de la protéger des dégradations (dragage, chaluts, etc.) (Le dictionnaire professionnel du BTP).

1.2. Big-bags :

Dans le domaine du transport international, un "Big Bag" est un conteneur souple en toile tissée de grande capacité et muni de sangles pour être soulevé (www.glossaire-international.com).



Figure 70 : Photographie d'un big-bag indiquant son point de levage ([glossaire-international.com](http://www.glossaire-international.com))

1.3. Lests :

Corps pesant chargé dans la partie basse de la cale, ou fixé au plus bas de la quille d'un bâtiment pour en assurer la stabilité (www.cnrtl.fr).

1.4. Corps-morts :

Groupe d'ancres de grandes dimensions réunies par des chaînes et servant à l'amarrage des navires.

2. Réalisation des Brise-lames

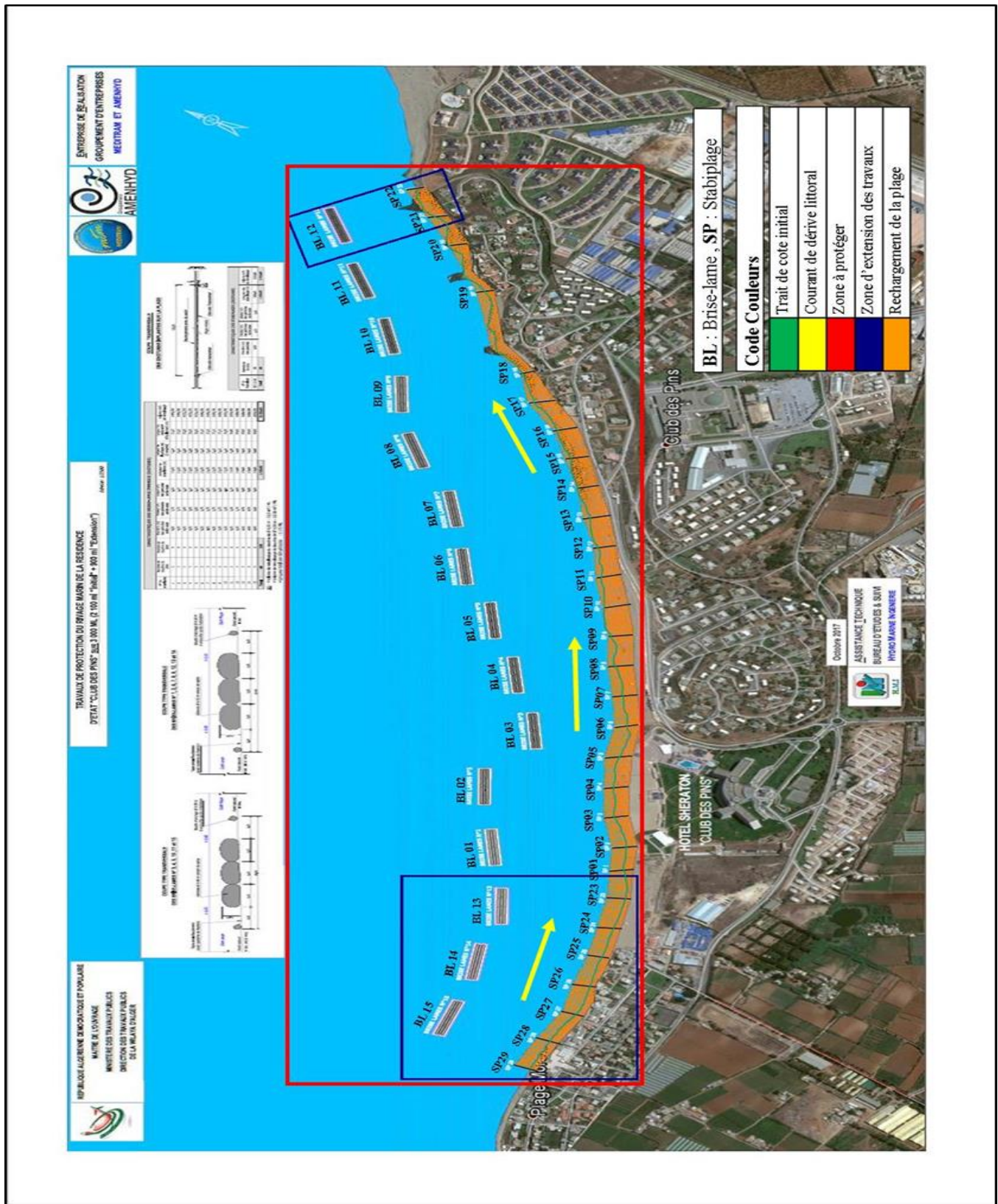


Figure 71 : Plan d'affichage du rivage marin de la plage Club des Pins

2.1. Brise-lames numéro 05

2.1.1. Disposition des géotubes

Tableau 24: Disposition des géotubes dans le brise-lames N°05

(51) 30.20 m	(54) 35.30 m	(57) 30.20 m	(60) 25.10 m
(50) 25.10 m	(53) 30.20 m	(56) 35.30 m	(59) 30.20 m
(49) 30.20 m	(52) 35.30 m	(55) 30.20 m	(58) 25.10 m

Code des couleurs

Vert : Produit posé et approuvé.

Jaune : Produit posé mais à réparer.

Rouge : produit refusé sujet au remplacement.

Blanc : Produit non posé.

2.1.2. Avancement

Tableau 25 : Etat d'avancement des travaux de réalisation du brise-lame N°05

Date de l'inspection	Etat d'avancement
démarrage des travaux : 24/08/2015	- Début des travaux.
Fin des travaux : 02/12/2015	- Tous les tapis sont posés et approuvés. - Tous les géotubes sont posés et approuvés.
Inspection du : 11/04/2017	- Le géotube n° 57 présentait une déchirure et un départ de sable important mais il était récupérable.
Après l'inspection du fin Mai 2017	- Le géotube n° 57 a complètement disparu, par conséquent il doit être remplacé.
A la fin des mois ; Janvier 2018, Février 2018, Mars 2018, Avril 2018	- le géotube n° 57 n'a pas été remplacé
A l'inspection du 09/05/2018	- Le géotube n° 57 n'a pas été remplacé. - Le géotube n° 50 est en manque de remplissage. - Le reste des géotubes : rien à signaler. Les dommages se sont aggravés par le mauvais temps de la période hivernale.
A la fin Juillet 2018	- Le géotube n° 57 n'a pas été remplacé. - Le géotube n° 50 est en manque de remplissage.
A la fin Aout 2018	- Pas d'autres dégâts ou des travaux à signaler sur ce brise-lames.
A la fin des mois Septembre, Octobre 2018	- Pas de travaux à signaler sur ce brise-lames.
A l'inspection du 15/11/2018	- Le géotube n° 57 n'a pas été remplacé. - Les géotubes n° 50 et 59 sont en manque de remplissage. - Le reste des géotubes : rien à signaler.
A la fin des mois Novembre 2018, Décembre 2018 et Janvier 2019	- Pas de travaux à signaler sur ce brise-lames.
A l'inspection du 17 /02/2019	- Le géotube n° 57 n'a pas été remplacé. - Les géotubes n° 50 et 59 ; léger tassement constaté. - Importante amenée de sable sur le flanc des géotubes de front du BL.
A la fin des mois Février 2019, Mars 2019 et Avril 2019	- Pas de travaux à signaler sur ce brise-lames.

2.2. Brise-lames numéro 11

2.2.1. Disposition des géotubes

Tableau 26 : Disposition des géotubes dans le brise-lames N°11

(123) 30.20 m	(126) 35.30m	(129) 30.20 m	(132) 25.10 m
(122) 25.10 m	(125) 30.20 m	(128) 35.30m	(131) 30.20 m
(121) 30.20 m	(124) 35.30m	(127) 30.20 m	(130) 25.10 m

2.2.2. Avancement

Tableau 27 : Etat d'avancement des travaux de réalisation du brise-lame N°11

Date de l'inspection	Etat d'avancement
démarrage des travaux : 31/08/2015	- Début des travaux
Fin des travaux : Non achevé	- Travaux non terminés
Fin juillet 2016	- Les travaux sont à l'arrêt depuis cette date - L'entreprise n'a pas à ce jour levé les réserves constatées fin Juillet 2016. - L'état de ce brise-lames a empiré.
Suite à l'inspection du 18/03/2017 et en sus des réserves constatées fin Juillet 2016	- Le géotube 122 présente une déchirure au niveau de la cheminée. - Le géotube 123 est tellement déchiqueté qu'on l'estime irrécupérable. - Le géotube 125 présente une cheminée ouverte et deux déchirées. - Le géotube 128 présente une déchirure et un manque de remplissage au milieu Du géotube. - Le géotube 129 a complètement disparu et il doit être remplacé. - Les géotube 130 présente une déchirure, une déformation et un manque de remplissage, Il doit être remplacé. - Le géotube 131 présente une déchirure au niveau du pli de la déformation, il doit être remplacé. - Les géotubes 129,132 ont complètement disparus, ils doivent être remplacés.
Inspection du 24/08/2017	- Le géotube 122 présente des cheminées disparues, pas fermées, cheminées mal fermées et mal cousues : À revoir. - Le géotube 123 : complètement dévasté à remplacer. - Le géotube 124 : quelques éraflures d'hélice. - Le géotube 125 : cheminées à fermer, quelques éraflures d'hélice. - Le géotube 126 : deux déchirures à réparer. - Le géotube 127 : plusieurs mètres d'empreintes de passage d'hélice sans dommages. - Le géotube 128 : importante déchirure, important départ de sable à remplacer. - Les géotubes 130 et 131 présentent des déchirures et des déformations importantes et un départ de sable conséquent donc à remplacer. - Les géotubes 129, 132 ont complètement disparu et ils doivent être remplacés.
A la fin des mois Octobre 2017, Décembre 2017, Janvier 2018, Février 2018, Mars 2018 et Avril 2018	- L'entreprise n'a pas levé les réserves sur ce BL dont 07 géotubes sont à remplacer.
A l'inspection du 22/05/2018	- Le géotube 122 présente deux cheminées disparues, emplacement à rapiécer. - Le géotube 124 : quelques éraflures d'hélice sans conséquences. - Le géotube 125 : cheminées du milieu à fermer, quelques éraflures d'hélice.

