

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل

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



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

OPTION : AMENAGEMENT DU LITTORAL

Thème :

**Erosion du littoral de Cherchell : Causes,
conséquences et solution d'aménagement**

Présenté par:

- BENDERRADJI Amine
- FERHAT Aicha Sabrina

Soutenu le 16/07 /11 devant le jury suivant :

Mr	Belahrach. A	Maître assistant (ENSSMAL)	Président
Mr	Belkessa. R	Maître de conférences (ENSSMAL)	Promoteur
Mr	Khabar. O	(CNL)	Co- promoteur
Mr	Refes. W	Maître assistant (ENSSMAL)	Examineur
Mme	Maouel. D	Maître assistante (ENSSMAL)	Examinatrice

Promotion : (2011)

Remerciements

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

Au terme de cette étude, nous tenons à exprimer nos plus vifs remerciements à tous ceux qui par leur aide, leurs conseils, leur compétence et leur intérêt ont contribué à la réalisation de ce mémoire :

Nous remercions Monsieur BELKESSA. R, maître de conférences 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.

Nous tenons à remercier chaleureusement Monsieur KHABAR.O, (commissariat national du littoral CNL) pour avoir accepté de nous recevoir au sein du (CNL) et de co-encadrer ce travail.

Nous tenons ensuite à exprimer nos remerciements aux membres du jury, qui ont accepté d'évaluer ce mémoire.

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

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

Sommaire

Introduction générale	01-02
 Chapitre I : Cadre général du site d'étude 	
I-1 Situation géographique	03
I-1-1 Ville de Cherchell.....	03
I-1-2 Site d'étude.....	03
I-2 Description des sites d'étude	03
I-2-1 Description du site Ouest	03
I-2-2 Description du site Est	04
I-3 Le cadre géologique et géomorphologique	04
I-3-1 Géologie régionale	04
I-3-2 Géologie locale	06
I-3-2 Géomorphologie locale	06
I-4 Cadre climatologique et hydrologique	07
I-4-1 Les précipitations	07
I-4-2 Hydrologie continentale	08
I-5 Cadre océanographique	08
I-5-1 La houle	08
I-5-2 Les courants.....	12
I-6 Les facteurs d'érosion les plus prépondérants à Cherchell	14
I-6-1 Facteurs naturels	14
I-6-2 Facteurs anthropique.....	14
 Chapitre II : matériels et méthodes 	
II-1 La réfraction de la houle	17
II-1-1 introduction.....	17
II-1-2 Principe de calcul de la réfraction de la houle.....	17
II-1-3 Donnée de base.....	18
II-1-3-1 Données bathymétriques.....	18
II-1-3-2 Données de houles au large.....	18
II-1-3-3 Choix du secteur angulaire	18
II-1-4 Déroulement des étapes de la réalisation de la réfraction	19
II-2 Détermination des houles extrêmes au large et à la cote	19
II-1-1 Données utilisées dans la détermination des houles extrêmes	19
II-3 Mode du levé bathymétrique	20
II-3-1 Mode du levé au sonar latéral	20
II-4 Etude sédimentaire	20
II-4-1 Introduction.....	20
II-4-2 Analyse des données de terrain.....	21

II-4-2-1 L choix des sites.....	21
II-4-2-2 Prélèvement et analyse d'échantillon de surface	22
II-4-2-3 Analyse des données sédimentologique	22
II-5 Mouvements sédimentaires	24
II-5-1 Introduction.....	24
II-5 -2 Mouvements sédimentaires engendrés par la houle	24
II-5 -2-1 Mouvement dans le profil	25
II-5 -2-2 Transit littoral	25
II-5 -3 Action du courant sur les sédiments	25
II-5 -5 Estimation de la capacité de transport de la houle	26
II-5-5-1 Calcul de la capacité de transport pour les fonds cylindriques	26
II-5-4-2 Calcul manuel du transit sédimentaire	28

Chapitre III : analyses, résultats et discussions.

III-1 Etude de la réfraction de la houle	29
III-1-1 Les houles au large de Secteur Nord.	29
III-1-2 Les houles au large de Secteur Nord-Est.	29
III-1-3 Les houles au large de Secteur Nord-Ouest.	29
III-1-4 Conclusion sur l'étude de la réfraction de la houle.	39
III-2 Détermination des houles extrêmes au large et à la cote	39
III-3 Etude bathymétrique	46
III-3-1 La morphologie sous marine.	46
III-3-2 Les profils.	46
III-3-3 Conclusion sur l'étude bathymétrique	48
III-4 Etude sédimentologique.	49
III-4-1 Principales caractéristiques du littoral dans le secteur de Cherchell.	49
III-4-2 Analyse de la fraction fine.	49
III-4-3 Analyse de la fraction grossière	50
III-4-3-1 La courbe granulométrique.	50
III-4-4 Conclusion sur l'étude sédimentaire.	51
III-5 Résultat du Calcul de la capacité de transport sédimentaire	52
III-5-1 Résultat du Calcul de la capacité de transport pour les fonds cylindriques	52
III-5-2 Capacités des transports moyennes retenues	54
III-5-3 Calcul du bilan énergétique annuel	54
III-5-4 Calcul du transit sédimentaire	55
III-5-5 Conclusion sur la capacité de transport sédimentaire	55

Chapitre IV : Ouvrages de protections

IV-1 Schéma de protection	56
IV-1-1 Site Ouest	56

IV-1-2 Site Est	58
IV-2 Description des ouvrages à réaliser	61
IV-2-1 Site Ouest	61
IV-2-1-1 Protection Maritime	61
IV-2-1-2 Mur de soutènement.	61
IV-2-2 Site Est	61
IV-2-1-1 Protection Maritime	61
IV-3 Phasage des travaux	61
IV-3-1 Site Est	61
IV-3-2 Site Ouest	61
IV-3 Recherche de Matériaux de construction	64
IV-5 Etude technico- Economique	67
IV-5-1 Site Est	67
IV-5-2 Site Ouest	68
Conclusion.....	70-71

A.F.N.O.R :	Association Française de Normalisation.
D_{CR} :	distance critique
D_n :	diamètre nominal.
D_p :	Profondeur au pied de l'ouvrage.
H_b :	Hauteur de la houle de dimensionnement.
H_i :	Hauteur incidente.
H_s :	Hauteur significative.
H_t :	Hauteur transmise.
K_d :	coefficient du dommage.
K.N.M.I :	Institut météorologique royal Néerlandais.
L.C.H.F :	Laboratoire Central Hydraulique de France.
LEM:	Laboratoire d'étude maritime.
O.N.M :	Office National de Météorologie.
S.S.M.O:	Summary of Synoptic Meteorological Observations.
S.W.A.N :	Simulating Waves Nearshore
X_p :	la distance entre le début de déferlement et l'ouvrage implanté
γ_s :	La masse volumique des blocs.
γ_w :	La masse volumique de l'eau de mer.

Fig. n°01	Situation géographique de la ville de Cherchell (Encyclopédie, 2011)	3
Fig. n°02	Situation et description des sites d'études (Google Earth, 2010)	4
Fig. n°03	Schéma structural de la région ouest algéroise 1/200 000 (Belhaï 1996)	5
Fig. n°04	Evolution des précipitations annuelles entre 1984 -1993 (ANRH)	7
Fig. n°05	Evolution des précipitations mensuelles entre 1984 - 1993 (ANRH)	8
Fig. n°06	Roses récapitulatives de direction des houles au large du secteur (275°-55°) (source : K.N.M.I in Zemenzer 2004)	10
Fig. n°07	Répartition des énergies des houles en fonction de la direction et des périodes les plus courantes. (Source : K.N.M.I in Zemenzer 2004)	11
Fig. n°08	Répartition des énergies des houles en fonction de la direction et des périodes les plus courantes. (Source : K.N.M.I in Zemenzer 2004)	13
Fig. n°09	Schéma probable de l'hydrodynamisme dans le site Ouest de la zone d'étude	13
Fig. n°10	Organigramme du déroulement des étapes de la réalisation de la réfraction.	19
Fig. n°11	Positionnement des points de prélèvements (LEM, 2009)	22
Fig. n°12	Modalité d'analyse granulométrique.	23
Fig. n°13	Réfraction de la houle pour une direction N360° et une période de 6s (LEM, 2009)	30
Fig. n°14	Réfraction de la houle pour une direction N360° et une période de 8s (LEM, 2009)	31
Fig. n°15	Réfraction de la houle pour une direction N360° et une période de 11s (LEM, 2009)	32
Fig. n°16	Réfraction de la houle pour une direction N040° et une période de 6s (LEM, 2009)	33
Fig. n°17	Réfraction de la houle pour une direction N040° et une période de 8s (LEM, 2009)	34
Fig. n°18	Réfraction de la houle pour une direction N040° et une période de 11s (LEM, 2009)	35
Fig. n°19	Réfraction de la houle pour une direction N320° et une période de 6s (LEM, 2009)	36
Fig. n°20	Réfraction de la houle pour une direction N320° et une période de 8s (LEM, 2009)	37
Fig. n°21	Réfraction de la houle pour une direction N320° et une période de 11s (LEM, 2009)	38
Fig. n°22	Périodes de retour des houles extrêmes- secteur du 225 au 285°N - (LEM, 2009)	40
Fig. n°23	Périodes de retour des houles extrêmes- secteur du 285 au 315°N - (LEM, 2009)	41
Fig. n°24	Périodes de retour des houles extrêmes- secteur du 315 au 345°N - (LEM, 2009)	42
Fig. n°25	Périodes de retour des houles extrêmes- secteur du 345 au 15°N - (LEM, 2009)	43
Fig. n°26	Périodes de retour des houles extrêmes- secteur du 15 au 45°N - (LEM, 2009)	44
Fig. n°27	Période de retour des houles extrêmes- Tous secteur - (LEM, 2009)	45
Fig. n°28	Carte bathymétrique des sites de Cherchell et Sidi Giles (LEM ,2004)	47
Fig. n°29	Répartition des pélites dans la région de Cherchell (LEM ,2004)	49
Fig. n°30	Fuseau de courbe granulométriques de la région de Cherchell (LEM, 2009)	50
Fig. n°31	Répartition spatiale de la médiane granulométrique dans la région de Cherchell (LEM ,2009)	51
Fig. n°32	Installation des ouvrages littoraux sur la zone de Cherchell (Google Earth, 2011)	58
Fig. n°33	Le profil type de la protection du site Ouest (DTP de la wilaya de Tipaza, 2004)	59
Fig. n°34	Le profil type de la protection du site Est (DTP de la wilaya de Tipaza, 2004)	60
Fig. n°35	Ouvrage à réaliser-site Est- (DTP de la wilaya de Tipaza, 2004)	62
Fig. n°36	Ouvrage à réaliser-site Ouest- (DTP de la wilaya de Tipaza, 2004)	63

Tableau n°01	Fréquence mensuelle de la houle au large par direction en pourcentage (SSMO, 1963-1970)	9
Tableau n°02	Amplitudes des houles en fonction des directions et leurs périodes de retour (SSMO, 1963-1970)	10
Tableau n°03	Répartition des états de mer par période (SSMO, 1963-1970)	11
Tableau n°04	Conditions de houles retenues dans le cadre de cette étude (LEM, 2009)	19
Tableau n°05	Répartition des sédiments en fonction de leurs diamètres (LEM, 2009)	21
Tableau n°06	Vitesse moyenne d'un courant nécessaire pour entraîner un grain (LEM, 2009)	26
Tableau n°07	Amplitude de la houle au large dans la zone de Cherchell (en m) (LEM, 2009)	27
Tableau n°08	Fréquence annuelle de la houle dans la zone de Cherchell (%) (LEM, 2009)	27
Tableau n°09	Récapitulatif des données nécessaires pour le calcul du transit sédimentaire (LEM, 2009)	27
Tableau n°10	Coordonnées des points d'extraction (LEM, 2009)	28
Tableau n°11	Réfraction des houles de direction N, NE et NW (LEM, 2009)	29
Tableau n°12	Réfraction des houles extrêmes au large et à la cote (LEM 2009)	39
Tableau n°13	Coefficient de réfraction moyen (K_r) toutes périodes de retour confondues (LEM, 2009)	39
Tableau n°14	Capacités des transports moyens retenues (LEM, 2009)	54
Tableau n°15	Récapitulatif du bilan d'énergie annuel par direction et par période (LEM, 2009)	54
Tableau n°16	Réduplicatif du calcul de l'angle « α » et de la fonction $F(\alpha)$ (LEM, 2009)	55
Tableau n°17	Récapitulatif du transit sédimentaire par période et par direction (LEM, 2009)	55

Photo n° 1	Une embouchure d'eau usée dans la zone.	16
Photo n° 2	Embouchure d'eau usée dans la zone (absence d'un réseau d'assainissement).	16
Photo n° 3	Action de la mer sur la cote (obliquité des vagues).	16
Photo n° 4	Avancement de la mer sur une partie de la falaise (pied de falaise dégradé).	16
Photo n° 5	Granulométrie grossière témoigne de la forte énergie de la houle.	16
Photo n° 6	Etat de pollution de la falaise par les déchets domestiques.	16
Photo n° 7	Ouvrage de protection -site Est-	69
Photo n° 8	Ouvrage de protection -site Est-	69
Photo n° 9	Ouvrage de protection -site Ouest-	69
Photo n° 10	Ouvrage de protection -site Ouest-	69
Photo n° 11	Fabrication du mur de soutènement	69
Photo n° 12	Canalisation des eaux usées	69

Introduction Générale

Introduction Générale :

Le littoral algérien connaît un recul très important de son linéaire côtier ces dix dernières années, dû essentiellement à l'urbanisation qui s'est concentrée et amplifiée autour des grandes villes qui se situent principalement sur le littoral. Cette anthropisation accentuée déforme et dégrade la côte par rapport à ce qu'elle était avant. L'avancée de la mer sur le littoral a connu un élan brutal par les différentes actions des houles et vient accentuer ce déséquilibre côtier.

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

La lutte contre l'érosion exige une compréhension adéquate des processus fondamentaux qui entrent en jeu, tels que l'hydrodynamisme, la morphologie côtière, les facteurs subaériens, et les facteurs anthropiques. Ceci pour aboutir à des solutions adéquates.

La dégradation côtière est un problème que l'on retrouve dans le monde entier, notre littoral n'est malheureusement pas épargné par ce phénomène de plus en plus fréquent sur nos côtes. Le danger de voir nos plages se défigurer et perdre de leur biodiversité est aujourd'hui encore plus réel, atteignant un niveau suffisamment alarmant pour que les autorités se décident à mettre en œuvre une stratégie qui permettra leur reconstitution et leur protection. C'est aussi l'objectif principal de notre étude qui va porter sur la protection des deux sites se situent l'un à l'Est et l'autre à l'Ouest du port de Cherchell, après avoir identifié les causes et les conséquences de l'érosion sur ce site.

La ville de Cherchell est située à une centaine de Kilomètres à l'Ouest d'Alger, elle est entièrement construite sur une falaise située à une vingtaine de mètres au dessus du niveau de la mer. Le site de Cherchell fait partie de la côte de la Wilaya de Tipaza à protéger.

A l'Est et à l'Ouest de Cherchell, la crête de la falaise varie entre 6 et 20m au dessus du niveau de la mer.

En ces deux sites, l'absence de protection du pied de ces falaises contre les effets de la mer et d'un manque de réseau d'assainissement, d'autre part, a conduit à une érosion de talus pouvant entraîner la dégradation de la RN 11 reliant Cherchell-Tipaza à l'Est du port et la mise en danger des habitations surplombant la falaise Ouest du port.

Le but de ce projet de mémoire de fin d'étude dont l'intitulé « Erosion du littoral de Cherchell : Causes, conséquences et solution d'aménagement », consiste à faire un diagnostic sur notre zone d'étude, en évaluant les paramètres physiques et hydrodynamiques ainsi identifier les causes et les conséquences de cette érosion dans un premier temps, ensuite la présentation des ouvrages de protection et leurs rôle dans la stabilisation et le ralentissement du recul du tracé de côte dans un deuxième temps.

Notre travail a été partagé en trois grands volets :

- Une collecte de données de base et de terrain.
- Une étude analytique des données avec présentation des résultats.
- Des propositions de solutions d'aménagement et de protection.

Pour mener à bien ce travail, qui a été proposé par CNL (commissariat national du littoral) nous avons effectué une recherche bibliographique (ENSMAL). Nous avons sollicité certains organismes notamment la DTP de la Wilaya de Tipaza (Direction des Travaux Publique), ainsi nous avons exploité la documentation, traitant du sujet, présente au LEM (Laboratoire d'Etudes Maritimes).

Chapitre I

Cadre général du site d'étude

I-1 Situation géographique

I-1-1 Ville de Cherchell

Cherchell est une ville côtière, située à environ 100 Km à l'ouest d'Alger, positionnée à 2° 11' de longitude EST et 36° 5' de latitude NORD.