	<ul style="list-style-type: none"> - Le géotube 127 : plusieurs mètres d'empreintes de passage d'hélice sans dommages. - Les géotube 123,126, 128, 129, 130, 131, 132 sont en lambeaux, à remplacer. <p>les dommages se sont aggravés par le mauvais temps de la période hivernale.</p>
A la fin Juin 2018	<ul style="list-style-type: none"> - l'entreprise n'a pas levé les réserves sur ce BL dont 7 géotubes sont à remplacer.
A la fin juillet 2018	<ul style="list-style-type: none"> - pas d'autres dégâts ou des travaux à signaler sur ce brise-lames.
A la fin des mois ; Aout 2018, Septembre 2018, Octobre 2018, Novembre 2018, Décembre 2018, Janvier 2019	<ul style="list-style-type: none"> - pas de travaux à signaler sur ce brise-lames.
A l'inspection du 17/02/2019	<ul style="list-style-type: none"> - Les 10 géotubes 122 ; 123 ; 125 ; 126 ; 127 ; 128 ; 129 ; 130 ; 131 ; 132 ; sont disparus, seuls les 121 et 124 sont restés. - Importante amenée de sable.
A la fin des mois Février, Mars, Avril de l'année 2019	<ul style="list-style-type: none"> - Pas de travaux à signaler sur ce brise-lames.

2.3. Brise-lames numéro 03

2.3.1. Disposition des géotubes

Tableau 28 : Disposition des géotubes dans le brise-lames N°03

(27) 30.20 m	(30) 35.30m	(33) 30.20 m	(36) 25.10 m
(26) 25.10 m	(29) 30.20 m	(32) 35.30m	(35) 30.20 m
(25) 30.20 m	(28) 35.30m	(31) 30.20 m	(34) 25.10 m

2.3.2. Avancement

Tableau 29 : Etat d'avancement des travaux de réalisation du brise-lame N°03

Date de l'inspection	Etat d'avancement
démarrage des travaux : 19/12/2015	<ul style="list-style-type: none"> - Début des travaux
Fin des travaux : 31/05/2016	<ul style="list-style-type: none"> - Tous les tapis sont posés et approuvés.
Inspection du 29/03/2017	<ul style="list-style-type: none"> - Le géotube n° 27 est complètement déchiqueté et il doit être remplacé.
A la fin des mois ; Janvier, Février, Mars, Avril de l'année 2018	<ul style="list-style-type: none"> - Le géotube n° 27 n'a pas encore été remplacé.
A l'inspection du 08/05/2018	<ul style="list-style-type: none"> - Le géotube n° 27 n'a pas encore été remplacé. - Le géotube n° 26 est en manque de remplissage. - Le reste des géotubes : rien à signaler.
A la fin juin 2018	<ul style="list-style-type: none"> - Le géotube n° 27 n'a pas encore été remplacé. - Le géotube n° 26 est en manque de remplissage.
A la fin Juillet 2018 (24/07/2018)	<ul style="list-style-type: none"> - Le géotube n° 25 présente une déchirure importante, des lacerations conséquentes à prendre en charge avant un départ de sable imminent et la perte du géotube. - Le géotube n° 26 est en manque de remplissage. - Le géotube n° 27 n'a pas été remplacé.
A la fin Août 2018	<ul style="list-style-type: none"> - Pas d'autres dégâts ou des travaux à signaler sur ce brise-lames.
A la fin Septembre 2018	<ul style="list-style-type: none"> - Pas de travaux à signaler sur ce brise-lames.
A l'inspection du 15/11/2018	<ul style="list-style-type: none"> - Le géotube n° 27 n'a pas été remplacé. - Les géotube n° 34 et 36 à remplacer. - Les géotubes n° 26 et 35 est en manque de remplissage.
A la fin des mois Octobre 2018, Novembre 2018, Décembre 2018, Janvier 2019	<ul style="list-style-type: none"> - pas de travaux à signaler sur ce brise-lames.
A l'inspection du 17 /02/2019	<ul style="list-style-type: none"> - Le géotube 25 : léger tassement constaté - Le géotube 27 à remplacer. - Importante amenée de sable sur le flanc des géotubes de front du BL.
A la fin des mois février 2019, mars 2019, Avril 2019	<ul style="list-style-type: none"> - Pas de travaux à signaler sur ce brise-lames.

2.4. Brise-lames numéro 07

2.4.1. Disposition des géotubes

Tableau 30 : Disposition des géotubes dans le brise-lames N°05

(75) 30.20 m	(78) 35.30m	(81) 30.20 m	(84) 25.10 m
(74) 24.10 m	(77) 30.20 m	(80) 35.30m	(83) 30.20 m
(73) 30.20 m	(76) 35.30m	(79) 30.20 m	(82) 25.10 m

2.4.2. Avancement

Tableau 31 : Etat d'avancement des travaux de réalisation du brise-lame N°07

Date de l'inspection	Etat d'avancement
démarrage des travaux : Avril 2016	- Début des travaux.
Fin des travaux : Juillet 2016	- Non achevé, - Les travaux sur ce BL sont à l'arrêt depuis cette date, - L'entreprise n'a pas levé toutes les réserves constatées à fin Juillet 2016.
Suite à l'inspection du 19/03/2017 et en sus des réserves non levées	- Le géotube 73 n'a pas été posé. - Le géotube 79 présente deux déchirures non réparées. - Le géotube 83 est complètement vidé et sa disparition est imminente sans une intervention urgente.
Suite aux inspections du 05/07/2017 et du 24/07/2017	- Le géotube 78 présente une déchirure. - Le géotube 82 présente une déchirure. - Les géotube 79 et 83 ont complètement disparus. - Le géotube 73 n'a pas été posé.
A l'inspection du 26-10-2017	- Le géotube 78 présente une importante déchirure sur environ 3.00m, avec importante perte de sable, à remplacer probablement. - Le géotube 79 est complètement dévasté et à remplacer. - Le géotube 82 présente une importante déchirure d'environ 3.00m, avec importante perte sable + plusieurs petites déchirures : à remplacer - Le géotube 83 présente une déchirure de 40x40cm avec perte de sable.
A la fin des mois Décembre 2017, Janvier 2018, Février 2018, Mars 2018, Avril 2018	- l'entreprise n'a pas encore levé les réserves de ce BL et les travaux n'ont pas repris depuis. 05 géotubes sont à remplacer.
A l'inspection du 09/05/2018	- Les géotubes 78, 79, 82, 83 sont en lambeaux ou portés disparus : à remplacer. - Le géotube 73 n'est pas posé à ce jour. - Revoir les cheminées des 81 et 84. - Le reste des géotubes : rien à signaler. - Ces dommages se sont aggravés par le mauvais temps de la période hivernale.
A la fin Juin 2018	- Rien n'a changé sur ce BL
A la fin des mois Juillet 2018, Aout 2018, Septembre 2018, Octobre 2018	- Pas d'autres dégâts ou des travaux à signaler sur ce BL.
A l'inspection du 15/11/2018	- Les géotubes n° 78 ; 83 ; 82 ; 79 ; 76 sont à remplacer. - Les géotube n° 74 et 84 ; il faut fermer les cheminées. - Le géotube n° 73 n'est pas encore posé.
A la fin des mois Novembre 2018, fin Décembre 2018, fin Janvier 2019,	- Pas de travaux à signaler sur ce brise-lames.
A l'inspection du 07/02/2019	- Les géotubes n° 78 ; 83 ; 82 ; 79 ; 76 à remplacer. - Les géotubes n° 74 et 84 fermer les cheminées. - Le géotube n° 73 n'est pas posé. - Importante amenée de sable sur le flanc des géotubes de front du BL.
A la fin des mois février 2019, Mars 2019, Avril 2019	- Pas de travaux à signaler sur ce brise-lames.

2.5. Brise-lames numéro 02

2.5.1. Disposition des géotubes

Tableau 32 : Disposition des géotubes dans le brise-lames N°02

(15) 30.20 m	(18) 35.30m	(21) 30.20 m	(24) 25.10 m
(14) 25.10 m	(17) 30.20 m	(20) 35.30m	(23) 30.20 m
(13) 30.20 m	(16) 35.30m	(19) 30.20 m	(22) 25.10 m

Code des couleurs

Vert : Produit posé et approuvé.

Jaune : Produit posé mais à réparer.

Rouge : produit refusé sujet au remplacement.

Blanc : Produit non posé

Bleu : Vide de 1,5 m produit par une mauvaise juxtaposition d'une rangée de géotubes.