La ville de Cherchell est entièrement construite sur une falaise située à une vingtaine de mètres au-dessus du niveau de la mer.

Le port de Cherchell est situé à 36°36'44" de latitude Nord et à 2° 11' 25" de longitude Est. Il se trouve à l'extrémité Est de la Corniche de Dahra, il est encadré à l'ouest par l'oued Messelmoune et à l'Est par les oueds de Bello et Hachem situés respectivement à 15 Km, 3 Km et 5 Km du port.



Figure n° 1 : Situation géographique de la ville de Cherchell
(Encyclopédie, 2011)

I-1-2 Sites d'étude

Les deux (02) sites, objet de cette étude se situent l'un à l'Est et l'autre à l'Ouest du port de Cherchell, ce port est situé à une centaine de km environ à l'Ouest d'Alger par la R.N.11.

I-2 Description des sites d'étude

I-2-1 Description du Site Ouest :

La zone d'étude a une longueur de 500 m. Elle présente un tracé légèrement convexe où l'érosion la plus forte a lieu dans sa partie centrale en raison d'une mauvaise stabilité, à l'Ouest du port, la crête de la falaise atteint presque 20 m au-dessus du niveau de la mer.

I-2-1 Description du Site Est :

La largeur du site à étudier est d'environ 264 m, la falaise n'est pas rocheuse, mais elle est constituée par des matériaux de remblaiement qui s'érodent à la suite d'intempéries en absence de conduites de canalisation, à l'Est du port, la crête de la falaise n'atteint que 6 à 10 m au-dessus du niveau de la mer.



Figure n° 2 : Situation et description des sites d'études
(Google Earth, 2011)

I-3 Le cadre géologique et géomorphologique

La connaissance de la géologie et la géomorphologie locale d'un site permet de définir sa sensibilité face aux agressions marines. En effet, l'aspect géologique et géomorphologique apporte un complément indispensable dans le diagnostic de la zone d'étude, ce dernier réalisé en vue d'apporter des éléments de réponse sur les différents phénomènes d'érosion susceptibles d'être observés sur la zone. (Assassi ; 2010)

I-3-1 Géologie régionale

La région de Cherchell est située dans la partie septentrionale du Dahra oriental, elle correspond à la zone tellienne. Celle-ci, va des hauts plateaux, jusqu'à la mer Méditerranéenne.

La chaîne des maghrébides, dont fait partie la zone ouest algéroise, comprend :

- des zones internes et des zones externes ;
- des formations néogènes (post-nappes), qui scellent les contacts tectoniques, inter et intra-unités, de ces grands ensembles géologiques.
- des flyshs et des roches éruptives.

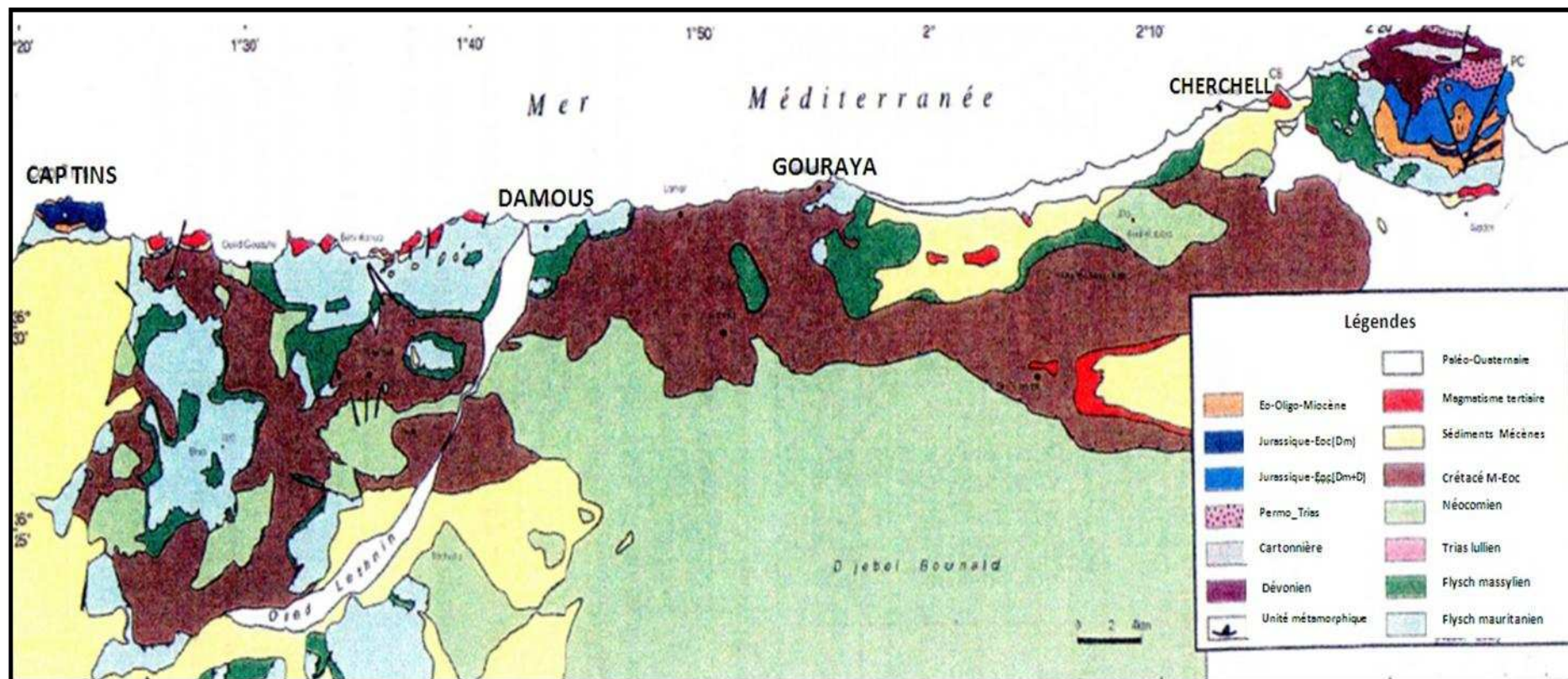


Figure n° 3 : Schéma structural de la région ouest algéroise 1/200 000, (Belhaï 1996)

I-3-2 Géologie locale

Les reliefs dominants, aux environs du site, culminent à 500 m d'altitude, ils sont constitués de flyschs, partiellement masqués par des horizons conglomératiques et marneux, d'âge, miocène post-nappes.

Entre Cherchell et Gouraya, le substratum est presque complètement masqué par des formations quaternaires (colluvions, éboulis, alluvions et formation de plage), sur la plaine côtière, qui atteint localement, 1 km de large. Cependant, quelques affleurements sont visibles, notamment, au niveau du site de Hadjret En Nous, le long des falaises de bord de mer, qui terminent des plateaux, recouverts par des colluvions quaternaires.

La terrasse de 15/20 mètres présente des surfaces horizontales importantes et un bon sol favorables à la culture, c'est sur cette terrasse que sont bâties les localités importantes de la côte (Cherchell, Gouraya) et que c'est concentrée principalement l'activité dans la région côtière, elle est parcourue par les routes de la côte.

Toute la zone est constituée de terrasses du quaternaire marin et continental.

Les vallées larges, à fond plat remblayées par des alluvions récentes de l'oued Damous et de l'oued Hachem sont utilisées pour la culture par suite de l'horizontalité du sol et de la facilité des irrigations.

I-3-3 Géomorphologie locale

Le site de Cherchell qui fait partie des sites de la côte de la Wilaya de Tipasa est composé de deux zones particulièrement distinctes l'une de l'autre, les deux zones se situent de part et d'autre du port.

La zone Ouest (longueur 500m à partir du port) se caractérise par une falaise abrupte dont la hauteur diminue d'Est en Ouest et la crête varie entre + 16,00 m et + 22,00 m NGA avec un tracé légèrement convexe.

La morphologie de la falaise est assez hétérogène et présente à flanc de parois des niveaux plus au moins durs et des bancs de grès consolidés : les bancs durs donnent des plaques rocheuses qui constituent un éboulis en pied de falaises.

Les blocs d'éboulis protègent momentanément la base de la falaise, avant d'être érodée.

La zone Est se caractérise par un rivage à profil irrégulier qui longe la route menant au mont Chenoua.

Cette zone abrite une petite plage rocheuse en forme de baie, la falaise dont le sommet oscille entre + 4.50 m et + 10.00 m NGA n'est pas rocheuse mais elle est constituée par des matériaux de remblaiement qui s'érodent facilement. La base du talus attaquée par la houle qui entraîne les matériaux fins meubles, sous-cave la falaise provoquant, ainsi des éboulements de la falaise (Benchaou, 1998).

I-4 Cadre climatologique et hydrologique

La détermination du caractère de climat est très importante pour mieux apprécier les régimes hydrodynamiques se déployant dans notre zone d'étude et qui sont responsables de toute transformation morpho-sédimentaire.

La ville de Cherchell comme l'ensemble de la côte algérienne est caractérisée par un climat méditerranéen tempéré ; relativement froid et humide en hiver, chaud sèche en été.

I-4-1 Les précipitations

Dans les sols, le ruissellement lié à de fortes précipitations entraîne le départ de terre par érosion de façon spectaculaire en creusant de profondes ravines ou plus discrètement en emportant les éléments du sol.

La région d'étude est soumise à un climat méditerranéen, caractérisé par des pluies qui sont fréquentes en automne et en hiver et diminuent dès la fin du printemps et deviennent presque nulles en été.

Les précipitations interannuelles montrent un écart de près de 2 fois d'une année à l'autre. En 1984, les pluies ont atteint 839 mm, alors qu'en 1987, il n'a plus que 332 mm. Ceci montre l'irrégularité des pluies. La pluviométrie moyenne interannuelle est de 480.69 mm.

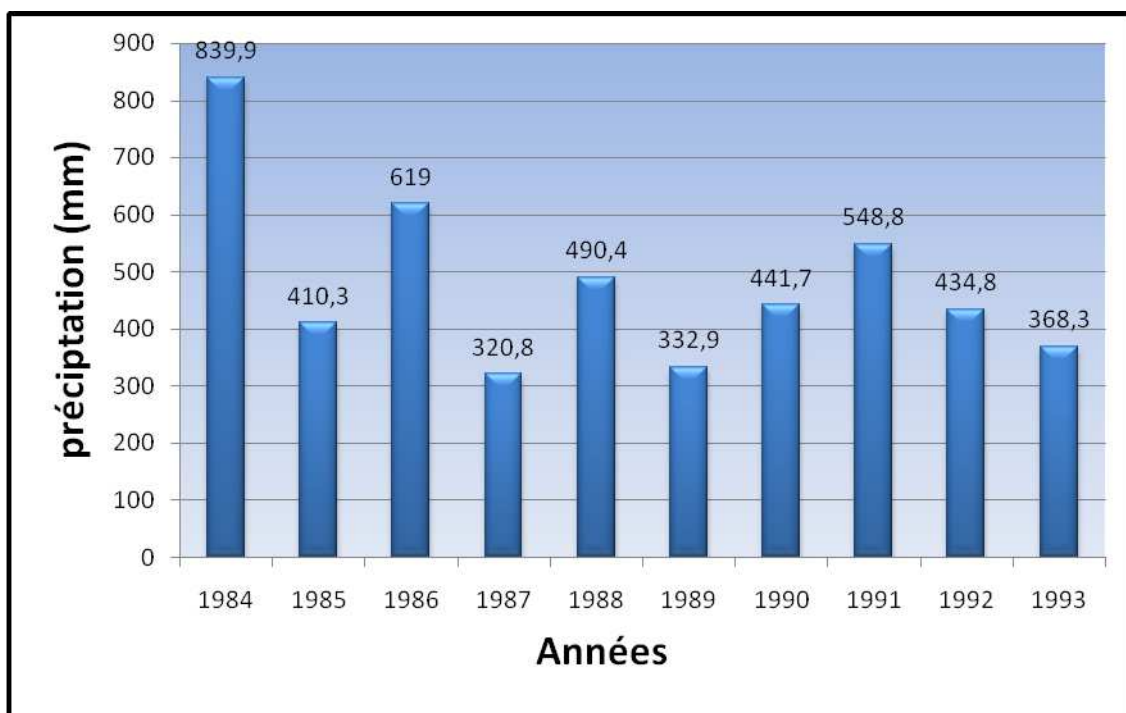


Figure n° 4 : Evolution des précipitations annuelles entre 1984 -1993 (ANRH)

Deux saisons humides se distinguent : l'une allant du mois d'Octobre au mois de Janvier où la moyenne mensuelle maximale atteint 71 mm et l'autre plutôt sèche allant du mois de Juin au mois de Septembre avec un minimum de 7,37 mm. Il existe cependant, une période transitoire entre Février et mai où les précipitations moyennes varient entre 29 et 50mm. La pluviométrie moyenne mensuelle est de 38.42 mm.

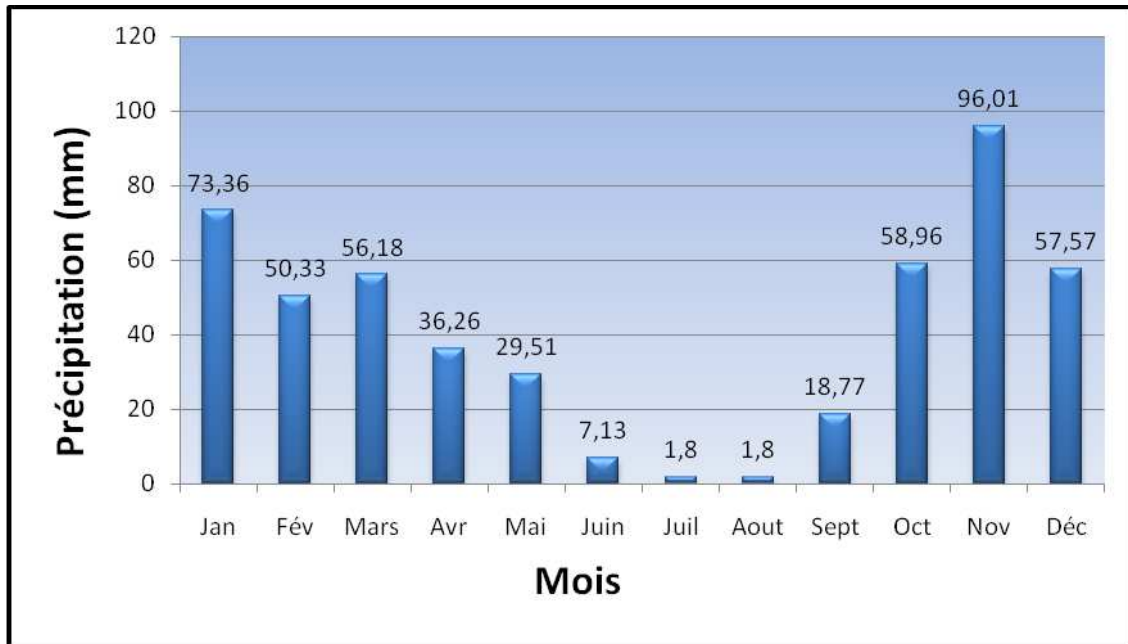


Figure n° 5 : Evolution des précipitations mensuelles entre 1984 - 1993 (ANRH)

En conclusion, les écarts inter annuels et inter saisonniers des précipitations peuvent provoquer des déséquilibres de la côte et se présentent donc comme un facteur favorisant l'érosion marine

I-4-2 Hydrologie continentale

L'hydrologie « continentale » conditionne le transport sédimentaire, par ruissellement et écoulement, du matériel détritique produit par les versants. Elle est donc le vecteur des apports sédimentaires à la côte.

Le réseau hydrographique de la partie Ouest de la Wilaya de Tipaza se caractérise par la présence des oueds à régime temporaire et irrégulier tels que oued Damous, oued Hachem .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 la saison hivernale.

I-5 Cadre océanographique

Plusieurs facteurs océanographiques, comme l'élévation du niveau marin ou la marée entraînent une évolution du littoral mais l'énergie la plus forte sur le littoral est liée à la houle, agent essentiel responsable des processus dynamiques dans le domaine côtier.

I-5-1 La houle

On appelle houle l'ensemble des ondulations ou vagues parallèles presque identiques qui se propagent de façon uniforme vers le rivage (Bonnefille, 1976).

Elle se propage plus au moins régulièrement jusqu'à l'approche des côtes, ou elle subit des modifications par réfraction et déferlement.

La houle est le facteur le plus important dans la dynamique sédimentaire des petits fonds. La direction de propagation de la houle est liée à celle du vent, longueur d'onde de la houle (Bonnefille, 1980).

On dispose des données de houles de l'U.S. Naval Weather Command intitulé Summary of Synoptic Meteorological Observation (SSMO) pour une période s'étalant de 1963-1970, et qui couvrent un secteur qui se situe en longitude Est de 2° à 5° et en latitude Nord de 36,5° à 38° (tableau n° 1), permettant d'effectuer une analyse statistique de la houle au large de la région de Cherchell qui est situé par 2°11'E et 36,5°N appartient donc au secteur de houle présenté par le SSMO .

Tableau n° 1 : Fréquence mensuelle de la houle au large par direction en pourcentage (SSMO, 1963-1970)

Direction	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Mois								
Janvier	8,1	12,9	18,2	18,2	6,5	13,2	28,8	7,3
Février	8,8	10,3	10,3	12,6	6,1	16,9	35,6	5,8
Mars	11,3	12,6	12,6	15,8	4,5	12,3	30,5	9,2
Avril	11,7	15,4	15,4	16	4,4	13,7	26,7	10,2
Mai	8,2	26,3	26,3	31,9	3,3	7,2	13,9	5,2
Juins	9,2	29,1	29,1	29,8	1,4	8,2	16,4	4,2
Juillet	5,9	32,5	32,5	35,1	1	5,9	16,3	2
Août	8,8	27,7	27,7	37,3	1,1	5	13,4	4,9
Septembre	6,7	26,4	26,4	40,5	2,3	4,6	14,8	2,5
Octobre	7,8	14,1	14,1	20,3	4,2	14,8	28,8	6,8
Novembre	5,5	5,8	5,8	10	8	15,9	40,4	9,4
Décembre	10,2	6,2	6,2	9,4	7,5	15	37,1	10
Moyenne	8,52	18,28	18,72	23,08	4,19	11,06	25,23	6,46

- Les houles de direction Ouest, Sud-Est, Est et le Nord-Est sont les plus fréquemment observées, les fréquences d'apparitions sont plus faibles pour le secteur Nord, Sud et Nord-Ouest.
- La direction Nord à une répartition assez régulière au cours de l'année.
- En été les houles d'Est, Nord-Est et Sud-Est prédominent alors qu'en hiver le secteur d'Ouest est privilégié.

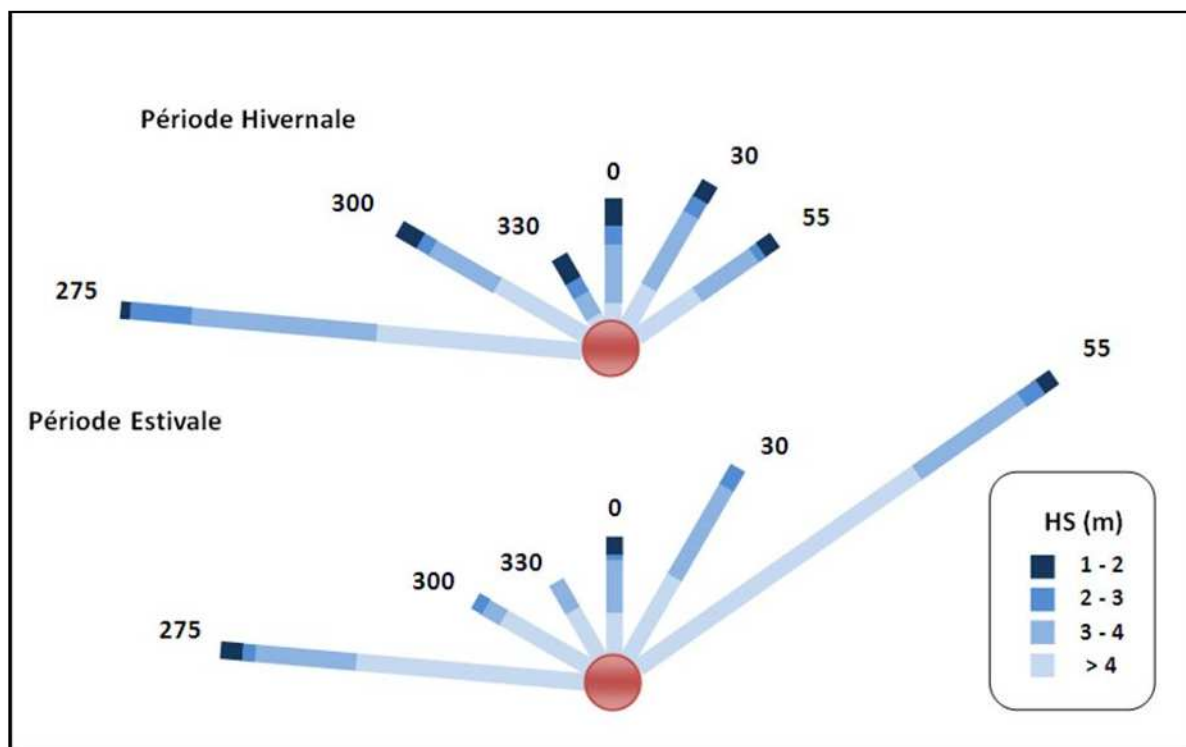


Figure n° 6 : Roses récapitulatives de direction des houles au large du secteur (275°-55°)
(source : K.N.M.I in Zemenzer 2004)

On déduit que la répartition des houles est globalement concordante avec le régime des vents.

En hiver : Les houles d'Ouest dominant avec la majorité des amplitudes sont entre 1 et 3 m pouvant atteindre les 4m, elles engendrent des courants de retour qui entraînent les sédiments vers le large (Boutiba, 1996).

En été : Les houles les plus dominantes sont issues du secteur Nord-Est avec des amplitudes moins faibles, et on remarque aussi que les houles de secteur Ouest sont assez importantes, elles engendrent une dérive littorale de l'Est vers le Sud-ouest.

L'analyse des données du S.S.M.O présentées sous forme de (tableau n° 1) et celles du K.N.M.I (Institut météorologique royal Néerlandais), (Figure n° 6) confirment parfaitement cette répartition :

Tableau n° 2: Amplitudes des houles en fonction des directions et leurs périodes de retour
(SSMO, 1963-1970)

Direction	Nord	Nord-Est	Est	Ouest	Nord-Ouest
période de retour (m)					
biennale	4.90	4.93	4.12	7.36	4.16
Quinquennale	5.75	5.67	4.70	8.43	4.87
Décennale	6.38	6.23	5.14	9.22	5.40
Vingtennale	7.02	6.79	5.59	10.02	5.94
Cinquantennale	7.87	7.53	6.17	11.08	6.65
Centennale	8.50	8.08	6.62	11.88	7.18

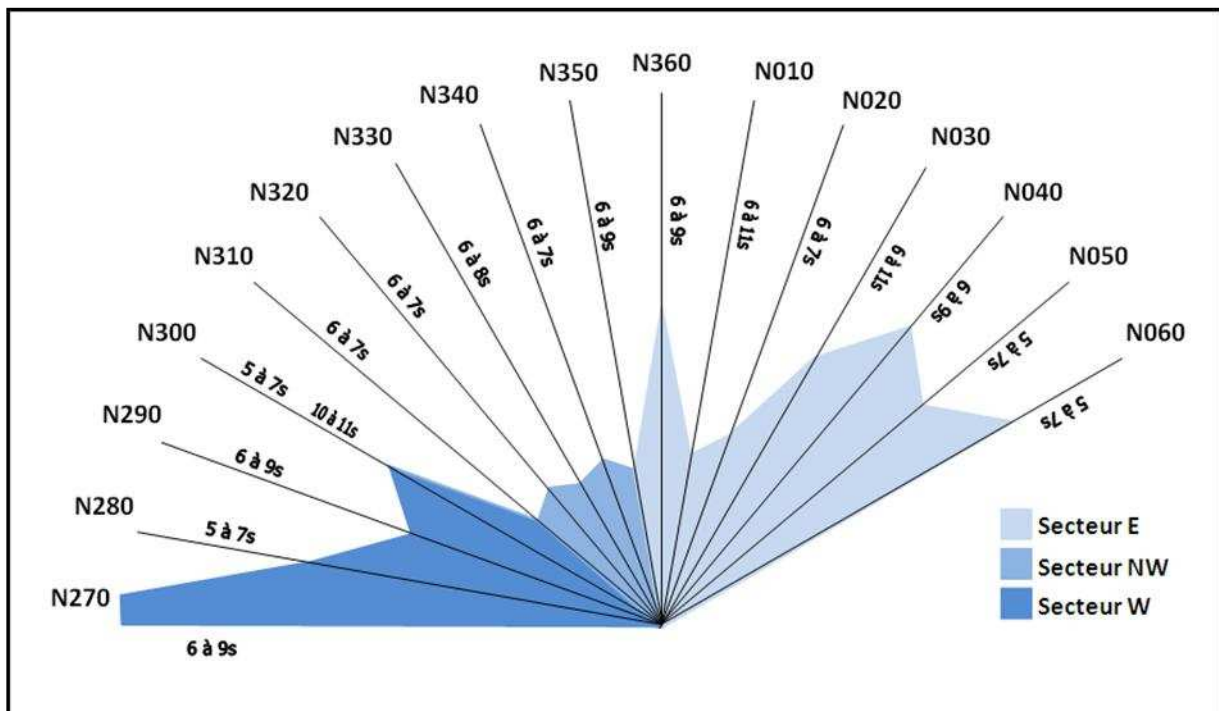


Figure n° 7 : Répartition des énergies des houles en fonction de la direction et des périodes les plus courantes. (Source : K.N.M.I in Zemenzer 2004)

Les données de (tableau n° 2) concordent avec celles observées auparavant (tableau n° 1), pour les périodes de retour biennales on observe que ce sont les houles essentiellement de direction Ouest qui sont les plus énergétiques avec une valeur de 7.36m. Par contre les houles de direction Est sont les plus faibles avec des valeurs même centennales ne dépassant pas 7m. La répartition des périodes de la houle est donnée par état de la mer dans le tableau ci-dessous :

Tableau n° 3 : Répartition des états de mer par période (SSMO, 1963-1970)

Etat de la mer	Périodes de la houle					
	< à 6s	6-7s	8-9s	10-11s	11-12s	13s
Calme	5,2	0,1	-	-	-	-
0	20,8	1,9	0,4	-	-	-
1	24,6	13,1	2,7	0,5	0,2	-
2	2,6	5,4	3,1	0,9	0,2	-
3	0,4	1,1	1,00	0,6	0,2	-
4	0,1	0,5	0,3	0,3	0,3	-
Totale (%)	53,7	22,1	7,5	2,3	0,9	-

Les houles observées ont pour la majorité une période courte (pour 75% la période est $\leq 7s$), seuls 3% des houles ont une période comprise entre 10 et 13s.

I-5-2 Les courants

Les courants sont responsables de l'état dynamique des sédiments, (érosion, transport et sédimentation).

- **Le courant Algérien :**

Les travaux de Millot de 1985 ont abouti à un nouveau modèle de dynamique des eaux Atlantiques dans le bassin Algérien. Cet auteur considère le courant comme un flux turbulent qui génère par des processus adventifs des tourbillons cycloniques et anticycloniques. Le grand courant se déplace de l'Ouest vers l'Est en décrivant des tourbillons de 100 Km de diamètre et de 200 m d'épaisseur dans la couche de surface.

Il circule de la manière continue le long de la côte près de 0° (longitude de Mostaganem) et devient à suite instable à partir de 1° et 2° Est entre Ténès et Cherchell.

La vitesse est comprise entre 0.5 et 1 nœud pendant 15% du temps. Le courant a une vitesse supérieure à 2 nœuds pendant 1% du temps.

Concernant notre zone d'étude, les vents lorsqu'ils soufflent sur un plan d'eau calme engendrent un courant de surface dont la vitesse est de première approche de 1 à 2 % de celle des vents. Aussi, les directions moyennes de ces courants sont Nord-est / Sud- Ouest et Ouest / Est.

Le courant de direction Nord-est / Sud-ouest est parallèle à la côte, par contre le courant de direction Ouest/Est est oblique. L'intensité des courants, les fréquences et les directions des houles et des vents évoluent dans un même sens et selon une bonne proportionnalité.

- **Les courants liés aux vents :**

La campagne courantométrique effectuée par l'équipe de géologie marine (SSMO, 1982) par un suivi des flotteurs dérivants donne des vitesses comprises entre (4 et 38 cm/s) pour les flotteurs de surface à (-1,40m) et (28 cm/s) pour ceux du fond à (- 5m).

Ces mesures ont été réalisées dans des conditions d'agitation de la mer moyenne avec des amplitudes maximales de houle de 1.50m à 2m.

Les directions moyennes de courant observées sont nord-est/ sud-ouest et ouest/est, selon les lâchers.

Le courant de direction nord-est / sud-ouest est parallèle à la cote, par contre le courant de direction ouest/est est oblique à celle-ci, L'intensité des courants, les fréquences et les directions des houles et des vents évoluent dans un même sens et selon une bonne proportionnalité.



Figure n° 8: Schéma probable de l'hydrodynamisme dans le site Est de la zone d'étude (Google Earth, 2011)

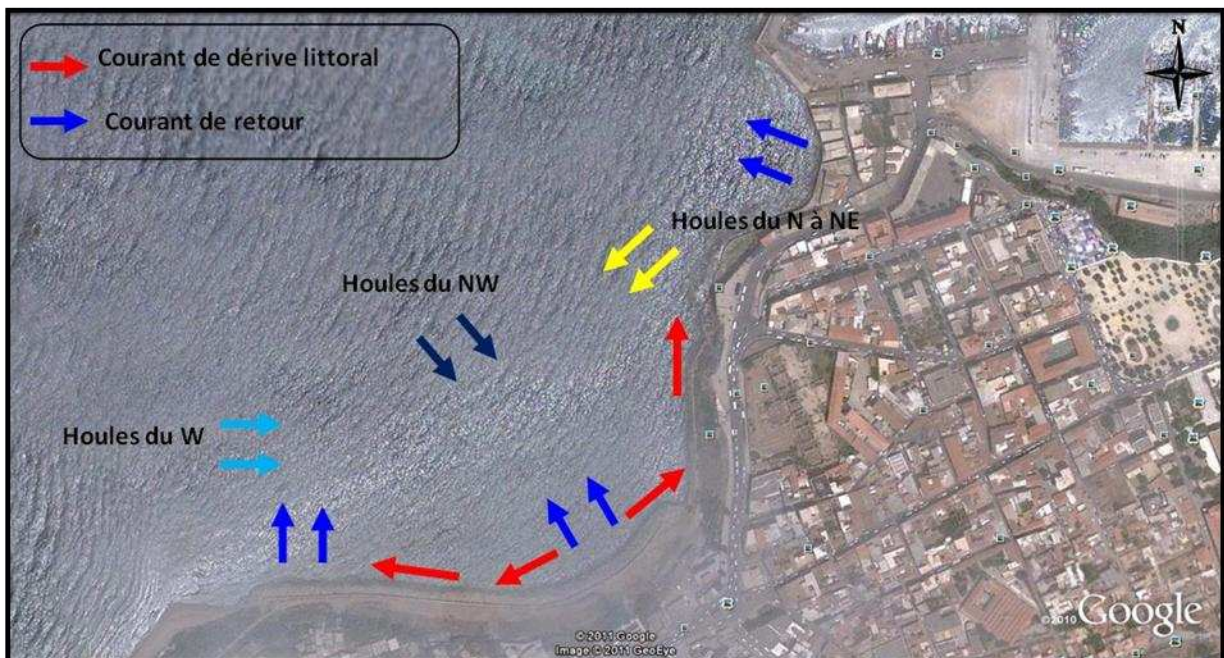


Figure n° 9: Schéma probable de l'hydrodynamisme dans le site Ouest de la zone d'étude (Google Earth, 2011)

I -6 Les facteurs d'érosion les plus prépondérants à Cherchell (CNL, 2009)

Le site de Cherchell qui fait partie des sites de la cote de la wilaya de Tipaza à protéger, est composé de deux zones particulièrement distinctes l'une de l'autre. Les deux zones se situent de part et d'autre du port.

La zone Ouest qui est de loin la plus dégradée se caractérise par une falaise abrupte dont la hauteur diminue d'Est en Ouest. L'érosion a eu pour conséquence de mettre en danger certaines des habitations sur montant de la falaise.

La zone Est se caractérise par un rivage à profil irrégulier qui longe la route menant au mont de Chenoua. Pour cette zone le diagnostic est relativement simple à établir et montre un recul de la falaise par effondrement mettant en danger par endroit la route qui lui est parallèle.

A la suite des différentes visites que nous avons effectuées. Il a pu être conclu que l'érosion de la falaise est principalement due à deux phénomènes :

- Absence de la protection de la falaise fait que le pied est attaqué directement par la houle (facteur naturel).
- L'absence d'un réseau d'assainissement a conduit à une infiltration des couches perméables par les eaux usées domestiques et par conséquent, a amoindri la stabilité d'ensemble de la falaise (facteur anthropique).