2.5.2. Avancement

Tableau 33 : Etat d'avancement des travaux de réalisation du brise-lame N°02

Date de l'inspection	Etat d'avancement
démarrage des travaux : 24/06/2016	- Début des travaux.
Fin des travaux : 03/09/2016	- Tous les tapis sont posés et approuvés. - Tous les géotubes sont posés et approuvés - Un couloir de 1,50 m de large a été laissé après la réalisation du BL. (Une solution a été proposée par l'entreprise et approuvée le 25 Octobre 2016 par le BET/HMI, cette dernière consiste à utiliser des big-bags en géotextiles. à poser dans le couloir vide)
A la fin des mois décembre 2017, Janvier 2018, Février 2018, Mars 2018, Avril 2018	- L'entreprise n'a pas encore comblé le couloir de 1,50 m de largeur laissé lors de la réalisation. (le mauvais temps de la période hivernale pourrait combler cet espace.)
A l'inspection du 22 /05/2018,	- Géotube 15 : déchirure importante en forme de croix au droit de la cheminée du milieu, avec disparition de celle-ci ; départ important de sable provoquant un affaissement général du géotube qui est irrécupérable, à remplacer. - Géotube 24 : un affaissement du géotube est sans déchirure apparente, il faut faire l'appoint et vérifier minutieusement les cheminées. - Présence d'un profilé métallique contondant entre deux géotubes : à enlever. - Les autres géotubes : rien à signaler.
A la fin juin 2018	- Rien n'a changé sur ce BL.
A la fin juillet 2018	- Géotube 15 : déchirure importante, affaissement général du géotube, irrécupérable, à remplacer. - Le géotube n° 17 présente des lacérations conséquentes. - Le géotube n°18 présente une déchirure importante. A prendre en charge avant un départ de sable imminent et la perte des géotubes.
A la fin août 2018	- Pas d'autres dégâts ou des travaux à signaler sur ce brise-lames.
A la fin septembre 2018, fin Octobre 2018	- Pas de travaux à signaler sur ce brise-lames.
A l'inspection du 15 /11/2018	- Les géotubes 15, 17 et 18 sont à remplacer. - Le géotube 24 : un affaissement du géotube sans déchirure apparente, il faut faire l'appoint et vérifier minutieusement les cheminées.
A la fin des mois novembre 2018, Décembre 2018, Janvier 2019	- Pas de travaux à signaler sur ce brise-lames.
A l'inspection du 17 /02/2019	- Les géotubes 15, 17 et 18 sont à remplacer.

	- Le géotube 24 : un affaissement à corriger, un trou à fermer. Importante amenée de sable sur le flanc des géotubes de front du BL.
A la fin février 2019	- Pas de travaux à signaler sur ce brise-lames.

2.6. Brise-lames numéro 01

2.6.1. Disposition des géotubes

Tableau 34 : Disposition des géotubes dans le brise-lames N°01

(03) 30.20 m	(06) 35.30m	(09) 30.20 m	(12) 25.10 m
(02) 25.10 m	(05) 30.20 m	(08) 35.30m	(11) 30.20 m
(01) 30.20 m	(04) 35.30m	(07) 30.20 m	(10) 25.10 m

2.6.2. Avancement

Tableau 35 : Etat d'avancement des travaux de réalisation du brise-lame N°01

Date de l'inspection	Etat d'avancement
démarrage des travaux : 18/09/2016	- Début des travaux.
Fin des travaux : 03/12/2016	- Tous les tapis sont posés et approuvés. - Tous les géotubes sont posés et approuvés.
A la fin des mois décembre 2017, Janvier 2018, Février 2018, Mars 2018, Avril 2018	- Rien à signaler, aucune réserve à signaler. - Ce brise-lame semble bien tenir contrairement aux autres BL.
A l'inspection du 22/05/2018	- Géotube 02 : cheminé du milieu ouverte, à fermer après une inspection minutieuse. - Géotube 08 : déchirure importante longitudinale en forme de T de 3m x 1m environ dans son ouverture la plus large avec disparition de la cheminée qui a provoqué l'affaissement total du géotube, à remplacer. - Les autres géotubes : rien à signaler.
A la fin juin 2018	- Rien n'a changé sur ce BL
A la fin juillet 2018	- Géotube 08 : la déchirure est toujours présente. - Le géotube n°01 des lacérations importantes. - Le géotube n°02 présente une déchirure importante. A prendre en charge avant un départ de sable imminent et la perte du géotube.
A la fin des mois Août 2018, Septembre 2018, Octobre 2018, Novembre 2018, Décembre 2018, Janvier 2019	- Pas de travaux à signaler sur ce brise-lames.
A l'inspection du 17 /02/2019	- Les géotubes : 02 ; 03 ; 04 ; 06 ,08 sont à remplacer. - Le géotube n° 0 1 présente un tassement constaté. - Importante amenée de sable sur le flanc des géotubes de front du BL
A la fin des mois février 2019, Mars 2019, Avril 2019	- Pas de travaux à signaler sur ce brise-lames.

2.7. Brise-lame numéro 04

2.7.1. Disposition des géotubes

Tableau 36 : Disposition des géotubes dans le brise-lames N°04

(39) 30.20 m	(42) 35.30m	(45) 30.20 m	(48) 25.10 m
(38) 25.10 m	(41) 30.20 m	(44) 35.30m	(47) 30.20 m
(37) 30.20 m	(40) 35.30m	(43) 30.20 m	(46) 25.10 m

2.7.2. Avancement

Tableau 37 : Etat d'avancement des travaux de réalisation du brise-lame N°04

Date de l'inspection	Etat d'avancement
démarrage des travaux : 19/03/2017	- Début des travaux.
Fin des travaux : n'a pas été encore constaté	- Tous les tapis ont été posés et vérifiés. - Tous les géotubes sont posés mais 5 d'entre eux présentent des déchirures.
Suite à l'inspection du 21/06/2017	- L'entreprise a disposé des sacs de sable au droit des déchirures constatées au niveau des géotubes 44, 45, 46, 47, 48 pour empêcher les départs de sable, mais la solution est inadéquate.
Après l'inspection du 12/07/2017	- Il a été constaté que l'entreprise a fermé les déchirures des géotubes mais sans enlever les sacs de sable.
Suite à l'inspection du 17/08/2017	- Les géotubes 37, 41, 45 sont perdus et ils doivent être remplacés. - Les géotubes 46, 47, 48 présentaient des cheminées à fermer. - Les géotube 40, 43, 44 présentait des déchirures à réparer. - Il a été observé que la qualité des coutures réalisées dernièrement laisse à désirer.
A l'inspection du 25/09/2017	- Le géotube 40 est perdu et il doit être remplacé. - Le géotube 44 présentait des déchirures et un manque de remplissage. - Le géotube 47 présentait des cheminées à fermer, une déchirure et un manque de remplissage. - Les géotubes 37 et 41 sont perdus et ils doivent être remplacés. - Le géotube 42 présentait une déchirure.
A la fin du mois de Septembre 2017	- L'entreprise n'a pas levé les réserves de ce BL. - L'entreprise a transmis le cahier des profils des géotubes pour étude et approbation. - 04 géotubes sont perdus et doivent être remplacés (il s'agit du 37, 41, 40, 45).
A la fin des mois de décembre 2017, Janvier 2018, Février 2018, Mars 2018, Avril 2018	- Les 4 géotubes perdus n'ont pas été remplacés.
A l'inspection du 09/05/2018	- Géotubes 38, 39, 43 : sont en bon état. - Géotubes 46 et 48 : le remplissage de ces géotubes a été fini par l'introduction de sacs de jute pleins de sable d'une façon non adéquate ce qui donne ce jour des flans irréguliers présentant des zones vides ; il est recommandé de retirer ces sacs et remplir avec du sable en vrac pour une meilleur homogénéité de l'ouvrage. - Les géotubes 37, 40, 41, 42, 44, 45, 47 : sont en lambeaux, donc à remplacer. - Ces dommages se sont aggravés par le mauvais temps durant la période hivernale.
A la fin juin 2018	- Rien n'a changé sur ce BL
A la fin des mois ; Juillet 2018, Aout 2018, Septembre 2018 et Octobre 2018	- Pas de travaux à signaler sur ce brise-lames.
A l'inspection du 15 /11/2018	- Les géotubes ; 37, 40, 41, 42, 44, 45, 47 sont à remplacer.
A la fin des mois Novembre 2018, Décembre 2018 et Janvier 2019	- Pas de travaux à signaler sur ce brise-lames.
A l'inspection du 16 /02/2019	- Les géotubes N° 37 ; 40 ; 41 ; 42 ; 44 ; 45 ; 47 ; 48 : sont à remplacer. - Géotube 46 : tassement constaté du géotube. - Importante amenée de sable sur le flanc des géotubes de front du BL.
A la fin des mois ; février, Mars, Avril 2019	- Pas de travaux à signaler sur ce brise-lames.

2.8. Brise-lames numéro 06

2.8.1. Disposition des géotubes

Tableau 38 : Disposition des géotubes dans le brise-lames N°06

(63) 30.20 m	(66) 35.30m	(69) 30.20 m	(72) 25.10 m
(62) 25.10 m	(65) 30.20 m	(68) 35.30m	(71) 30.20 m
(61) 30.20m	(64) 35.30m	(67) 30.20 m	(70) 25.10 m