I -6-1 Facteurs naturels :

Se traduit par un transport sédimentaire causé par les houles qui par l'énergie qu'elles dissipent à l'approche de la côte et suivant l'obliquité de leurs attaques vis-à-vis le rivage provoquant des transits perpendiculaires à la plage, et puisque aucune alimentation plus ou moins importante ne vient compenser ce transit, celui-ci à, par des quantités importantes de matériaux mises en mouvement, entraîne un déficit sédimentaire et une érosion au pied de la falaise, en absence de végétation en talus dans le site Ouest, et des éboulements provoqués par l'entraînement des matériaux fins meubles dans le site Est.

I -6-2 Facteurs anthropiques:

Un bilan diagnostic du littoral de la wilaya de Tipaza que nous l'avons fait en coopération avec le commissariat national du littoral avait pour but l'identification des points de rejet, des constructions illicites, des différents types de pollution, de l'état des plages ainsi que différentes anomalies et agressions existants sur le littoral, ce bilan a montré les points suivants :

A l'Ouest du port de Cherchell et sous le vestige Romain dit « Bâb El Ghreb » se trouve l'endroit dit « El Kettar » avec d'importantes ruines romaines qui s'étendent sur une superficie de 0,7 ha à une quarantaine de mètres du rivage :

Nous avons noté la présence de trois rejets importants se déversant directement en mer :

- Rejet de l'Académie militaire de Cherchell directement sous le monument de « Bab El Ghareb », le propriétaire de la société Furuno de vente de matériels de radionavigation a réorienté ce rejet d'une dizaine de mètres car il se trouvait au milieu d'habitations. Il a aussi réalisé des aménagements en béton armé pour reconforter la falaise et il a aménagé deux sources d'eau potable, le contrôle de qualité de ces sources se fait par l'ACP
- Rejet du centre-ville et de l'agglomération « El Kettar », se trouve sous les arrêts de bus et à quelques dizaines de mètres des ruines romaines.
- On distingue aussi un rejet du centre-ville et de la pêche.

Ainsi au niveau du port on remarque la présence de :

- Travaux d'aménagement et d'extension du port qui durent depuis deux ans.
- Dépotoirs sauvages et de gravats du chantier en cours.
- Rejet de près d'un mètre de diamètre bloqué avec des gravats mais le débit reste assez fort.

A l'Est du port, à l'endroit dit « Sidi Braham » existent trois points de rejet :

- Deux rejets provenant des cités « Sidi Braham », « Mousousni » et « les 200 logements ».
- L'oued « Mah » qui draine les eaux pluviales.

Conclusion :

Les mouvements dynamiques (l'érosion côtière), dans la zone du port de Cherchell sont provoqués par deux facteurs, un facteur naturel qui est la houle qui peut causer des dégâts sur les infrastructures côtières lors d'une tempête, mais aussi accélérés par un facteur anthropique générant qui est l'absence d'un réseau d'assainissement, ce dernier a amoindri la stabilité d'ensemble de la falaise, ainsi des problèmes d'ordre environnemental, susceptibles de s'aggraver dans le future.



Photo n°1 : Une embouchure d'eau usée dans la zone.



Photo n°2 : Embouchure d'eau usée dans la zone (absence d'un réseau d'assainissement).



Photo n°3 : Action de la mer sur la cote (obliquité des vague).



Photo n°4 : Avancement de la mer sur une partie de la falaise (pied de falaise dégradé).



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



Photo n°6 : Etat de pollution de la falaise par les déchets domestiques.

Chapitre II

Matériel et méthode d'analyse

II-1 La réfraction de la houle

II-1-1 Introduction

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

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

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, par ce que on peut pas attribuer une grande précision aux résultats du calcul du transit sédimentaire vu qu'il est essentiellement basé sur des formules empirique et sur des statistiques de la houle. Pour cela cette estimation du transit sédimentaire doit être corrélée à des données de terrains (volume de sédiment accumulés contre un ouvrage par exemple), ceci dans le but de donner un ordre de grandeur du transit résultant ainsi que la direction prédominante du déplacement des sédiments.

II-1-2 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 ou les houles ne sont pas réfractées. Le coefficient de réfraction est défini de la manière suivante :

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

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

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

Et est donc parfaitement adopté à la problématique du littoral ouest algérien dont fait parti notre site d'étude. Les résultats sont donc exploités sous deux formes :

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

II-1-3 Donnée de base

II-1-3-1 Données bathymétriques

La bathymétrie utilisée pour cette étude de réfraction est celle issue de la digitalisation de la carte SHOM ainsi que celle issue de la compagnie de reconnaissance sur site .les carte utilisées pour la partie ouest de la wilaya de Tipaza sont :

- Carte de la cote septentrionale d'Afrique-partie comprise entre Alger et Cherchell. L'échelle de la carte est de 1/100 720^{ème}.
- Carte de la cote septentrionale d'Afrique-partie comprise entre Cherchell et Ténès. L'échelle de la carte est de 1/100 550^{ème}.

Pour la bathymétrie locale, des levées bathymétriques ont été effectuées dans la zone ouest de la wilaya de Tipaza dont fait partie la ville de Cherchell qui est le sujet de notre étude.

Les profils ont été espacés tous les 200 m à l'exception portuaire ou l'espacement entre profils varie entre 50 m et 100 m.la longueur maximale par profil est de l'ordre de 01 km et la profondeur maximal atteinte est de 20 m.

II-1-3-2 Données de houles au large

Les données de houle au large utiliser pour le calcul de réfraction sont celle de Météo France issue des observations de navire sur la période 1973-2003/zone 3 (36° à 38° 30'N - 0° 30' à 3°E).

Un traitement statistique de ces données a permis de déterminer les fréquences d'apparition de houle par direction et par période. (LEM, 2009)

II-1-3-3 Choix du secteur angulaire

Trois (03) directions ont été retenues en tenant compte des tableaux de fréquences par direction des houles au large :

- Une direction approximativement perpendiculaire à la cote pour mesurer les effets d'une houle frontale.
- Deux directions de part et d'autre de cette direction perpendiculaire à la cote.

Le choix des périodes a été fait en fonction de la répartition des probabilités de dépassement d'une houle d'amplitude donnée. Pour le littoral de la wilaya de Tipaza (ville de Cherchell) et pour les directions retenues, les houles de forte amplitude (>11s) ont une probabilité d'apparition relativement faible.

L'étude de ces périodes (>11s) a donc peut d'intérêt. Un calcul de houle équivalente en fonction de la période a été effectué pour déterminer les conditions de la houle au large pour le secteur affectant la zone d'étude.

Les directions et périodes retenues ainsi que les houles équivalentes calculées sont présentées dans le tableau n° 07 :

Tableau n° 4 : Conditions de houles retenues dans le cadre de cette étude (LEM, 2009)

Période	Direction de la houle au large			
	N 320°	N 360°	N 30°	N 40°
6s	Hs =1,14m	Hs =1,22m	Hs =1,22m	Hs =1,16m
8s	Hs =2,53m	Hs =2,51m	Hs =2,54m	Hs =2,49m
11s	Hs =3,97m	Hs =3,96m	Hs =3,94m	Hs =4,02m

II-1-4 Déroulement des étapes de la réalisation de la réfraction

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

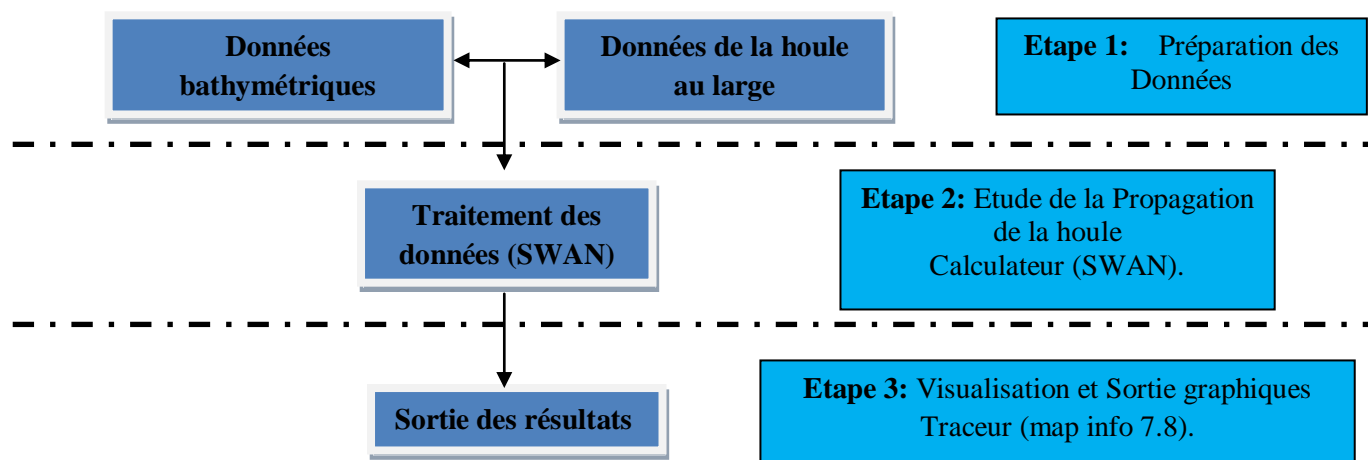


Figure n° 10 : Organigramme du déroulement des étapes de la réalisation de la réfraction.

II-2 Détermination des houles extrêmes au large et à la cote

La détermination des houles extrêmes au large et à la cote associées à des périodes de retour a été effectuée sur la base des statistiques de la houle au large par secteur de provenance en utilisant une moulinette de calcul nommée « Solveur » développée par SOGREAH.

Cette moulinette basée sur la méthode de Weibullmin et des moindres carrées (formule écrite pour 2600 tempêtes maximum) donne les hauteurs extrêmes de la houle en fonction de la période de retour associée.

II-2-1 Données utilisées dans la détermination des houles extrêmes

Pour le large, les données de houle utilisées sont les données brutes de Météo-France issue des observations de navire sur la période 197362003/zone 3 : 36° à 38° 30'N – 0° 30' à 3° E qui couvrent les trois (03) secteurs de la wilaya de Tipaza dont fait partie le secteur de la ville de Cherchell. Les hauteurs extrêmes de la houle à la cote, sont obtenues à partir des résultats de la réfraction (hauteur de houle à la cote) et en utilisant une moulinette de transfert « gotransfert » développée par SOGREAH.

II-3 Mode du levé bathymétrique

Des levés bathymétriques ont été effectués pour les sites Ouest et Est par le LEM serviront entre de bathymétrie d'approche, entre zéro et -20m à l'étude de réfraction.

Les levés bathymétriques sont exécutés par une brigade composée de huit personnes ; 1 Ingeieur responsable des levés, 1 Technicien chargé de sondeur, 1 Marinier, 1 Chauffeur et 2 Manœuvres.

Le matériel utilisé comprend ; une embarcation pneumatique type zodiac, un échosondeur de précision Raytheon de 719 CM travaillant à la fréquence de 208 khz, un système de radiolocalisation Motorola mini ranger 3 utilisés avec une seule balise de référence montée sur l'embarcation, un théodolite Kern, deux émetteurs-récepteurs (talkie-walkie) Motorola type Expo et un véhicule de liaison.

Le relèvement horizontal s'effectue par un théodolite placé en-tête des profils bathymétriques et par radiobalise asservie trispondeur simple. L'azimut de l'embarcation est fixé pour chaque profil par le théodolite en tête et l'éloignement est pris à intervalles réguliers par distomât trispondeur.

La radiobalise s'effectue sur l'embarcation pneumatique, l'émetteur-récepteur étant placé à terre à proximité de la tête du profil à réaliser.

Le relèvement vertical se réalise grâce à un échosondeur de précision à ultrasons travaillant à la fréquence de 208 khz et installé sur l'embarcation. L'échosondeur est étalonné au début de chaque intervention.

Les différentes profondeurs sur le profil sont données graphiquement et d'une manière continue. Les tops donnés par la station à terre sont repérés sur la bande de l'échosondeur pour aider au dépouillement futur. Les profondeurs levées au différent top sur la bande graphique donnent les points de sonde nécessaire à l'établissement de la minute bathymétrique. La précision de la lecture est de l'ordre de 10 cm. Cette minute sert ensuite à établir le plan final.

II-3-2 Mode du levé au sonar latéral

Parallèlement aux levés topographiques et bathymétriques effectués sur sites, une compagnie de sondage à la lance est prévue. Ces sondages devaient permettre d'apprécier la nature du fonds et sa consistance.

II-4 Etude sédimentaire

II-4-1 Introduction

L'analyse des données sédimentologiques ne consiste pas seulement à définir les caractéristiques granulométriques des sédiments. Ces seuls éléments conduisent à une image statique des phénomènes dont l'examen permet de dégager les traits généraux des mouvements sédimentaires. En un point et à un instant donné la nature des matériaux déposés ou en

suspension reflète un équilibre dynamique (les caractéristiques des sédiments étant liées à celles des agents de transport).

La synthèse des données concernant tant les sédiments que les facteurs hydrodynamiques permet de définir les conditions d'érosion, de transport, de dépôt et de répartition des sédiments sous un terme général, la dynamique sédimentaire.

Par définition nous considérons la classification suivante :

Tableau n° 5 : Répartition des sédiments en fonction de leurs diamètres (LEM ,2009)

Sédiment	Diamètre D
Sable très fin	40 - 125µm
Sable fin	125 – 250 µm
Sable moyen	250 – 500 µm
Sable grossier	500 – 1000 µm
Sable très grossier	1000 – 2000 µm
Gravier	2 – 20 mm
galets	20 – 200 mm

II-4-2 Analyse des données de terrain

II-4-2-1 Le choix des sites

Le choix des sites à investiguer dans le cadre de l'étude sédimentologique devait intégrer le choix des sites ou secteurs amenés à être traités comme modèle de réfraction proche.

Pour ces choix, les critères suivants ont été considérés :

- Sites portuaires existants et potentiels. (projets)
- Secteurs menacés par l'érosion marine (que des protections existent ou non).
- Débouchés des oueds majeurs.
- Sites touristiques/balnéaires

Dans la moyenne où sept (7) modèles de réfraction proche sont prévus au marché d'étude sur le littoral de la wilaya de Tipaza Ouest, parmi les secteurs d'étude retenus on peut citer celui qui nous intéresse c'est celui de :

- Le site de Cherchell (zone portuaire).

II-4-2-2 Prélèvement et analyse d'échantillon de surface

Pour la campagne de prélèvement, 502 échantillons de sédiment superficiels ont été prélevés au total, Des prélèvements de sédiments superficiels meubles ont été effectués dans la zone de Cherchell à Sidi Ghilés entre la côte et la profondeur 15 m, soit au total 145 échantillons dont 56 correspondent à des stations rocheuses. Leur positionnement est donné sur la figure présentée ci-après :

Pour les prélèvements d'échantillons de sédiments superficiels, l'espacement radial est variable : de part et d'autre des ports l'espacement radial varie entre 200 et 400 m, et le nombre d'échantillon est en général de 04 par radial.

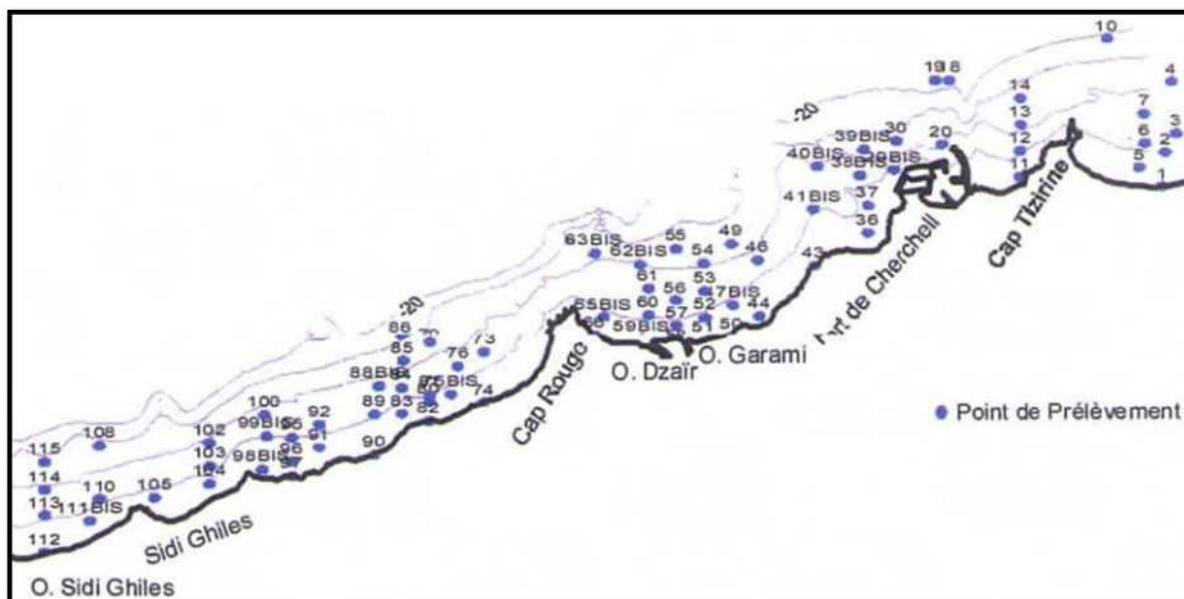


Figure n° 11 : Positionnement des points de prélèvements (LEM, 2009)

II-4-2-3 Analyse des données sédimentologique

Cette analyse prend en compte :

- Les relevés topographiques et bathymétriques
- Les résultats de la campagne de lancement
- Les statistiques de houle
- Les épures de réfraction

Elle doit permettre entre autre d'éviter les risques d'affouillement et l'érosion pouvant atteindre les futurs ouvrages. Vu la faible épaisseur de sable, il est préconisé de construire la butée de pied dans une souille préalablement draguée.

Ceci évitera les risques d'érosion localisée due à l'augmentation de la houle par réflexion, d'autant plus que l'étude de réfraction a montré une concentration de la houle pour le site Ouest avec des houles de N.W.

Une fois cette disposition technique prise, le site ne posera pas de problème sédimentologique. De plus, cette protection littorale n'aura pas d'impact sur les fonds et plages avoisinants.

Une analyse sédimentologique a été élaborée sur la base des résultats d'analyses granulométriques effectuées sur les échantillons de sédiments superficiels prélevés dans la zone d'étude.

La procédure d'analyse granulométriques des sédiments pour la phase insoluble est présentée ci-après. Cette procédure décrit sommairement le traitement physique et analytique conduisant à l'établissement des courbes granulométriques.

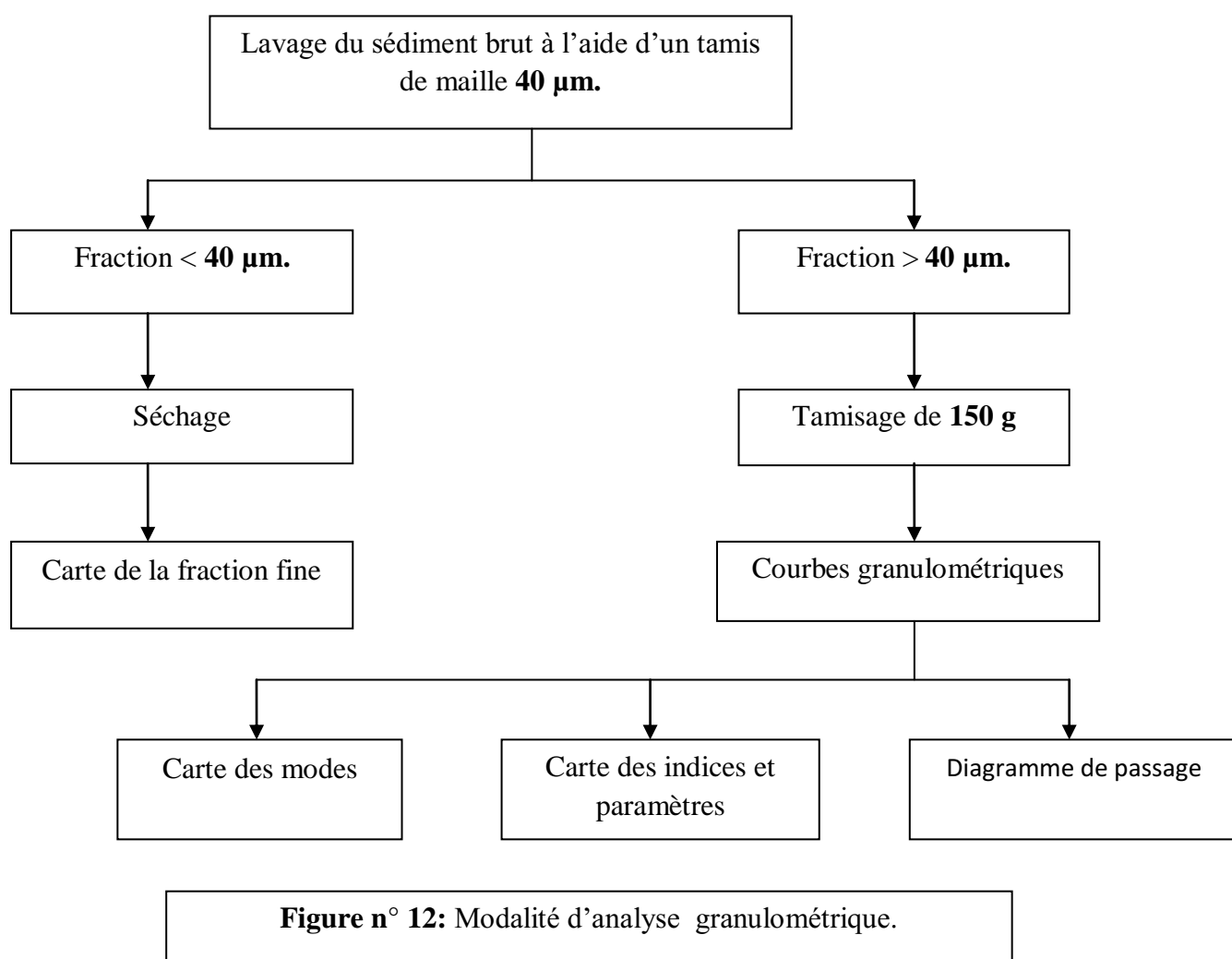


Figure n° 12: Modalité d'analyse granulométrique.

La teneur en fraction fine (particules de diamètre inférieur à 40µm : les pélites) a été déterminée pour l'ensemble des échantillons considérés. Cette teneur en fines est estimée en pourcentage pondérale par rapport au point initial. A partir de ces pourcentages sont établies les cartes de la répartition spatiale des pélites.

II-5 Mouvements sédimentaires

II-5 -1 Introduction

Dans la zone côtière, la houle constitue le facteur essentiel des mouvements sédimentaires ; lors du déplacement, l'énergie des vagues est dissipée et transformée principalement en turbulence qui remet en mouvement les sédiments qui sont transportés par les courants qu'elle engendre et/ou ceux dus aux marées et aux vents.

Les vents sont générateur de mers, de vents et clapots, de courants et de fluctuations du niveau de la mer (surcotes, décotes) et directement la cause du transport de sable sur la plage (transport éolien).

Parmi les autres facteurs en jeu dans l'érosion littoral on peut citer :

- La réduction des apports terrigènes
- L'élévation du niveau de la mer

L'évolution des côtes à falaise est plus complexe car les influences continentales s'ajoutent souvent aux actions de la mer, ainsi on distingue :

- Les reculs du pied de falaise sapé par les vagues
- Les reculs par glissement ou éboulements successifs de falaises instables en raison de leur nature (marneuse ou argileuse), ou de leur structure (pendage vers la mer).

II-5 -2 Mouvements sédimentaires engendrés par la houle

Dans le processus littoraux, on distingue :

- Les transports de sédiments parallèles à la côte. Q_x = **le transit littoral**.
- Les transports de sédiments perpendiculaires à la côte. Q_y = **les mouvements dans le profil**.

Les évolutions à long terme les plus importantes sont généralement engendrées par le gradient (naturel et/ ou artificiel) du transit littoral. Les mouvements dans le profil entraînent des variations saisonnières importantes du niveau de la plage et du trait de côte ; en général ils n'entendent pas d'évolutions à long terme.

Le transit littoral et les mouvements dans le profil s'effectuent entre la côte et la profondeur limite d'action des houles.

II-5 -2-1 Mouvement dans le profil

Les effets des mouvements dans le profil se manifestent par :

- L'abaissement de la plage, les érosions en pied de dune durant les tempêtes.
- L'évolution saisonnière du profil de plage.

Il n'existe pas de formulations analytiques pour quantifier les mouvements sédimentaires dans le profil. Des expérimentations par traceurs radioactifs permettent d'avoir une idée des mouvements ou plus précisément les volumes de sédiments sableux déplacés en fonction de la profondeur. On retiendra que :

- Les masses de sédiments remaniées diminuent avec les profondeurs.
- Les quantités remaniées peuvent aller de 5 à 20 m³/an (zone abritée) à 300 à 600 m³/an pour mètre de littoral sur une côte.
- Des évolutions de plusieurs mètres sont observées sans que la tendance à long terme soit à l'érosion.

II-5 -2-2 Transit littoral

La direction résultante et l'importante du transit littoral dépendent principalement de la hauteur, période et direction de la houle.

L'existence d'un transit résultant peut être détectée par la morphologie de la côte ; flèches sédimentaires, accumulations sur la face d'un épi, d'une jetée portuaire, etc.

Le transit littoral s'effectue principalement selon deux (2) processus :

- Par effet des vagues sur la plage, la vague fait remonter le matériau suivent la direction de la houle, en se retirent le matériau redescend suivent la ligne de plus grande pente, le mouvement résultant est parallèle à la côte, c'est le transport par jet de rives.
- Par le déferlement et le courant côtier, le matériau est remis en suspension par la houle et le transportée par le courant littoral. L'évaluation du transit littoral doit porter sur plusieurs points :
 - Le volume transporté (résultant mais aussi dans chaque direction).
 - Sa répartition perpendiculairement au littoral.

II-5 -3 Action du courant sur les sédiments

A titre indicatif, la vitesse moyenne V d'un courant nécessaire pour entraîner un grain de diamètre (D) et dans l'ordre de :

Tableau n° 6 : Vitesse moyenne d'un courant nécessaire pour entrainer un grain (LEM, 2009)

D (en mm)	V (en m/s)
5.0	1.3
1.0	0.6
0.5	0.4
0.2	0.3

II-5 –4 Estimation de la capacité de transport de la houle (transit sédimentaire)

Le calcul de la capacité de transport de la houle a été effectué à l'aide du logiciel « **Tranlit** » pour tout le littoral de la Wilaya de Tipaza à l'exception du site de Cherchell, où les fonds n'étant pas cylindriques, le calcul n'est fait manuellement pour les formules du LCHF en considérant les conditions de houles à la côte (profondeur de -10 m) résultant de l'étude de la réfraction de la houle avec modèle Swan.

II-5-4-1 Calcul de la capacité de transport pour les fonds cylindriques

En préalable, il convient de rappeler que les valeurs indiquées ci-après sont des valeurs calculées moyennant hypothèses, notamment sur les coefficients de transport utilisées dans les différentes approches, la connaissance en nature de données permettant d'évaluer la magnitude des mouvements sédimentaires et les volumes en jeu (volume de sable accumulé contre un ouvrage, bilan sédimentaire réalisé par comparaison de deux états de fonds connus, volume de dragage après contournement d'un ouvrage portuaire...) est essentielle, car elle permet d'ajuster un certain nombre de ces paramètres et coefficients dans les formules de transport. En absence de ce type d'informations, les valeurs de capacités de transport de la houle indiquées ci-après restent indicatives.

Le logiciel « **Tranlit** » permet le calcul du transit littoral pour les fonds cylindriques par quatre formules différentes :

Cerc, Lchf, Kamphuis, Bailard (présentées dans le chapitre 3).

Les paramètres d'études sont :

- Les caractéristiques de la houle à la profondeur de départ.
- Les fréquences annuelles de la houle en %.
- L'orientation de la crête.
- Le diamètre moyen du sable.
- La pente moyenne des fonds.

Pour l'estimation de la capacité de transport de la houle dans la Wilaya de TIPAZA les données de la houle au large utilisées sont les observations de navires sur la période 1973 – 2003 zone 3 (36° à 38° 30' latitude Nord et 0° 30' à 3° longitude Est) acquise par le groupement dans le cadre de ce projet.

Tableau n° 7 : Amplitude de la houle au large dans la zone de Cherchell (en m)
(LEM, 2009)

T(s) / dir	300 N°	320 N°	340 N°	360 N°	20 N°	40 N°
6	1.21	1.18	1.22	1.21	1.20	1.15
8	2.51	2.55	2.49	2.49	2.52	2.48
11	3.80	3.90	3.73	3.88	4.01	4.02

Tableau n° 8 : Fréquence annuelle de la houle dans la zone de Cherchell (%)
(LEM, 2009)

T(s) / dir	300 N°	320 N°	340 N°	360 N°	20 N°	40 N°
6	2.60	1.47	1.87	2.82	2.86	7.47
8	0.61	0.31	0.38	0.63	0.49	0.98
11	0.16	0.13	0.22	0.21	0.17	0.27

Antre les caractéristiques de la houle au large, le calcul du « transit sédimentaire » avec le code **Tranlit** nécessite de connaître l'orientation de la côte (par rapport au Nord), la pente moyenne des fonds et le diamètre moyen (**D₅₀**) des sédiments de la zone considérée. Ces données sont récapitulées dans le tableau ci-après pour le secteur Cherchell de la Wilaya de Tipaza.

Tableau n° 9 : Récapitulatif des données nécessaire pour le calcul du transit sédimentaire
(LEM ,2009)

Tipaza ouest	Profondeur de départ	Orientation de la côte (i)	Pente des fonds (tg α)	Diamètre moyen des sédiments D50 (mm)
Secteur Cherchell	200	250	0,025	0,857

Les résultats de calcul sont présentés ci-après (Chapitre 3). Par convention, dans les tableaux qui suivent (Chapitre 3), nous avons adopté des valeurs négatives pour les transports dirigés d'Ouest en Est.

II-5 –4-2 Calcul manuel du transit sédimentaire

L'estimation du transit sédimentaire est réalisée par un calcul manuel en s'appuyant sur la formule du **Lehf** suivante :

$$Q = k/c * g * H_s^2 * T * t * f(\alpha)$$

Q : volume de sable transporté (en m³)

K : coefficient de transport du sédiment

g : accélération de la pesanteur (en m/s²)

C : cambrure de la houle (0.03 à 0.04)

H_s : amplitude significative de la houle (en m)

T : période de la houle (en secondes)

F (α) : fonction de l'obliquité « a » de la crête de la houle avec la côte

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

Le coefficient K pour les sables fins à moyens (**D₅₀** de **0.2** à **0.5** mm) varie de **2.5** à **5.0 10⁻⁶** ; pour un sable de diamètre supérieur à **0.5** mm le coefficient K peut s'exprimer par la relation suivante :

$$K = 1.8 * 10^{-6} D^{-1/2}$$

Avec : **D** diamètre en mm

Le site concerné est Cherchell, du fait que sa bathymétrie non cylindrique.

- **Donnée utilisées : caractéristique de la houle à la crête :**

Les données nécessaires à l'établissement du transit sédimentaire proviennent des résultats de l'étude de réfraction de la houle réalisée dans le cadre de cette étude et sont obtenus par extraction de 04 points au niveau du site de Cherchell (système UTM) à partir du modèle SWAN.

Tableau n° 10 : coordonnées des points d'extraction (LEM, 2009)

N°	X UTM (m)	Y UTM (m)	Côte (m)
1	429351	4052440	-9.0
2	426424	4051993	-9.5
3	426140	4051404	-9.4
4	424595	4051058	-9.2

Chapitre III

Etudes, résultats et discussions

III-1 Etude de la réfraction de la houle

Les épures de réfraction sont présentés sous format A₄ après traitements des résultats du calcul Swan par le logiciel Map info 7 .8 . (Voir figures ci-après)

Le coefficient de réfraction (Kr) et la direction de la houle après réfraction (α) ont été mesurés à une profondeur d'environ 10 m, profondeur limite de la dynamique sédimentaire.

Ils serviront ainsi a déterminé les caractéristiques statistiques de la houle avant déferlement.

Tableau n°11 : Réfraction des houles de direction N, NE et NW (LEM, 2009)

Direction degre	Période	Amplitude de la houle au large (m)	Coefficient de réfraction Kr à (- 10m)	Amplitude de la houle H _s (m) à (- 10m)	Direction de la houle (α) à (- 10m)
N 320°	6	1.14	0.76	0.87	N 333°
N 320°	8	2.53	0.75	1.91	N 337°
N 320°	11	3.97	0.77	3.07	N 343°
N 360°	6	1.22	0.86	1.06	N 002°
N 360°	8	2.51	0.86	2.17	N 002°
N 360°	11	3.96	0.87	3.46	N 003°
N 040°	6	1.16	0.85	0.99	N 033°
N 040°	8	2.49	0.82	2.05	N 029°
N 040°	11	4.02	0.82	3.31	N 024°

III-1-1 Les houles au large de Secteur Nord (Direction N360°)

Les houles de secteur Nord et des périodes de (6-8-11 secondes) sont les plus énergétiques et les plus moins réfractées, leur coefficient de réfraction est en moyenne égale à 0,86 à 10 m de profondeur. Elles peuvent garder presque la totalité de leur énergie initiale du large de façon à ce que cette énergie diminue au fur et à mesure de son évolution vers la cote. La dissipation de l'énergie se présente par un pivotement des orthogonales en direction Sud-Est. Les houles de secteur Nord atteignent notre zone frontalement, donc c'est la houle qui va être utilisée dans le dimensionnement des ouvrages de protections. (Voir figures n° 13, 14,15)

III-1-2 Les houles au large de Secteur Nord-Est (Direction N040°)

Les figures présentent les résultats de l'étude de la réfraction pour des houles de secteur Nord-Est et des périodes de (6-8-11secondes), Le coefficient de réfraction est en moyenne égal à 0.83 à 10 m de profondeur, les houles ne perdent que très peu de leur énergie, les orthogonales ne pivotent que légèrement à l'approche du rivage avec un angle moyen de 45°. Ces houles atteignent la zone de Cherchell avec un changement de direction, mais en termes d'énergie elles sont moins importantes que Les houles de secteur Nord. (Voir figures n° 16, 17,18).