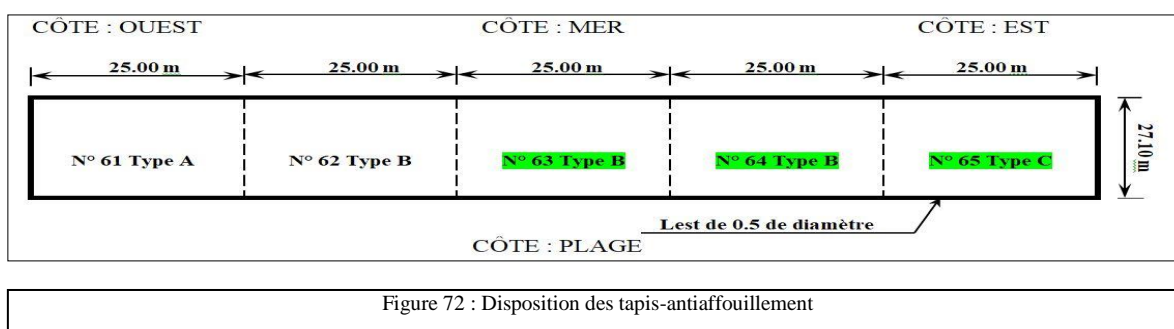
2.8.2. Avancement

Tableau 39: Etat d'avancement des travaux de réalisation du brise-lame N°06

Date de l'inspection	Etat d'avancement
démarrage des travaux : 20/07/2017	- Début des travaux.
Fin des travaux : n'a pas été encore constatée	- Tous les tapis ont été posés. - Tous les géotubes sont posés.
A l'inspection du 28/09/2017	- Le géotube 63 est en cours de remplissage. - Les géotube 62, 68, 69, 70, 71, 72 sont terminés et fermés. - Le géotube 61 est en cours de finition. - Les géotubes 64, 65, 66, 67 sont à finir.
A l'inspection du 16/10/2017	- Le tapis 64 : manque de remplissage leste à l'Est sur 3ml, ensouillage non réalisé. - Arrimage de géotube au tapis anti-affouillement. - Distance de pose des boudins par rapport à l'extrémité «Est» du BL < 0 4.50m. - Pompage de sable à proximité immédiate du BL (0.40m). INJONCTION DE HMI d'arrêter cette pratique immédiatement, au vu du risque de démarrer un affouillement.
À l'inspection du 18/10/2017	- Géotube 65 : réouverture de déchirure cousue antérieurement, à coudre de suite et faire l'appoint de sable. - Géotube 63 : il faut faire l'appoint de sable au droit de la cheminée côté « ouest ». - Géotube 61 : il faut faire l'appoint de sable au droit des cheminées. - La qualité médiocre des coutures, signalée le 17/08/2017 est toujours d'actualité. L'entreprise n'a pas amélioré la situation, d'où la réouverture de certaines déchirures.
À l'inspection du 22/10/2017	- Géotube 65 : réparer la réouverture de déchirure cousue antérieurement, et faire l'appoint de sable. - Géotube 63 : rien à signaler, à fermer. - Géotube 61 : il faut faire l'appoint de sable au droit des cheminées.
A la fin des mois ; Décembre 2017, Janvier 2018, Février 2018, Mars 2018 et Avril 2018	- les réserves des géotubes 61 et 65 n'ont pas été levées.
A l'inspection du 09/05/2018	- Les géotubes 61 et 65 sont à remplacer. - Le reste des géotubes : rien à signaler. Ces dommages pourraient être aggravés par le mauvais temps de la période hivernale
A la fin juin 2018	- Rien n'a changé sur ce BL.
A la fin des mois ; Juillet, Aout, Septembre, et Octobre de l'année 2018	- Pas d'autres dégâts ou des travaux à signaler sur ce brise-lames.
A l'inspection du 15 /11/2018	- Le géotubes N° 65 est à remplacer. - Le géotube N° 61 est en manque de remplissage.
A la fin des mois ; novembre 2018, Décembre 2018, Janvier 2019	- Pas de travaux à signaler sur ce brise-lames.
A l'inspection du 17 /02/2019	- Le Géotubes 65 est à remplacer. - Le géotube n° 61 : affaissement constaté.
A la fin des mois; Février, Mars, Avril de l'année 2019	- Pas de travaux à signaler sur ce brise-lames.

2.9. Brise-lames numéro 13

2.9.1. Disposition des tapis



2.9.2. Disposition des géotubes

Tableau 40 : Disposition des géotubes dans le brise-lames N13

(147) 30.20 m	(150) 35.30m	(153) 30.20 m	(156) 25.10 m
(146) 25.10 m	(149) 30.20m	(152) 35.30m	(155) 30.20 m
(145) 30.20 m	(148) 35.30m	(151) 30.20 m	(154) 25.10 m

2.9.3. Avancement

Tableau 41 : Etat d'avancement des travaux de réalisation du brise-lame N°13

Date de l'inspection	Etat d'avancement
démarrage des travaux : 02/10/2017	- Début des travaux.
Fin des travaux : non achevé	- Les tapis 65 ; 64 ; 63 sont posés. - Les géotubes 155, 156, 154, 152 sont posés mais ils restent à vérifier.
A l'inspection du 16/10/2017	- Distance de pose des premiers boudins < à 4.50m du bord «Est» du tapis 65. - Tapis 64 : manque de remplissage du côté « Est », ensouillage non réalisé. - Les géotubes 155, 156, 154 présentent un important manque de remplissage. - Arrimage de géotubes au tapis anti-affouillement. - Prélèvement de sable à proximité immédiate du BL. À 0.50m du lest.
A l'inspection du 17/10/2017	- Tapis 64 : manque remplissage du côté « Est », ensouillage côté plage non réalisé, prélèvement de sable à proximité immédiate du tapis, à 0.50m du lest. - Tapis 65 : déchirure de 40cm en pleine surface à coudre de suite. Prélèvement de sable à proximité immédiate du tapis, à 1.50m du lest. - Tapis 63 : manque de remplissage des lests. Prélèvement de sable à proximité immédiate du tapis, à 3.00m du lest. - Présence de deux crevasses de 2.00m de diamètres sous le tapis à combler de suite. - Fermeture des cheminées des lests sans autorisation de HMI malgré le manque manifeste de remplissage.
A l'inspection du 18/10/2017	- Tapis 65 : déchirure de 40cm en pleine surface à coudre de suite. - Prélèvement de sable à proximité immédiate du tapis toujours actif malgré l'interpellation de l'entreprise par HMI.
A l'inspection du 02/11/2017	- Géotubes 155 et 156 : manque remplissage du côté « Est ». - Géotubes 154 : manque remplissage au milieu.
A l'inspection du 22/11/2017	- Les Tapis 64 et 65 sont à vérifier. - Le tapis 63 : relèvement et retournement du tapis à corriger. Dépôt de sable à draguer. - Les géotubes 154, 155, 156 ; rien à signaler - Le géotube 153 : posé le 23/11/2017et terminé le 06/12/2017. - Le géotube 151 : posé le 07/12/2017et terminé le 16/12/2017.
A l'inspection du 31/12/2017	- Tapis 63, 64, 65 : Rien à signaler - géotube 151, 153, 154, 155, 156 : rien à signaler.
A la fin du mois de mars 2018	- Une importante amenée de sable qui a couvert la façade extérieure des géotubes ainsi que le tapis 63 b.
A l'inspection du 24/04/2018	- Rien à signaler sur les géotubes posés, rien n'a été fait, pour draguer le sable et dégager le tapis 63 pour continuer les travaux.
Le 19/05/2018	- Démarrage des travaux de dragage de sable
A la fin juin 2018	- L'entreprise tente avec beaucoup de difficultés de draguer le sable (1600m3 environ) déposé sur les tapis 63 et 62empêchant de poser la suite des géotubes de ce BL, car elle est grevée par le mauvais temps et les pannes du matériel.
Début juillet 2018	- Les travaux sont arrêtés sur ce BL pour se tourner vers le BL 14.
A la fin de mois de Septembre et Octobre 2018	- Pas de travaux à signaler sur ce brise-lames.
le 04/11/2018	- Reprise des travaux, avec premier objectif le dragage de sable accumulé sur l'emplacement des tapis 62 et 61.
A l'inspection du 15/11/2018	- Géotubes 151 ; 152 ; 153 ; 154 ; 156 : rien à signaler. - Géotube 155 : en manque de remplissage. - Les géotubes 145 ; 146 ; 147 ; 148 ; 149 ; 150 : non posés à ce jour car le sable qui s'est déposé au droit des tapis 63 et 62 empêche la pose des tapis et des géotubes.

A la fin Décembre 2018	- L'entreprise est toujours en train de draguer le sable accumulé sur l'emprise des tapis 62 et 61, mais sans succès.
A la fin Janvier 2019	- Pas de travaux à signaler sur ce brise-lames.
A l'inspection du 18/02/2019	- Les géotubes 151 ; 152 ; 153 ; 154 ; 156 : rien à signaler. - Le géotube 155 : léger tassement constate. - Les géotubes 145 ; 146 ; 147 ; 148 ; 149 ; 150 : non posés à ce jour.
A la fin Février 2019	- Pas de travaux à signaler sur ce brise-lames.

2.10. Brise-lame numéro 14

2.10.1. Disposition des géotubes

Tableau 42 : Disposition des géotubes dans le brise-lames N°14

(159) 30.20 m	(162) 35.30m	(165) 30.20 m	(168) 25.10 m
(158) 25.10 m	(161) 30.20 m	(164) 35.30m	(167) 30.20 m
(157) 30.20 m	(160) 35.30m	(163) 30.20 m	(166) 25.10 m

2.10.2. Avancement

Tableau 43 : Etat d'avancement des travaux de réalisation du brise-lame N°14

Date de l'inspection	Etat d'avancement
démarrage des travaux : 09/07/2018	- Début des travaux.
Fin des travaux : 31/10/2018	- Les tapis 66, 67, 68, 69, 70 : sont posés - Tous Les géotube sont posés et approuvés.
A l'inspection du 19/07/2018	Les tapis : - Déchirures et découpes dans les lestes. - Accrochage et maintien des géotubes via les tapis. - Pose de corps- mort de positionnement avec contenant en acier sur les tapis. Les géotubes : - Accrochage des géotubes aux cops- morts par des eses en acier en passant par les œillets du tapis. - Mauvais alignement des corps- morts de positionnement des géotubes(45° lieu de 90°) donnant lieux à des plis irrécupérable s'ils sont remplis dans ces conditions. Recommandations : - Il est préférable de poser ces corps-morts au-delà des tapis pour motifs évidents de manipulations aisées sans risques pour les tapis. - Le maintien à plat du géotube sur le tapis doit se faire par un lestage conséquent avec des sacs de jute pleins de sable qu'on enlève au fur et à mesure du remplissage de celui-ci.
A l'inspection du 26/07/2018	- Un dragage de sable à proximité immédiate des tapis du BL mettant en danger la stabilité de celui-ci. - Manque partiel de remplissage des leste des tapis. - Petites déchirures sur les lestes à coudre - Le piano de pompage et les corps-morts sont posés directement sur les tapis. - Les remarques des inspections précédentes n'ont pas été traitées. Recommandations : - Il faut traiter les anomalies d'exécution au fur et à mesure de leur apparition.
A l'inspection du 31/07/2018	- Le piano de pompage et les corps-morts sont posés direct sur les tapis. - Géotube 166 : manque important de remplissage. - Amarrage du navire INSUBPRO il au flan du géotube 166.
A l'inspection du 01/08/2018	- Géotube 166 : manque de remplissage à une cheminée. - Géotube 167 : manque important à cheminée « EST » et léger manque sur le reste. - Géotube 168: manque important à la cheminée « OUEST » et léger manque sur le reste. - Le piano a été équipé d'un pneu pour éviter le contact direct avec le tapis.