III-1-3 Les houles au large de Secteur Nord-Ouest (Direction N320°)

L'étude de la réfraction dans le cas des houles de secteur Nord-Ouest et des périodes de (6-8-11 secondes) montre que la réfraction s'opère sur cette dernière de façon à diminuer son énergie au fur et à mesure de son évolution vers la côte, avec un coefficient de réfraction est en moyenne égal à 0,76 à 10 m de profondeur. Donc elles ne conservent que très peu de leur énergie de large, le pivotement des orthogonaux est presque nul à l'approche du rivage. (Voir figures n° 19, 20,21)



Figure n° 13: Réfraction de la houle pour une direction N360° et une période de 6s
(LEM, 2009)



Figure n° 14: Réfraction de la houle pour une direction N360° et une période de 8s
(LEM, 2009)



Figure n° 15: Réfraction de la houle pour une direction N360° et une période de 11s
(LEM, 2009)

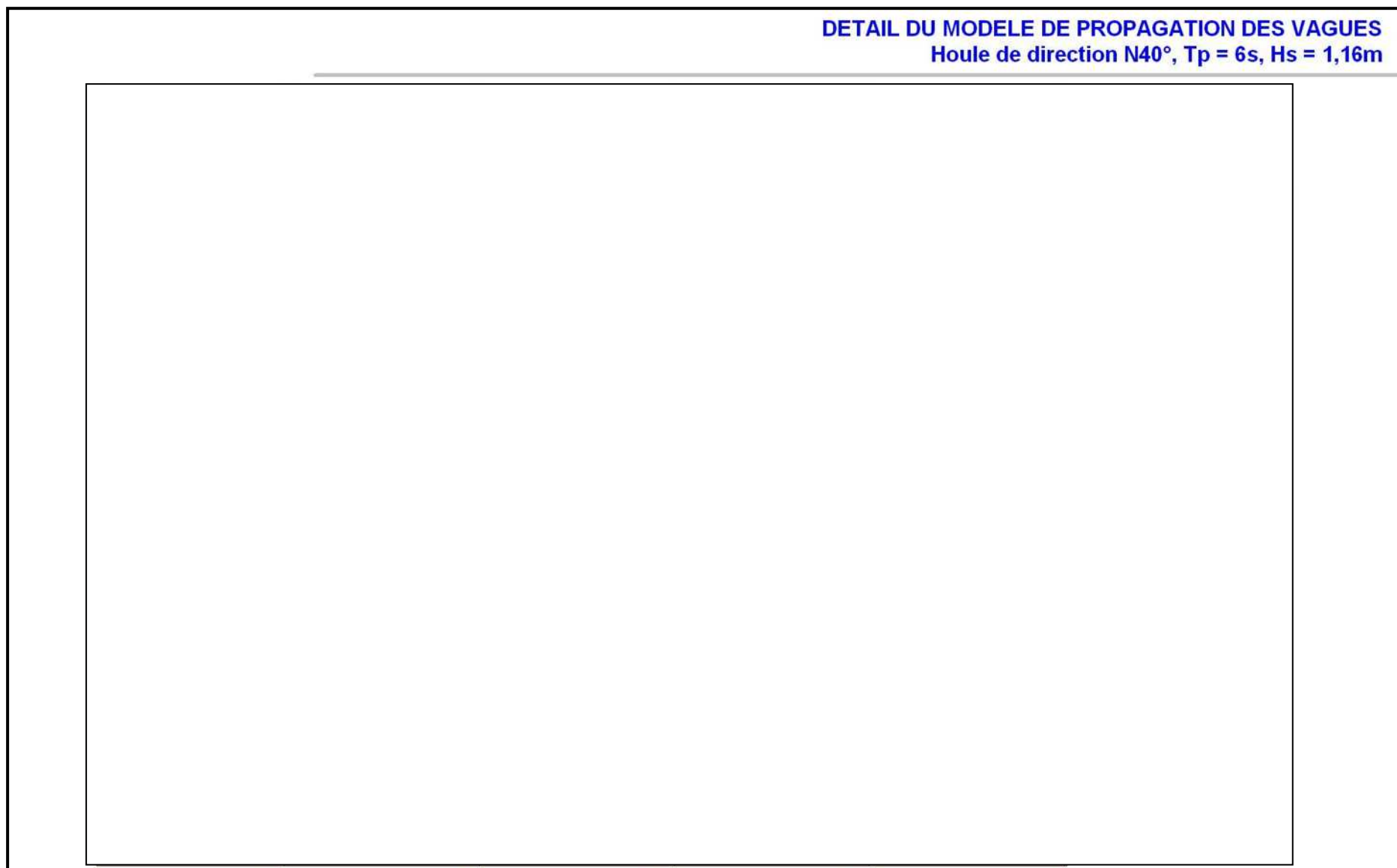


Figure n° 16: Réfraction de la houle pour une direction N040° et une période de 6s
(LEM, 2009)

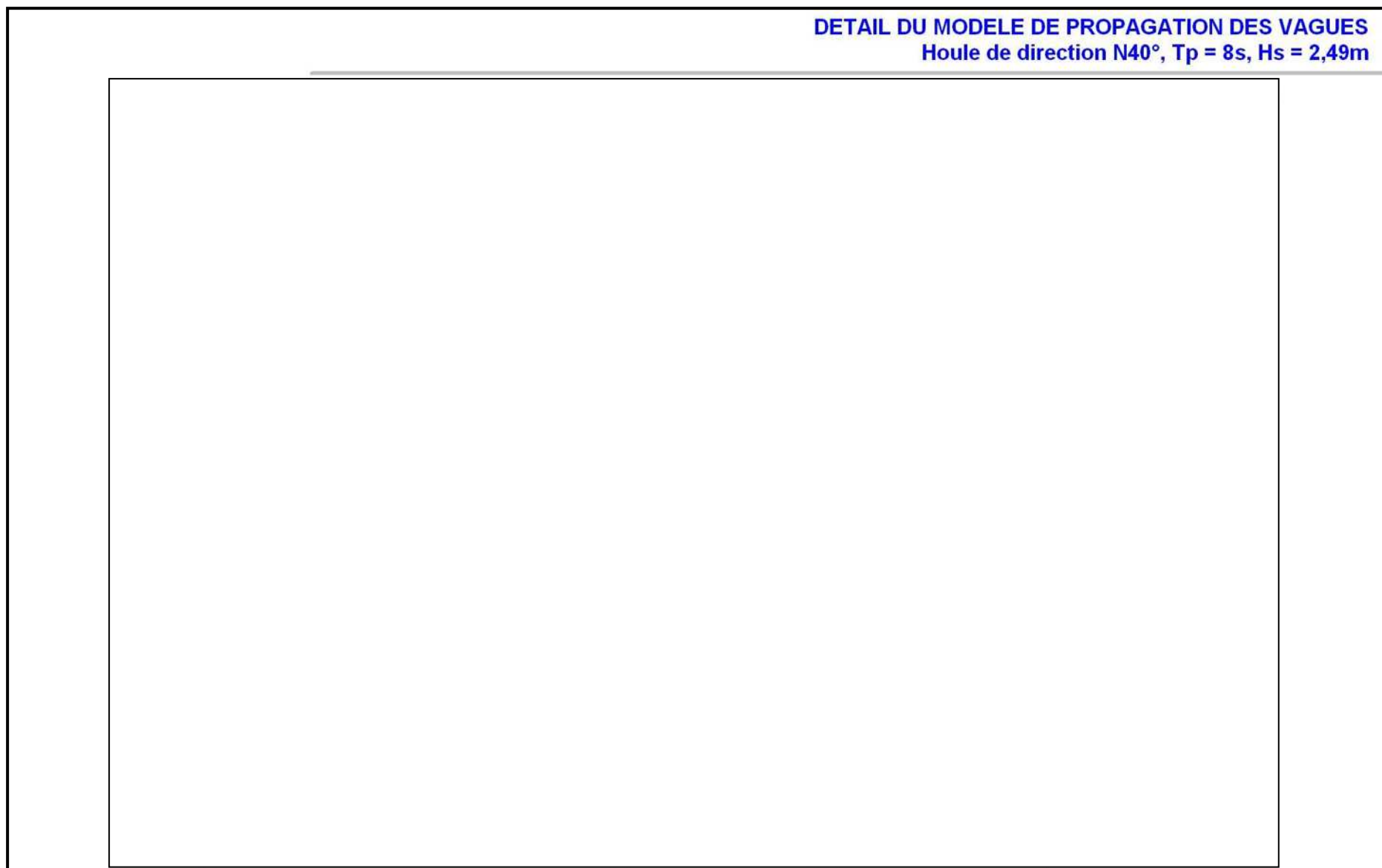


Figure n° 17 : Réfraction de la houle pour une direction N040° et une période de 8s
(LEM, 2009)



Figure n° 18: Réfraction de la houle pour une direction N040° et une période de 11s
(LEM, 2009)



Figure n° 19: Réfraction de la houle pour une direction N320° et une période de 6s
(LEM, 2009)



Figure n° 20: Réfraction de la houle pour une direction N320° et une période de 8s
(LEM, 2009)



Figure n° 21: Réfraction de la houle pour une direction N320° et une période de 11s
(LEM, 2009)

III-1-4 Conclusion sur l'étude de la réfraction de la houle

On déduit de ces résultats que les houles des secteurs Nord et Nord-est sont peu réfractées ($0.82 < K_r < 0.87$) pouvant garder la presque totalité de leur énergie initiale du large, donc ce sont les houles les plus énergétiques et qui peuvent influencer sur la zone Cherchell.

Elles sont responsables de transit littoral, et elles vont être prises dans le dimensionnement des ouvrages de protection.

Celle du secteur Nord-Ouest sont quand a elles réfractées et aborde la cote de Cherchell d'une façon oblique, donc elles sont responsables du transport sédimentaire dans le profil.

III-2 Détermination des houles extrêmes au large et à la cote

• Résultats

Les résultats ainsi obtenus au niveau de la cote et au large sont présentés ci-dessous :
A' partir de ces résultats obtenus nous avons effectué une moyenne des K_r pour chaque secteur de direction considéré (voir tableau ci-dessous)

Tableau n° 12 : Réfraction des houles extrêmes au large et à la cote (LEM 2009)

Période de retour (ans)	255°-285°N		285°-315°N		315°-345°N		345°-15°N		15°-45°N		Tous secteurs	
	large	cote	large	cote	large	cote	large	cote	large	cote	large	cote
1	4.37	1.23	3.25	2.36	3.47	2.31	3.26	1.06	3.36	2.67	6.12	3.16
5	5.19	2.28	4.30	2.73	4.65	2.92	4.09	2.52	4.04	3.11	7.65	3.71
10	5.52	2.65	4.71	2.87	5.11	3.16	4.40	2.99	4.30	3.27	8.32	3.94
20	5.83	2.98	5.10	3.00	5.55	3.39	4.70	3.42	4.55	3.43	9.00	4.17
50	6.22	3.38	5.61	3.17	6.09	3.67	5.08	3.95	4.87	3.62	9.90	4.46
100	6.51	3.67	5.97	3.28	6.49	3.88	5.34	4.33	5.09	3.75	10.60	4.67

On note que pour la p zone (site de Cherchell), les houles de secteur 255°-285° N sont plus réfractées contrairement aux houles de secteur 15°-45° N qui sont les moins réfractées avec un K_r de l'ordre de 0,76.

Tableau n° 13 : Coefficient de réfraction moyen (K_r) toutes périodes de retour confondus (LEM, 2009)

secteur	255°-285°N	285°-315°N	315°-345°N	345°-15°N	15°-45°N	Tous secteurs
Site de Cherchell	0.47	0.61	0.62	0.76	0.76	0.47

Les graphes représentant les hauteurs des houles extrêmes à la cote, en fonction de leurs périodes de retour par direction sont présentés ci-dessous :



Figure n° 22: Périodes de retour des houles extrêmes- secteur du 225 au 285°N -
(LEM, 2009)

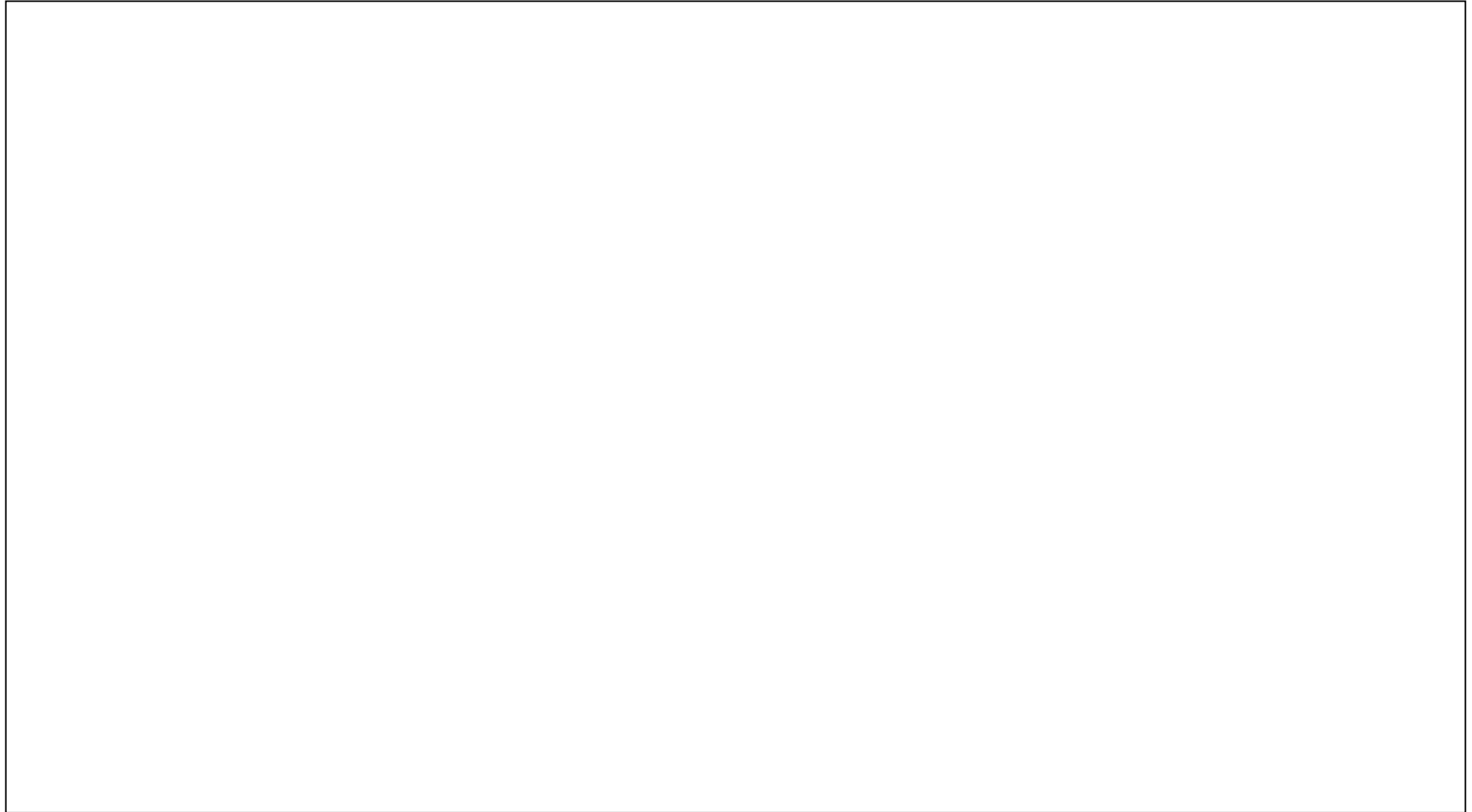


Figure n° 23: Périodes de retour des houles extrêmes- secteur du 285 au 315°N -
(LEM, 2009)

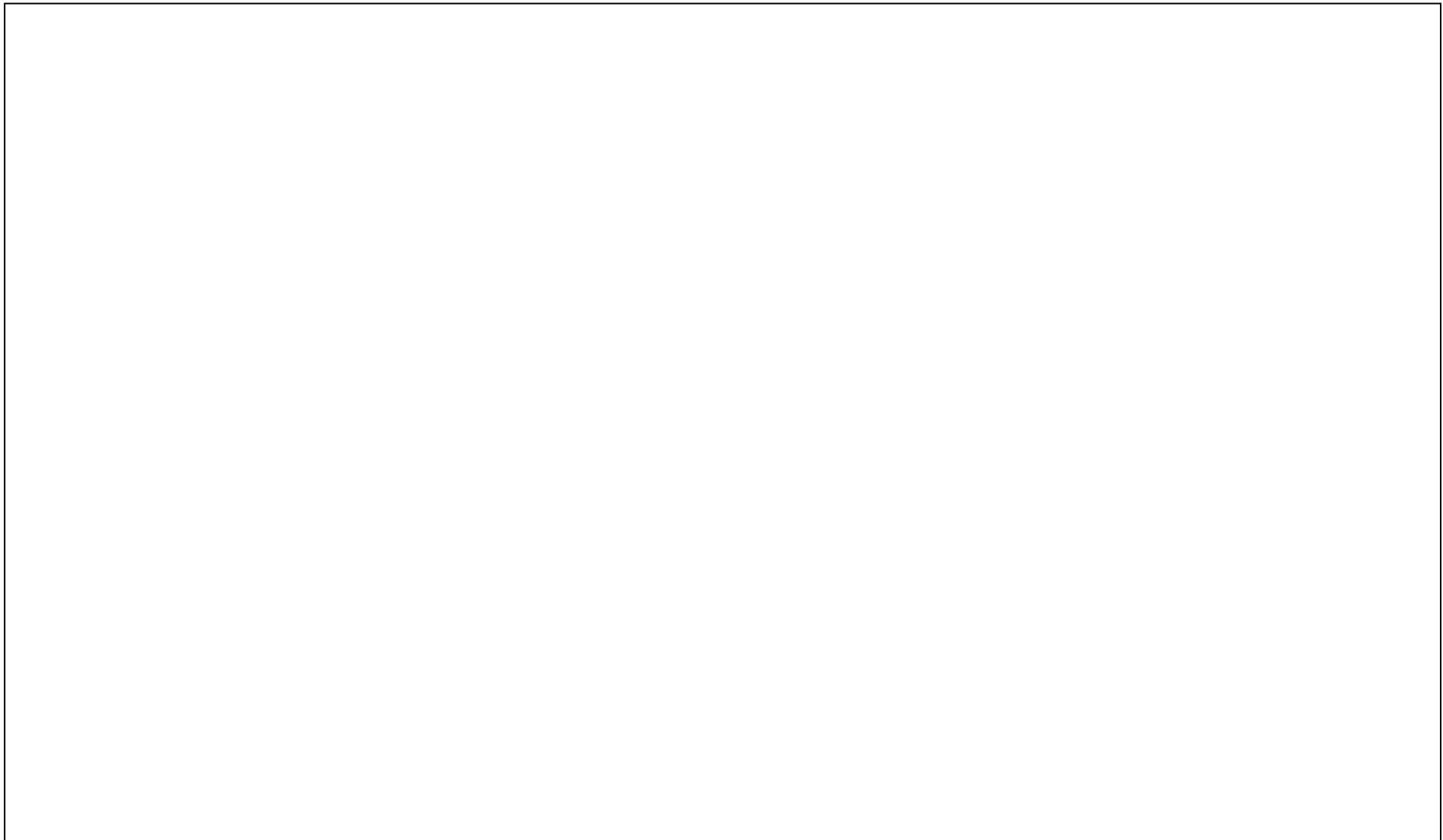


Figure n° 24: Périodes de retour des houles extrêmes- secteur du 315 au 345°N -
(LEM, 2009)

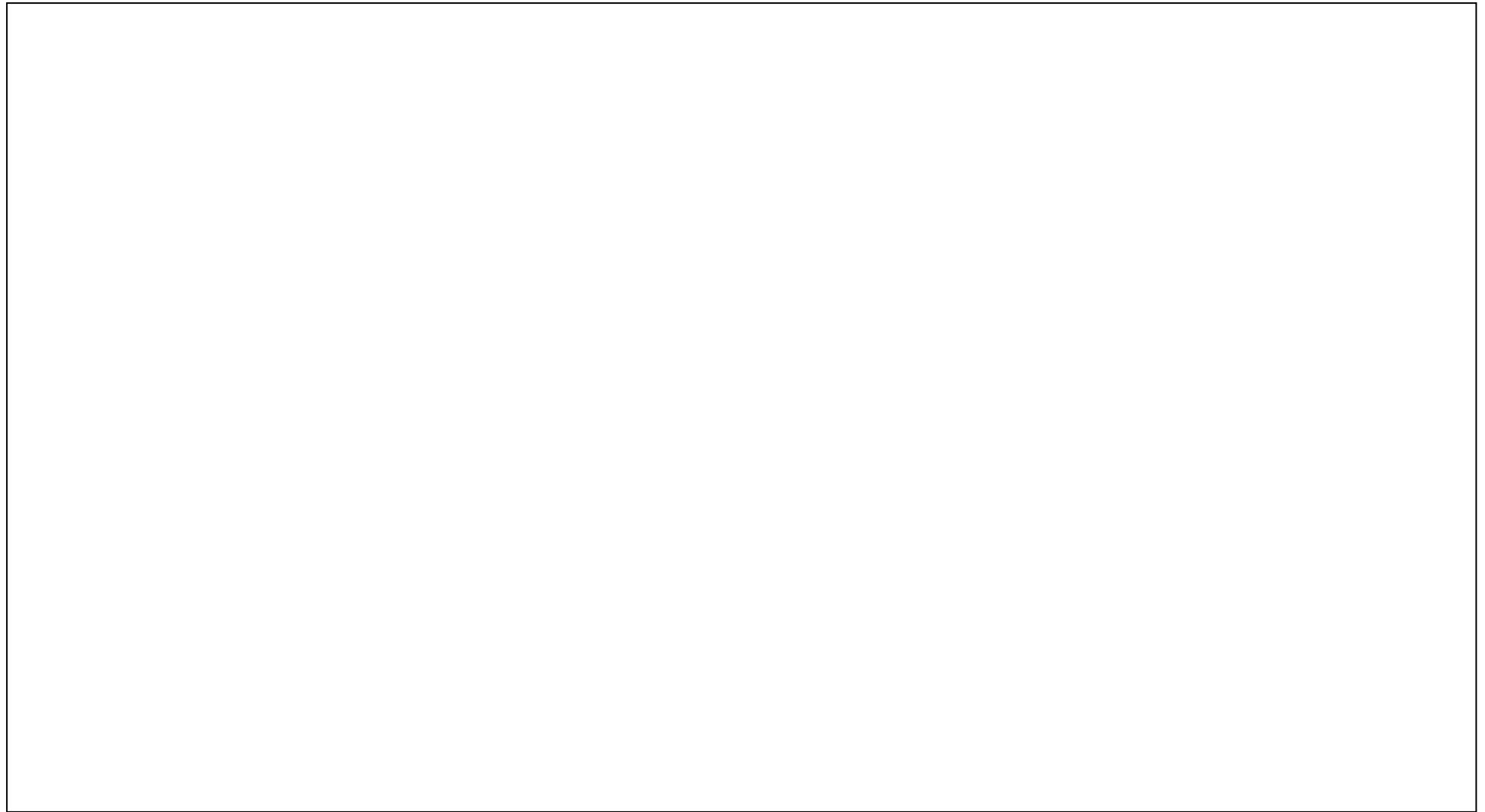


Figure n° 25: Périodes de retour des houles extrêmes- secteur du 345 au 15°N -
(LEM, 2009)

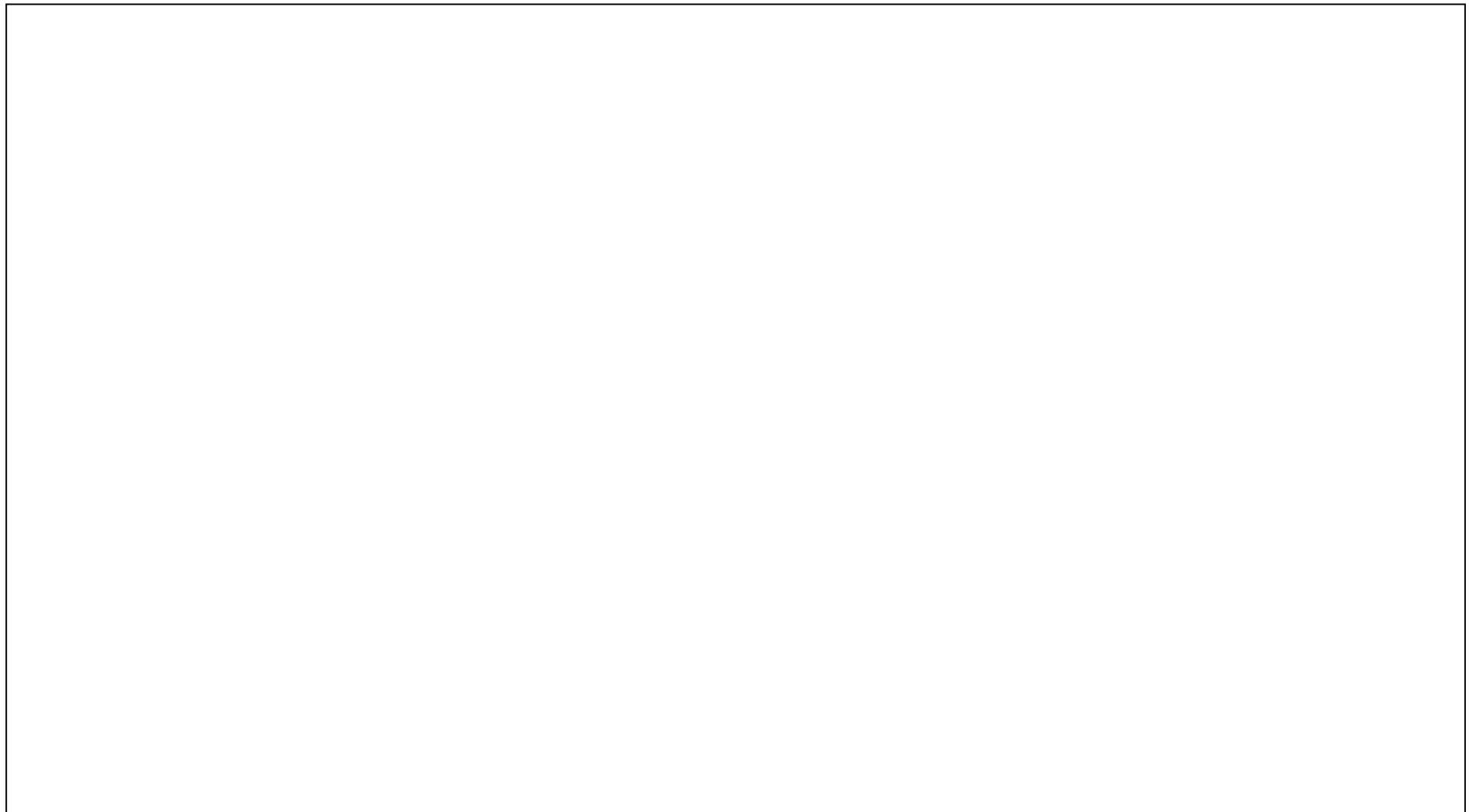


Figure n° 26: Périodes de retour des houles extrêmes- secteur du 15 au 45°N -
(LEM, 2009)

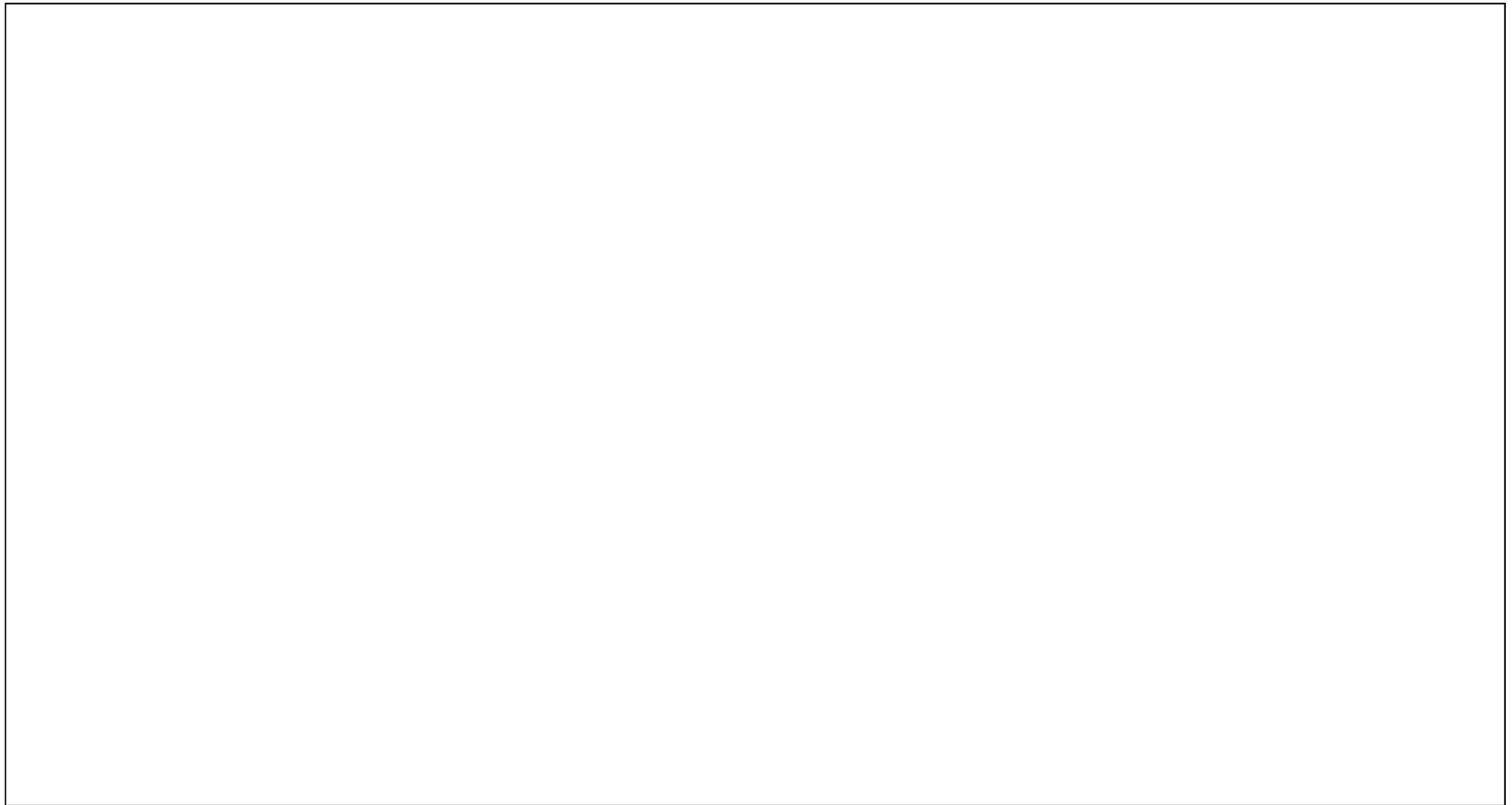


Figure n° 27: Période de retour des houles extrêmes- Tous secteur - (LEM, 2009)

III-3 Etude bathymétrique

III-3-1 La morphologie sous marine

Cette zone a fait l'objet d'un relevé bathymétrique, (67.58 m) couvrant les fonds de la côte jusqu'à une profondeur de 20 m.

Une carte bathymétrique a été établie (figure n° 28) sur la base des sondes relevées sur terrain.

Il ressort de l'analyse de cette carte bathymétrique que les fonds marins de la zone de Cherchell sont relativement irréguliers de la part et d'autre du port ainsi qu'au droit de ce dernier, traduisant la présence de fonds rocheux.

La pente moyenne des fonds varie entre 1 et 2% à l'Ouest du port, elle est de l'ordre de 4% au droit de ce dernier et variable entre 2 et 3% à l'Est.

Ainsi la topographie sous marine ne reflète pas aucun accident morphologique majeur, à l'exception de la présence d'un sillon sous marin au large du port orientée globalement au NNE. Il est marqué par l'incurvation prononcée des isobathes vers la côte.

III-3-2 Les profils

Quatre profils sont tracés sur la carte bathymétrique afin d'étudier au mieux la morphologie sous marine et comprendre l'évolution du fond (P1, P2, P3, P4).

En ce qui concerne notre étude on s'est basé sur les deux premiers profiles (P1, P2) puisque ils traversent les deux sites situés de la part et d'autre du port de Cherchell.

- **Profil 01**

Ce profile (dans l'axe du sillon sous-marin à l'Est du port de Cherchell) met en évidence un fond plus ou moins plat entre 0 et -2m de fond qui se prolonge avec une rupture de pente relativement abrupte (3%) pour atteindre le fond à -25 m.