A l'inspection du 06/08/2018	<ul style="list-style-type: none"> - Géotube 164: superposition du géotube numéro164 sur le géotube 167 de 1.00m environ dû au mauvais positionnement du nouveau à côté de l'ancien par des attaches inadaptées. - Géotube 168: manque de remplissage sur la cheminée « OUEST». - Géotube 167: manque de remplissage sur la cheminée du milieu, superposition du géotube 164 sur ce dernier. - Géotube 166 : rien à signaler, il faut fermer les cheminées.
A l'inspection du 08/08/2018	<ul style="list-style-type: none"> - Le dragage à proximité immédiate de la plateforme du BL le mettant en danger d'affaissement et/ou de basculement des géotubes vers le large vu la profondeur importante des crevasses générées par cette pratique. <p>Les tapis :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fermeture des cheminées sans ajout de sable qui manque dans les lestes. - Déchirures au niveau de la couture de fermeture des lestes. - Manque de remplissage localisé de leste, déjà signalés précédemment. - Mauvaise façon de fermer les cheminées (bricolage). - Création d'ouverture dans le tapis pour servir de point d'attache. <p>Les géotubes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le géotube 164 : manque de remplissage général. - Les géotubes 164 et 167 : la superposition des 2 géotubes n'est pas résolue. - Pose du géotube 163 : géotube attaché au tapis, manque des sacs de sable pour une stabilité suffisante. - Le géotube 166 : malgré l'accord de HMI du 01/08/18 les cheminées ne sont pas encore fermées.
A l'inspection du 13/08/2018	<ul style="list-style-type: none"> - Le dragage à proximité immédiate de la plateforme du BL est toujours pratiqué malgré les mises en garde de HMI. - Amarrage du navire INSUBPRO II aux flancs des lestes est toujours pratiqué. <p>Les tapis :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les anomalies signalées précédemment ne sont pas réparées. - Déchirures au niveau de la couture de fermeture des lestes. - Manques de remplissage localisé de leste. - Mauvaise façon de fermer les cheminées(bricolage). - L'attache de géotube au tapis est toujours là. <p>Les géotubes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Géotube 163 et 164 : manque de remplissage général. - Géotube 166 : reprendre la couture des cheminées. - Géotube 167 : rien à signaler, il faut fermer les cheminées. - géotube 168 : fermeture des cheminées sans autorisation, partie terminal « Ouest » en manque de remplissage.
A l'inspection du 17/08/2018	<ul style="list-style-type: none"> - Tapis 68 : déchirure de leste non réparée. - Tapis 68 et 70 : manque localisé de remplissage des lestes. - Géotube 167 : autorisation de fermer les cheminés. - Géotube 168 : il faut fermer la 3ème cheminée, car le géotube a pris sa forme définitive. - Les géotube 163, 164, 165 sont en cours de remplissage.
A l'inspection du 29/08/2018	<ul style="list-style-type: none"> - Les anomalies signalées précédemment ne sont pas réparées. - Le dragage à proximité immédiate de la plateforme du BL est toujours pratiqué malgré les mises en garde de HMI. - Amarrage du navire INSUBPRO II aux flancs des lestes est toujours pratiqué. - Pose du tapis 67 : lestes en cours de remplissage. - Géotube 163, 164 : à fermer. - Géotube 165 : appoint de sable à la cheminée « OUEST ». Il faut coudre la déchirure du col de la cheminée du milieu.
A l'inspection du 23 et 24/09/2018	<ul style="list-style-type: none"> - Persistance au dragage à proximité immédiate du BL. - Fermeture de cheminées sur lestes en manque de sable. - Ensouillage non terminé sur des tapis ou les travaux sont terminés. - Fermeture de la déchirure signalée précédemment. - Persistance de l'arrimage d'INSUBPRO II aux ouvrages. - Couture de cheminé non adéquate, reprendre les mal faites (bricolage). - Il faut rajouter du sable au leste mal remplis. - L'existence d'une cheminée non fermée. - Géotube 160 : manque de remplissage à l' « EST » et a l' « OUEST ». - Géotube 161 : manque de remplissage à l' « OUEST ». - Géotube 162 : manque de remplissage général.
A l'inspection du 10/10/2018	<ul style="list-style-type: none"> - Les géotubes 160 et 162 sont en manque de remplissage. - Le géotube 161 : rien à signaler.

	- Les géotube 157, 158, 159 sont en cours de remplissage.
A l'inspection du 21/10/2018	- Les géotube 158 et 159 sont en cours de remplissage. - Les géotube 157 et 161 : Il faut fermer les cheminées. - Géotube 162 : manque de remplissage localisé.
A l'inspection du 21/12/2018	- Tous les tapis et les géotubes sont posés et il y'a rien à signaler.
A la fin janvier 2019	- Pas de travaux à signaler sur ce brise-lames.
A la fin des mois ; Février, Mars, Avril de l'année 2019	- Importante amenée de sable sur le flanc des géotubes de front du BL. - Rien à signaler sur les 12 géotubes.

3. Remarques et Recommandations

A la fin du mois de Avril 2019, 10 BL sont déjà réalisés N° 07, 11, 13, 14, 04, 05, 06, 03, 02, 01.

Le mois de Avril 2019 a été ponctué de 20 jours d'arrêt de travaux dont :

- 07 jours de mer calme.
- 03 jours de mer peu agitée.
- 10 jours de mer agitée à houleuse.

La réalisation d'un sondage par HMI au droit des stabiplages 19, 20, 21, 25, 26, 27, 28,29 qui ont été retirés du programme de réalisation pour non faisabilité. A l'exception du n°21 qui présente un fond sableux et une profondeur variant entre 0.30m et 2.30m, ils présentent tous un fond rocheux à faible profondeur et variant entre 0.40m et 2.30m sur une distance de plus de 40.00ml à partir du trait de côte. Ce sondage confirme les observations et les recommandations de l'équipe de suivi de HMI qui a recommandé de ne pas poser ces stabiplages pour absence de plage.

L'immobilisation du navire du sous-traitant Insubpro pour le renouvellement du rôle de navigation est toujours d'actualité et cela depuis le mois de Janvier 2019. De ce fait il n'y avait pas d'activité sur le chantier depuis le mois d'Avril, et aucune réunion de chantier également.

4. Conclusion sur l'avancement des travaux

Cette partie a permis de voir la réponse direct des géotubes face à l'action de la mer dès leurs implantation, on remarque que tout au long de la période de réalisation des travaux, les BL n'ont pas bien tenu face à l'hydrodynamisme, il y a eu plein de dégâts qui ont été constaté ce qui nous mène à dire que cette solution peut être la meilleure sur le plan esthétique mais elle semble être non adéquate aux exigences de protection de la plage contre l'action de la mer. Ces ouvrages semblent être fragiles face aux facteurs hydrodynamismes ainsi que les facteurs extérieurs tels que le passage des navires qui peuvent causer l'endommagement et la déchirure du géotextile. D'autre part les erreurs technique et le manque des moyens sophistiqués ont formé un obstacle face à l'avancement des travaux engendrant ainsi le dépassement du délai de réalisation, qui était fixé à deux ans au début des travaux, alors qu'aujourd'hui ça fait presque 6 ans que le projet a été lancé et toujours pas encore achevé.

La réalisation des brises lames se fait par différentes entreprises ce qui a fait que leurs mise en place se fait d'une façon chaotique pas en respectant leurs ordre sur le plan ; l'un à côté de l'autre, laissant de la place à la mer pour les détruire et causer d'énormes dégâts qui pouvaient être évités si on a respecté l'ordre.

Due aux erreurs techniques, les travaux sur cet ouvrage sont en arrêt depuis plus d'une année avec : 10 brise-lames seulement qui sont réalisés mais présentant des dommages considérables et 05

autres ne sont pas encore entamés. Cependant, l'efficacité de cet ouvrage ne peut pas être discutée qu'après une période de 6 mois minimum de sa mise en place.

Le tableau suivant présente un récapitulatif sur l'état des brise-lames en géotubes.

Tableau44 : Tableau récapitulatif de l'état des brise-lames.

Etat	Brise-lame
Les brise-lames qui ont été achevés (finis).	BL 01, BL 02, BL 03, BL 04, BL 05, BL 06, BL 14.
Les Brise-lames qui sont en cours de réalisation.	BL 07, BL 11, BL 13.
Les brise-lames qui ne sont pas encore entamés.	BL 08, BL 09, BL 10, BL 12, BL 15.
Les Brise-lames qui ont subi le plus de dégâts durant la réalisation.	BL 11, BL 07, BL 02, BL 04, BL 13.
Les brise-lames qui semblent être en bonne état à la fin du mois d'avril 2019.	BL 05, BL 03, BL 06.
Les brise-lames qui semblent être gravement endommagés à la fin du mois d'Avril 2019.	BL 11, BL 07, BL 01, BL 04.

Conclusion générale

La résidence el Sahel est une résidence hautement protégée et dispose d'infrastructures importantes situées dans une zone soumise à une érosion intense sous l'effet des houles. Suite aux tempêtes survenues en particulier en 2007 le site de Club des Pins a subi une dégradation importante et un net recul du trait de côte qui a fait que certaines habitations se trouvent en contact direct avec la mer.

Devant les dangers de l'érosion de la plage de Club des Pins, la direction des travaux publics de la wilaya d'Alger a lancé des travaux de protection dans l'objectif de protéger cette plage contre les attaques de la houle, l'étude de ce projet a été confiée au laboratoire des études maritimes (LEM) et réalisée entre 2009/2011. Ensuite une étude d'extension de ces travaux a été lancée en 2015 par le bureau d'étude (HMI).

Le diagnostic de la situation initiale de la zone a présenté un état de recul du rivage à une moyenne de 1,25m/an sous l'action des houles principalement de secteur ouest qui sont responsables du transit sédimentaire et prise dans le dimensionnement des ouvrages de protection du projet.

La zone de Club des Pins présente une morphologie sous-marine monotone d'une moyenne de pente de l'ordre de 1% avec la présence d'une fosse de lévigation et une barre de déferlement disposée parallèlement à la côte influençant l'hydrodynamisme de la région, avec une sédimentologie dominée par un seul stock fin, distribuée sous l'effet de la houle.

Au vu du diagnostic réalisé du site, plusieurs types d'aménagements différents pour protéger le site de la plage de Club des Pins ont été proposés et étudiés pour fixer le choix sur la solution de la mise en place d'une batterie de brise-lames immergés en géotextiles + rechargement de plage testés en modèle réduit physique en bassin sur fond fixe et en canal à houle sur fond mobile. Ainsi les travaux de mise en œuvre nécessaires à la réalisation du projet de protection de la plage de Club des Pins sont les suivants :

Section 1 : Installation du chantier et repliement ;

Section 2 : Terrassement (remblais – déblais) ;

Section 3 : Ouvrage de protection ;

Section 4 : Reconnaissance, analyses et reprofilage éventuel des fonds préalables aux travaux.

Pendant la période de réalisation des travaux y a eu plein de dégâts constatés ce qui reflète la fragilité des ouvrages face aux facteurs contraints. Les erreurs techniques et le manque des moyens sophistiqués ont formé un obstacle face à l'avancement des travaux engendrant ainsi le dépassement du délai de réalisation et un arrêt de travaux depuis plus d'une année.

Sur le plan impact sur l'environnement, d'une manière générale, le projet est conçu pour respecter la réglementation algérienne, en utilisant une méthode de protection douce utilisant et agissant sur les matériaux naturels (tissus en géotextile et sable de carrière), le projet respecte les réglementations sur les émissions atmosphériques, les émissions sonores, les rejets liquides et la gestion des déchets. Se situant loin des zones d'intérêt écologique, le projet ne menace aucune espèce rare, menacée ou protégée. Grâce aux choix de technologie et d'aménagement suivis, les émissions atmosphériques et acoustiques sont très limitées, ainsi que les impacts sur le milieu marin, la qualité des sols et les eaux souterraines.

À l'issue du projet de protection du rivage marin de la zone Club des Pins, quelques impacts négatifs appliqués sur la zone de Club des Pins vont diminuer voir disparaître tel que l'impact des aménagements adjacents sur la zone. On remarque aussi que certains impacts positifs vont devenir plus importants tel que l'impact positif de l'oued Béni Messous qui va participer à l'engraissement de la plage Club des Pins grâce à l'installation des ouvrages de protection douce qui vont bloquer les sédiments apportés par l'oued par le blocage des courants de retour et par la protection de la plage contre les attaques de la houle.

Bibliographie

- **Ait Kaci. M, Hamdi. M. S ; 2008** – Contribution à l'étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'embouchure de l'oued « Béni-Messous ». *Mémoire de DEUA, ISMAL, p18, p50.*
- **Assassi. C, Otmani. H ; 2010** – Etude de protection de la zone de Club des Pins. *Mémoire d'ingéniorat, ENSSMAL, p 01, 15, 16, 50, 53-54, 59-60.*
- **Aubé. M et Hébert. C ; 2014** - Évaluation préliminaire de méthodes de protection des secteurs à risque d'inondation et d'érosion. *Institut de recherche sur les zones côtières inc, p52.*
- **Azrar. H ; 2014** - Contribution à la valorisation des sédiments de dragage portuaire: technique routière, béton et granulats artificiels. *Thèse de Doctorat, Université de Lille, p16.*
- **Benallel. A, Dernoun. D ; 2015** - Modélisation numérique des paramètres sédimentologiques et de pollution le long de la côte (cas de Club des Pins). *Mémoire d'ingéniorat, ENSSMAL, p89-100.*
- **Ben Boudiaf. Y, Hadjarab. R ; 2006** - Caractérisation géotechnique d'une portion littorale d'El Djamila ; conséquences sur l'aménagement. *Mémoire d'ingéniorat, ISMAL, p5-13.*
- **Berkennou. N, Sallaye. M ; 2012** - Etude de protection du rivage du complexe culturel de Chenoua. *Mémoire d'ingéniorat, ENSSMAL, p24-26.*
- **Boutiba. M ; 1996** - Etude en vraie grandeur du mode de fonctionnement des ouvrages de protection de la plage Est de Sidi Fredj (Ouest d'Alger). *Thèse de magister ISMAL, p123.*
- **Daoudi. M, Guendouz. M ; 2010** - Impact de l'anthropisation sur l'évolution actuelle des plages du Sahel ouest Algérois" cas de la baie d'El Djamila», *Thèse de doctorat, USTHB, résumé.*
- **H.M.I ; 2015** -Etude complémentaire sur l'extension de la protection du rivage marin de la Résidence Sahel sur 800 Ml - Avant-projet détaillé APD, Alger, p03-06, 08-09, 13.
- **H.M.I ; 2019** – Contrôle et suivi des travaux de protection du rivage marin de la résidence Sahel « Club des Pins », *Rapport d'activité du mois d'avril 2019, Alger, p25 à 55.*
- **Jean-Pierre Pinot ; 1998** - La gestion du littoral, Tome I - Littoraux tempérés : côtes rocheuses et sableuses, *Institut océanographique de Paris, p136.*
- **L.E.M ; 1984** - Etude de protection de Rivage Sidi-Fredj Club des Pins, *p8-14.*
- **L.E.M ; 1987** - Etude de protection de Rivage Sidi-Fredj Club des Pins, *p1-31.*
- **L.E.M ; 2011** - Etude de protection du rivage du site du Club des Pins – *Avant-projet détaillé APD, Alger, p4-5.*
- **Nasri. H et al. ; 2015** - Caractérisation calcimétrique et sédimento-métrique des dépôts argileux du bassin néogène de Boudinar (Rif nord-oriental, Maroc) : implication sur l'évolution eustatique et hydrodynamique du bassin et intérêt économique, *Article scientifique, Maroc, p 862-863.*
- **Paskoff. R ; 1992** – Côte en danger. *Ed Masson, Paris, p50, 52, 57, 86, 207.*
- **Paskoff. R ; 1993** – Les littoraux, Impact des aménagements sur leur évolution, 2ème édition. *Ed Masson, Paris, p69.*
- **Rabehi. W, Rahal. F ; 2011** – Aménagement du port d'El Djamila avantages et inconvénients. *Mémoire d'ingéniorat, ENSSMAL, p2, 4, 10.*
- **REBHI. M, GOUCEM. T ; 2011** - Port de Sidi Fredj : Quantités de sédiments à draguer, *Mémoire de DEUA, ENSSMAL, p3, 4.*
- **Sogreah ; 2012** - Projet de protection de la plage de Club des Pins ; Etude d'Impact Environnemental-Rev1, *Alger, p23-39, 81-83, 85-106.*
- **S.S.M.O ; 1963-1970** - Tome II. Zone Algérienne.
- **Zerouali. K ; 2013** - La méthode GSTA (Global Size Trend Analysis) appliquée à la côte de Stora-Skikda. *Mémoire d'ingéniorat, ENSSMAL, p 16-20.*

ANNEXES

Annexe N°01 : Profils bathymétriques

Profil N°2

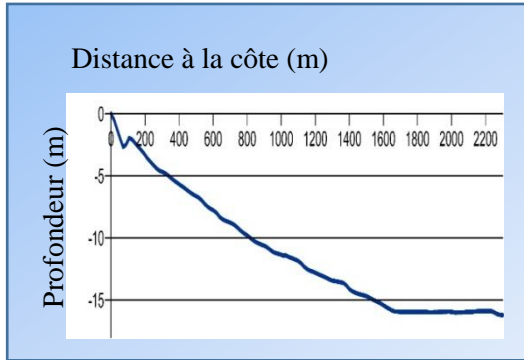


Figure 74: Profil bathymétrique n°2

Profil N°3

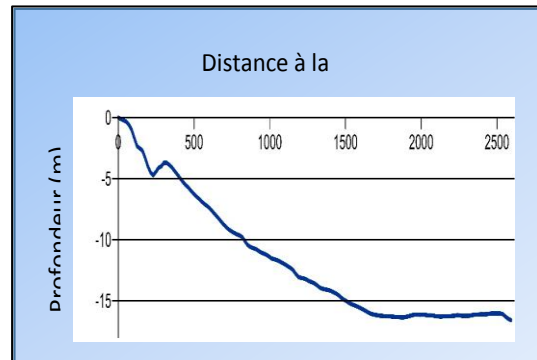


Figure 73: Profil bathymétrique n°3

Commentaire Profil N°02 :

Le profil descend en pente abrupte jusqu'à 3m de profondeur et remonte avec 1m pour former ainsi une fosse de lévigation suivi d'une barre de déferlement, ensuite continu son évolution en pente douce jusqu'à atteindre la profondeur de -16m et continu avec un replat vers le large, la pente générale de ce profil est de 0,98%

Commentaire Profil N°03:

Le profil descend en pente douce jusqu'à 3m de profondeur ou il présente une chute brutale jusqu'à -5m présentant une fosse de lévigation suivi par une barre de déferlement par la suite évolue en pente douce jusqu'à une profondeur de 16m ou il connaît un replat vers le large, la pente générale de ce profil est de 0,95%.

Profil N°4 et 5

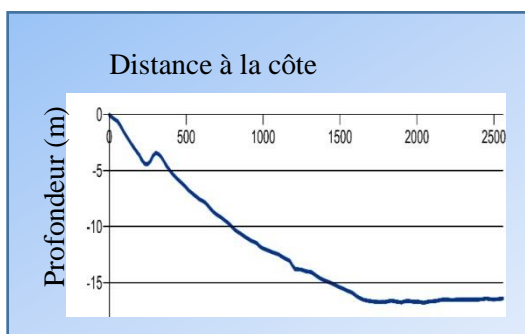


Figure 76: Profil bathymétrique n°4

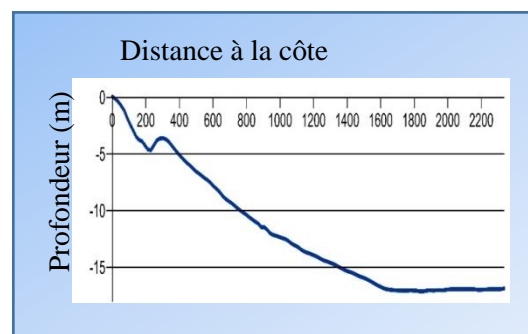


Figure 75: Profil bathymétrique n°5

Commentaire des Profils N°04 et 05 :

Les deux profils évoluent de la même manière tel qu'ils descendent en pente douce le premier mètre de profondeur ensuite en pente abrupte vers une fosse de lévigation à -5m suivi et remontent pour former une barre de déferlement, ils continuent par la suite leurs évolution en pente raide jusqu'à 17m de profondeur ou ils présentent un aplatissement vers le large. Leurs pentes générales sont respectivement de 0,97 et 1,06%.

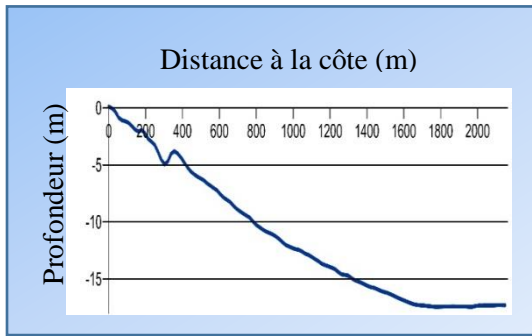
Profil N°6

Figure 78: Profil bathymétrique n°6

Commentaire Profil N°06 :

Le profil évolue en pente douce jusqu'à 3m de profondeur ou il présente une rupture de pente vers une fosse de lévigation à -5m ensuite remonte en formant une barre de déferlement, le profil continu son évolution après cette dernière en pente raide jusqu'à 17m de profondeur et s'étend par un aplatissement vers le large. la pente générale de ce profil est de 1,04%.

Commentaire Profil N°07:

Le profil comment avec une descente en pente abrupte jusqu'à la profondeur de 3m ou il présente un aplatissement sur une distance d'à peu près 100m ensuite continu son évolution en pente douce jusqu'à 18m de profondeur et s'étend par un replat vers le large, la pente générale de ce profil et de 1,18%.

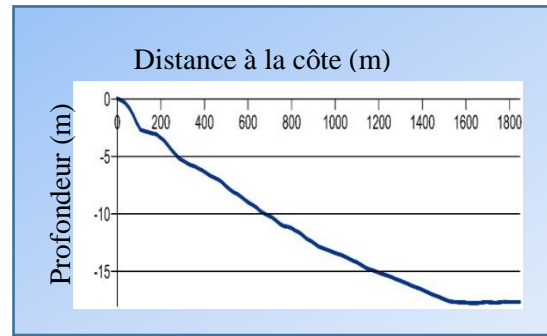
Profil N°7

Figure 77: Profil bathymétrique n°7

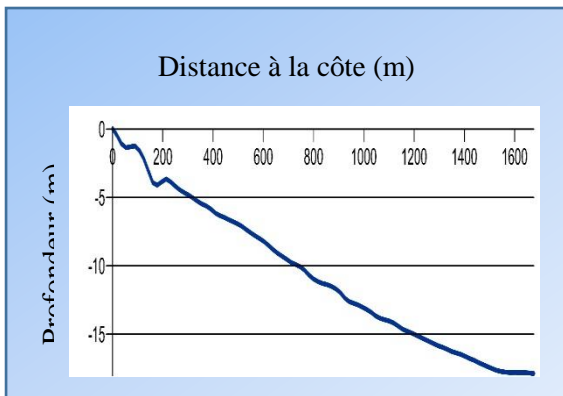
Profil N°8

Figure 79: Profil bathymétrique n°8

Commentaire Profil N°08 :

Le profil évolue en pente abrupte sur le premier mètre de profondeur ensuite s'aplatit sur une quarantaine de mètres de distance puis chute brutalement jusqu'à 4m de profondeur pour former une fosse de lévigation et remonte vers une barre de déferlement, par la suite le profil continu en pente raide jusqu'à -18m ou il connaît un aplatissement vers le large. La pente générale de ce profil est de 1,15%.

Annexe N°02 : Plan de gestion de l'environnement de la zone Club des Pins

Le Plan de Gestion Environnemental (PGE) définit les règles environnementales devant être appliquées. La gestion de l'environnement facilite la réduction des impacts sur l'environnement et l'intégration de la protection de l'environnement au cœur du projet. Pour cela, le plan de gestion de l'environnement sera réalisé de façon à prendre en compte tous les thèmes environnementaux durant toutes les étapes du projet. Il devra inclure les thèmes suivants :

- Gestion des déchets ;
- Information des personnes ;
- Suivi environnemental ;
- Audit environnemental.

L'objectif principal est de mettre en place les outils de gestion qui permettent d'identifier les impacts environnementaux de chaque activité et d'appliquer systématiquement les mesures appropriées. La réglementation en vigueur en Algérie sera respectée. Des actions correctives seront prises pour atteindre le niveau fixé d'exigences en matière d'environnement. Le plan de gestion de l'environnement comprend particulièrement la mise en œuvre des mesures de mitigation proposées dans l'étude d'impact pour minimiser les impacts environnementaux.

1. Gestion des déchets

Ce plan a pour objectif d'identifier et quantifier les déchets produits ensuite les traiter et stocker avec un impact minimum sur l'environnement et enfin promouvoir la prise de conscience et l'application des procédures de gestion des déchets.

Le plan de gestion des déchets est basé sur une stratégie de réduction, réutilisation, recyclage et récupération. Une formation de l'ensemble du personnel sur le tri des déchets sera réalisée. Le plan comprend des procédures, en accord avec la réglementation, sur la manutention, le transport, le stockage, le traitement et l'élimination des déchets. Le plan inclut également le traitement des eaux usées sanitaires.

2. Information des personnes

L'objectif principal de l'information est de permettre aux installations de fonctionner en toute sécurité et efficacement, tout en respectant l'environnement par l'application des mesures définies dans l'étude d'impact et le plan de gestion de l'environnement.

3. Surveillance et suivi des impacts environnementaux

La surveillance a pour objet de vérifier que les prescriptions de protection de l'environnement applicables au projet et rappelées dans l'étude d'impacts effectivement respectées. Pour cela, une supervision régulière des mesures de protection de l'environnement appliquées lors des phases du projet doit être mise en place.

- Suivi de la qualité des eaux de rejets
- Consommation de produit
- Suivi des rejets atmosphérique
- Suivi des déchets
- Maitrise des émissions sonore

4. Plan de gestion des rejets liquides

Les rejets liquides du projet proviennent essentiellement du camp de chantier. Pour cela le stockage des déchets liquides se fera par une mise en place des conteneurs étanches sur rétention ; les déchets seront évacués et éliminés selon les prescriptions du plan de gestion des déchets. Les rejets

issus du fonctionnement du camp de chantier devront être traités et devront satisfaire la réglementation algérienne en vigueur. Chaque type de rejet liquide devra subir un traitement approprié. Aucun effluent liquide ne devra être rejeté directement dans l'environnement ou le milieu aquatique.

5. Plan de gestion de nuisance

• Nuisance sonore

Les prescriptions pour limiter les nuisances sonores comprennent les aspects suivants :

- Le personnel est protégé contre les nuisances sonores par le port d'équipements de protections auditives (casques antibruit)
- La vitesse des véhicules est strictement limitée à 20 km/h sur le camp et à 50 km/h sur les pistes et 80 km sur les routes asphaltées
- Les échappements des différents moteurs sont équipés de silencieux.

• Poussière

Elaboration d'un plan de contrôle des poussières pour identifier les activités potentiellement génératrice de poussières (maniement des terres, déplacement des engins, exploitation des carrières etc.) Et mettre en place un système de prévention et de gestion de ces nuisances.

6. Plan de prévention et de maîtrise des pollutions

Un plan anti-pollution doit être mis en place et définit les actions à prendre en cas de fuites accidentelles faibles ou importantes (y compris pour les huiles et le carburant des engins). Le plan précise les modalités de récupération, de stockages et d'élimination des matériaux souillés en accord avec le plan de gestion des déchets. Une information est dispensée à l'ensemble du personnel et aux sous-traitants afin de rappeler les «règles de bonne pratique» pour l'éventuelle manipulation des produits chimiques dans le but d'éviter les fuites ou déversements.

7. Audit environnementale

Un audit interne sera effectué semestriellement par le responsable HSE pour évaluer tous les thèmes relatifs à l'environnement et ainsi déceler et remédier à tout éventuel dysfonctionnement. Des audits spécifiques pourront également être effectués.

8. Programme d'abandon et de remise en état des lieux

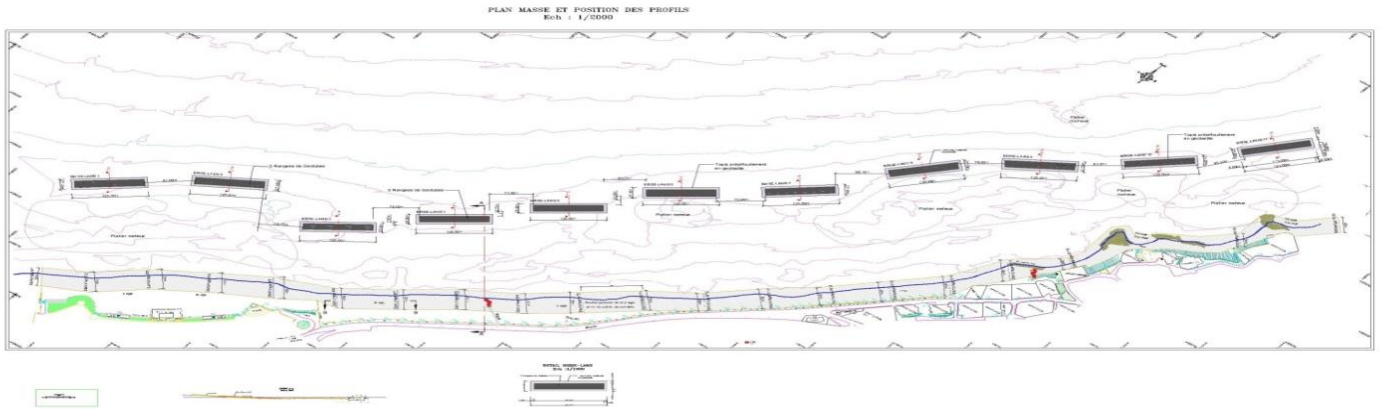
L'objet du Programme d'abandon et de remise en état des lieux est d'établir les mesures à mettre en œuvre en fin de projet (opérations de protection de la plage de Club des Pins et l'exploitation des carrières). Le programme d'abandon et de remise en état des lieux s'intègre dans le Plan de Gestion de l'Environnement. Ces mesures permettent de limiter dans le temps l'impact sur l'environnement à l'échelle de la zone d'influence du projet, et en particulier sur le rétablissement des fonctions écologiques de cette zone.

Le plan qui sera développé devra contenir :

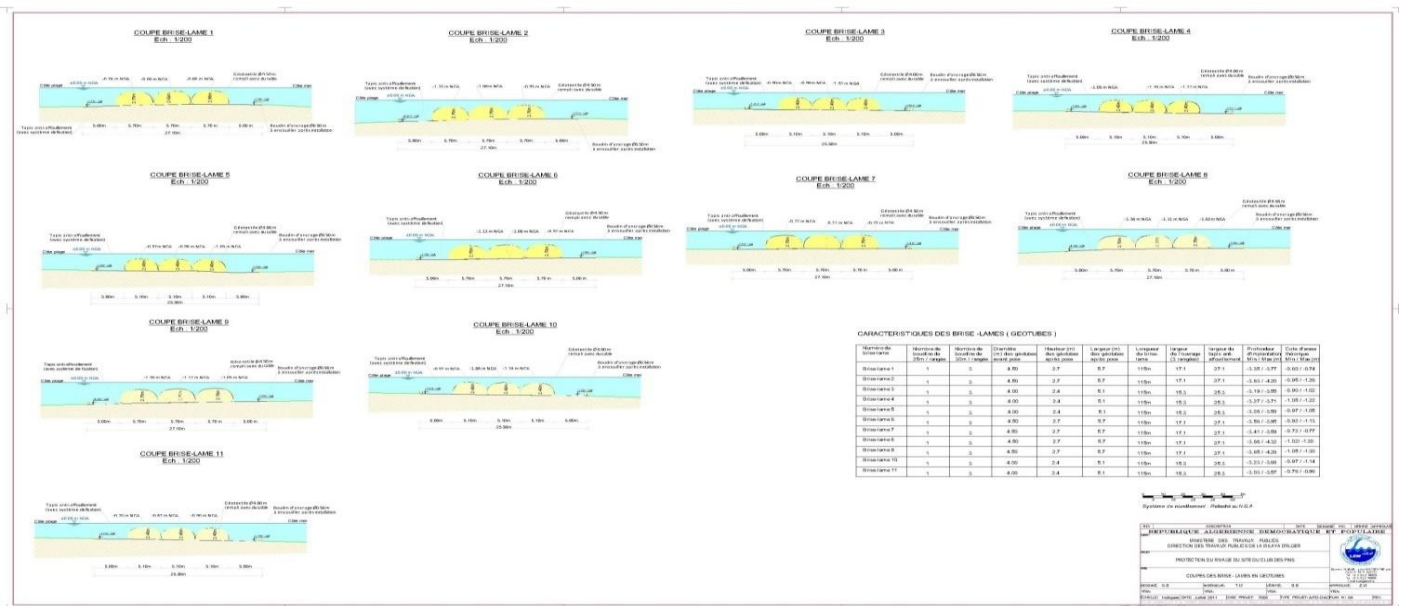
- Les modalités d'évacuation ou d'élimination des produits dangereux ainsi que des déchets présents sur le site
- règles de dépollution des sols et des eaux (eau de surface, souterraines Les et le milieu aquatique
- Les étapes de restauration du site
- Les modalités de surveillance du site, en cas de besoin.

Annexe N°03 : Liste des plans de protection de la plage Club des Pins (avant-projet détaillé)

1. Plan numéro 03 : Plan de masse et coupe type



2. Plan numéro 04 : Coupe des Brise-Lames en géotube



Résumé :

La résidence el Sahel est une résidence hautement protégée et dispose d'infrastructures importantes situées dans une zone soumise à une **érosion** intense sous l'effet des **houles**. Suite aux tempêtes survenues en particulier en 2007 le site de **Club des Pins** a subi une dégradation importante et un net recul du **trait de côte**, de ce fait, la direction des travaux publics de la wilaya d'Alger a lancé des travaux de protection dans l'objectif de protéger cette plage contre les attaques de la houle, l'étude de ce projet a été confiée au laboratoire des études maritimes (LEM) et réalisée entre 2009/2011. Ensuite une étude d'extension de ces travaux a été lancée en 2015 par le bureau d'étude (HMI). Le projet consiste à mettre en place des brises lames en géotextiles immergés respectant à la fois l'aspect protecteur et l'aspect esthétique, dans ce projet de fin d'études on a fait : une présentation de l'état initial de la zone d'étude, une présentation détaillée du projet de protection, **l'étude d'impact sur l'environnement** et le suivi des travaux de réalisation des **géotubes** immergés.

Mots clés : Club des Pins, Trait de côte, Géotubes, érosion, houle, étude d'impact sur l'environnement

Abstract :

The residence el Sahel is a highly protected residence and has important infrastructure located in an area subject to intense **erosion** under the effect of **swells**. Following the storms that occurred particularly in 2007, the **Pine Club** site suffered of significant degradation and a sharp decline in the **coastline**, as a result, the public works department of the wilaya of Algiers launched protection works to protect this beach against swell attacks, the study of this project was entrusted to the maritime studies laboratory (LEM) and carried out between 2009/2011. Then an extension study of this work was launched in 2015 by the consulting firm (HMI). The project consists of setting up submerged breakwaters in geotextiles, respecting both the protective aspect and the aesthetic aspect, in this end of studies project we made: a presentation of the initial state of the area of 'study, a detailed presentation of the protection project, **the environmental impact study** and the monitoring of the construction works of the submerged **geotubes**.

Keywords: Pine Club, Coastline, Géotubes, Erosion, Swell, The environmental impact study

ملخص:

إقامة الساحل هي إقامة عالية الحماية وتحوي بنايات تحتية مهمة، تقع في منطقة معرضة لتآكل شديد تحت تأثير الأمواج. عقب العواصف التي حدثت وخاصة عام 2007، تعرض موقع نادي الصنوبر لتدهور كبير وتراجع حاد في خط الساحل نتيجة لذلك، أطلقت مديرية الأشغال العمومية في ولاية الجزائر أشغال بهدف حماية هذا الشاطئ من هجمات الأمواج، أوكلت دراسة هذا المشروع إلى مخبر الدراسات البحرية (LEM) وتم تنفيذه بين عامي 2009/2011. ثم تم إطلاق دراسة توسيع لهذا العمل في عام 2015 من قبل مكتب الدراسات (HMI)، يتضمن المشروع إنشاء حواجز أمواج مغمورة من الجيوتكستيل مع مراعاة كل من الجانب الوقائي والجانب الجمالي، في هذا المشروع لنهاية الدراسة قمنا ب: تقديم للحالة الأولية لمنطقة الدراسة، عرض تفصيلي لمشروع الحماية، دراسة الأثر البيئي ومتابعة الأعمال الإنشائية للجيوتأبييب المغمورة.

الكلمات المفتاحية: نادي الصنوبر، خط الساحل، جيوتأبييب، تآكل، الأمواج، دراسة الأثر البيئي