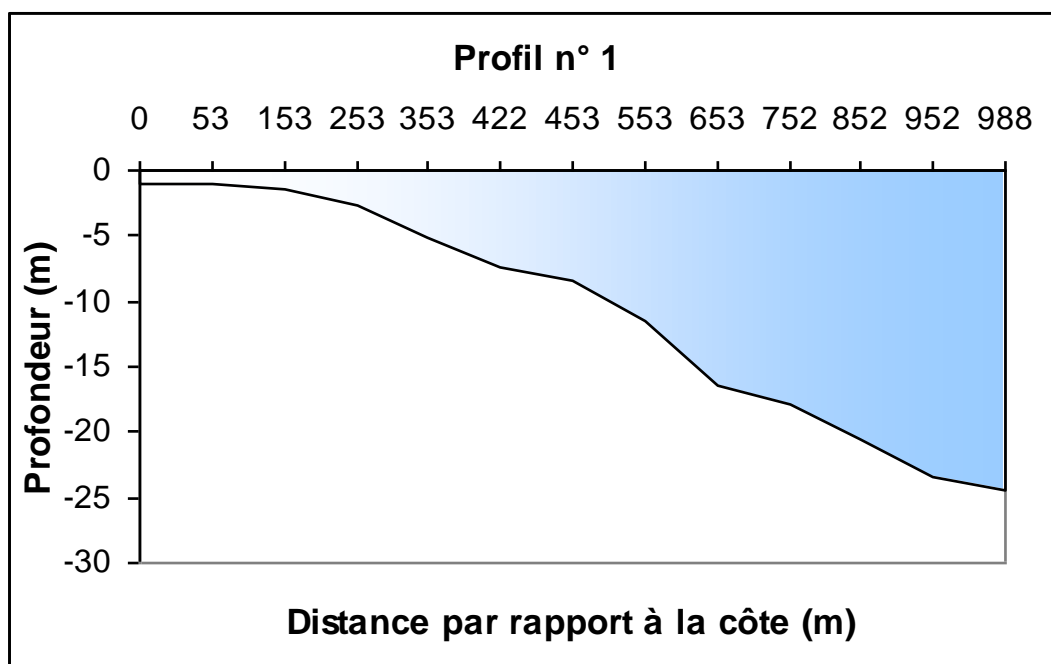
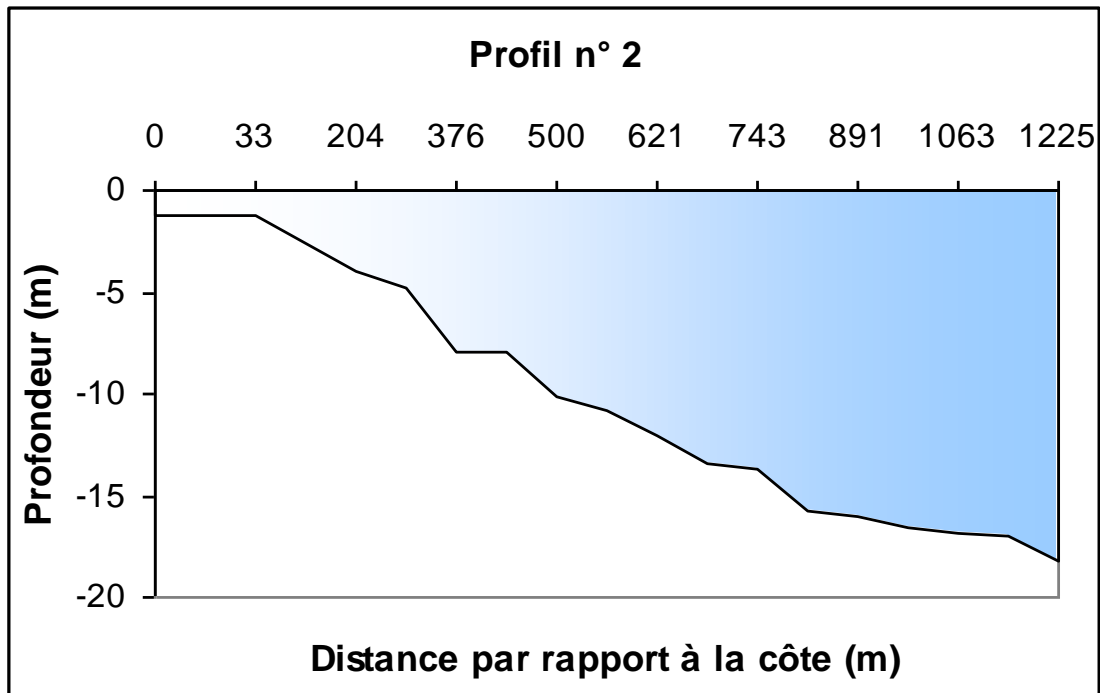




Figure n° 28: Carte bathymétrique des sites de Cherchell et Sidi Giles
(LEM ,2004)

- **Profil 02**

Ce profil (situé à l'Est du débouché de l'oued el Kantara) met en évidence un fond peu perturbé ; il annonce un replat de 33 m par rapport à la côte à -1.5 m de fond suivi d'une rupture de pente, puis le fond marin descend en pente de l'ordre de 2% vers le large pour atteindre les profondeurs de 20 m.



III-3-3 Conclusion sur l'étude bathymétrique

D'une manière générale, le fond marin de notre zone d'étude est relativement irrégulier de la part et d'autre du port ainsi qu'au droit de ce dernier, traduisant la présence de fonds rocheux.

Les profils 1 et 2 présentent une morphologie particulière caractérisée par un fond plus ou moins plat entre 0 et -2 m de fond.

A partir de -4 mètres, les isobathes sont généralement parallèles à la côte, la pente générale du fond est de l'ordre de 2% à 3%.

III-4 Etude sédimentologique

III-4-1 Principales caractéristiques du littoral dans le secteur de Cherchell

La zone du port de Cherchell se caractérise par l'absence d'accumulation significative de sédiments meubles à l'enracinement des digues portuaires.

La plage Mer et Soleil, seule véritable étendue de sédiments meubles de ce secteur, s'étend au pied de la falaise qui la surplombe, à l'Est du port de Cherchell, vers le Cap Tizirine. Perdant progressivement l'effet d'abri que procurent le Cap Tizirine des agitations dominantes d'Ouest, la largeur de la plage décroît d'Ouest en Est. Son évolution dans le temps se manifeste par un quasi disparition de la plage (elle présentait une largeur moyenne proche de 100 m. il y a quelques années, pour 10 m au maximum actuellement). Cette évolution est essentiellement le résultat des extractions massives de sédiment (opérées directement sur l'estran).

Plus vers l'Est, on retrouve une alternance de plages constituées de sédiments hétérogènes (galets, graviers, sable gris/noirs) et de zones rocheuses plus ou moins développées.

A l'Ouest du port de Cherchell, le littoral est à dominance rocheuse. Vers Sidi Ghilés, à l'Ouest de Cap Rouge, on retrouve une alternance des plages constituées de sédiments hétérogènes (galet, graviers, sable gris/noirs) et des zones rocheuses plus ou moins développées.

Les zones de sédiments meubles sont alimentées principalement par les oueds qui y débouchent (Oued El Hammam, en particulier). De la côte de Hadjret-Ennous, le littoral est à dominance rocheuse. Un mince cordon de sédiments meubles très grossiers s'étend au pied de la frange littorale.

III-4-2 Analyse de la fraction fine

Figure n° 29: Répartition des pélites dans la région de Cherchell (LEM ,2004)

La carte de la répartition des pélites (figure n° 29) montre que la quasi-totalité des échantillons prélevés dans le site d'étude, présente une teneur en pélites comprise entre 0 et 20%.

Cette teneur en pélites relativement faible rend compte de l'importante énergie de la houle au niveau de ce site qui n'offre donc pas les conditions hydrodynamiques nécessaires au dépôt des particules fines.

III-4-3 Analyse de la fraction grossière

III-4-3-1 La courbe granulométrique

L'analyse granulométrique a été effectuée sur les 99 échantillons sableux. Les fuseaux des courbes granulométriques représentatives de ces échantillons¹ sont présentés ci-après

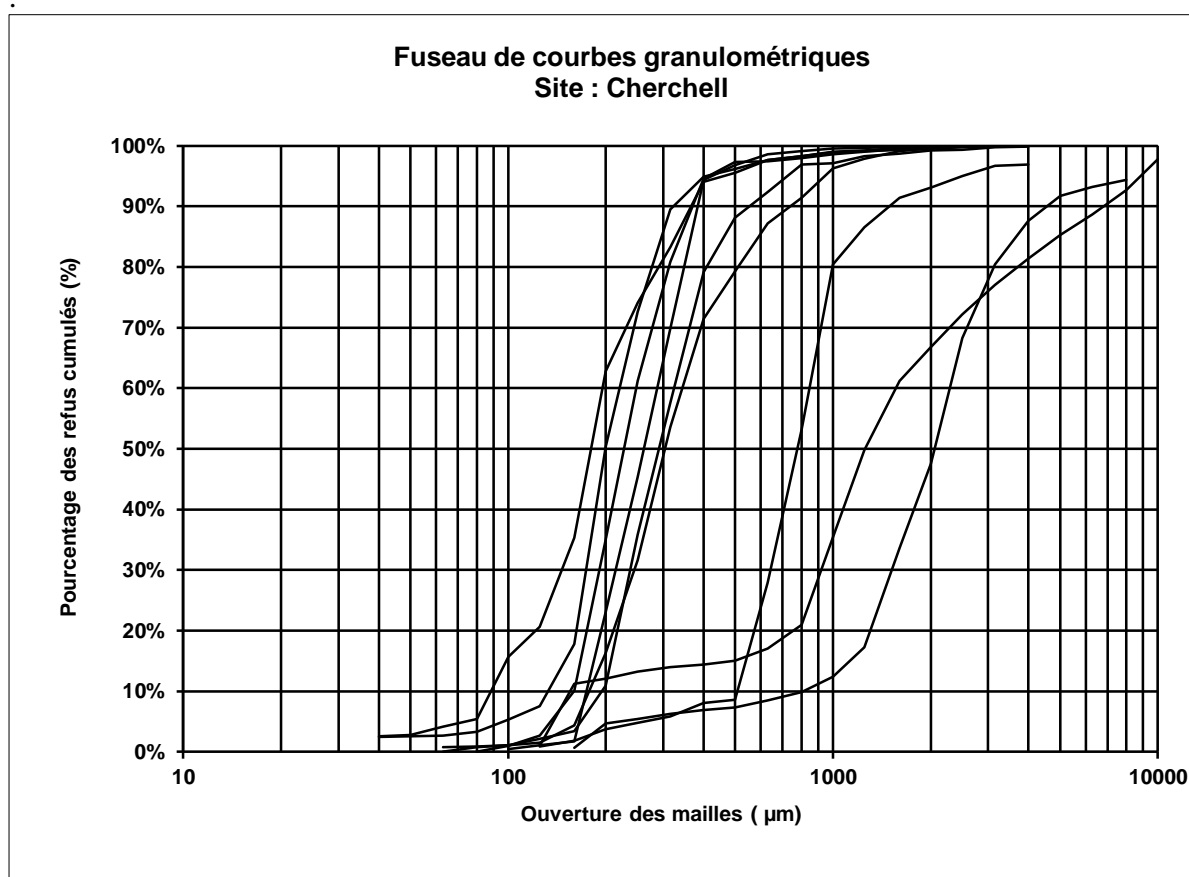


Figure n° 30: Fuseau de courbe granulométriques de la région de Cherchell

(LEM, 2009)

¹ Il faut souligner qu'il s'agit d'une répartition très générale des sédiments qui localement peut être tout à fait différente. Les termes sables fins, moyens, grossiers et très grossiers » caractérisent la granulométrie moyenne des sédiments.

Les sédiments sont représentés, soit par des courbes unimodales indiquant la présence d'un seul stock sédimentaire, soit par des courbes bimodales à plurimodales indiquant la présence de deux ou plusieurs stocks sédimentaires.

Globalement la répartition spatiale du grain médian D_{50} (fig. ci-après) montre un affinement des matériaux de la côte vers le large. Les sables fins ($100 \mu\text{m} < D_{50} < 200 \mu\text{m}$) entre le débouché de l'oued Sidi Ghiles et celui de l'oued Garami couvrent le fond à compter de la profondeur -5m et au-delà, alors que dans la zone comprise entre l'oued Garami à l'ouest et la zone ouest du port, ce sable fin n'apparaît qu'à partir de -10 m de fond, ce qui laisse supposer que l'énergie de la houle dans cette zone est très importante.

Figure n°31: Répartition spatiale de la médiane granulométrique dans la région de Cherchell (LEM ,2009)

A l'Est du port, les sables fins trouvent leurs places à l'abri de la jetée secondaire du port. Les sables moyens ($200 \mu\text{m} < D_{50} < 500 \mu\text{m}$) quant à eux se trouvent intercalés entre les sables fins et les sables grossiers à très grossiers ($500 \mu\text{m} < D_{50} < 2000 \mu\text{m}$) et les galets ($2000 \mu\text{m} < D_{50} < 10500 \mu\text{m}$) qui sont plaquées contre la côte.

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

III-4-4 Conclusion sur l'étude sédimentaire :

Il apparaît pour l'ensemble des échantillons soumis à l'analyse granulométrique que les teneurs de la fraction fine ($< 50 \mu\text{m}$) sont très faibles, et ne dépassent guère les 20% et reflètent ainsi l'importance de l'hydrodynamisme dans la zone de Cherchell.

L'analyse modale et des courbes granulométriques indiquent la dominance d'un seul stock sédimentaire (sable fin de $160 \mu\text{m}$) dans la plus part des stations.

III-5 Résultat du Calcul de la capacité de transport sédimentaire

III-5-1 Résultat du Calcul de la capacité de transport pour les fonds cylindriques

Comme il a été expliqué dans le deuxième chapitre le transport sédimentaire a été calculé par le logiciel « **Tranlit** » qui permet le calcul du transit littoral pour les fonds cylindriques par quatre formules différentes : **Cerc**, **Lchf**, **Kamphuis**, **Bailard** et cela pour un secteur qui s'étend de Chenoua passant par Cherchell jusqu'à Sidi Giles.

- **Formule du Cerc : (LEM, 2009)**

Direct / résultat	300° N Q (m ³ /an)	320°N Q (m ³ /an)	340°N Q (m ³ /an)	360°N Q (m ³ /an)	20°N Q (m ³ /an)	40°N Q (m ³ /an)	Total par période Q (m ³ /an)	
6 s	14769	5300	0	-10819	-15916	-30453	20069	-57188
8 s	21209	7564	0	-14496	-17189	-26931	28773	-58616
11 s	16288	9527	0	-15196	-19717	-25611	25815	-60524
Total / direct	52266	22391	0	-40511	-52822	-82995	74657	-176328
Total général = 250985 m³/an								

Ouest (+) 74657 m³/an

176328 m³/an (-) Est

Le volume résultant des sédiments être déplacés est de l'ordre de : **101671 m³/an** de l'Est vers l'Ouest.

- **Formule de Lchf: (LEM, 2009)**

Direct / résultat	300°N Q (m ³ /an)	320N° Q (m ³ /an)	340°N Q (m ³ /an)	360°N Q (m ³ /an)	20°N Q (m ³ /an)	40°N Q (m ³ /an)	Total par période Q (m ³ /an)	
6 s	14769	1466	0	-2957	-4784	-11318	5888	-19059
8 s	21209	3051	0	-5912	-7502	-13611	12317	-27025
11 s	16288	7466	0	-11936	16169	-23398	21131	-19165
T / direct	27353	11983	0	-20805	3883	-48327	39336	-65249
Total général = 104585 m³/an								

Ouest (+) 39336 m³/an

65249 m³/an (-) Est

Le volume résultant des sédiments pouvant être déplacés est de l'ordre de : **25913 m³/an** de l'Est vers l'Ouest.

- **Formule de Kamphuis : (LEM, 2009)**

Direct / résultat	300°N Q (m ³ /an)	320°N Q (m ³ /an)	340°N Q (m ³ /an)	360°N Q (m ³ /an)	20°N Q (m ³ /an)	40°N Q (m ³ /an)	Total par période Q (m ³ /an)	
6 s	7222	3206	0	-6439	-7824	-15295	10428	-29558
8 s	10985	4720	0	-9181	-8892	-13981	15706	-32054
11 s	11167	7825	0	-12523	-13110	-16939	18992	-42572
T / direct	29374	15751	0	-28143	-29826	-48215	45125	-104184
Total général = 149309 m³/an								

Ouest (+) 45125 m³/an

104184 m³/an (-) Est

Le volume résultant des sédiments pouvant être déplacés est de l'ordre de : **59059 m³/an** de l'Est vers l'Ouest.

- **Formule de Bailard: (LEM, 2009)**

Direct / résultat	300°N Q (m ³ /an)	320°N Q (m ³ /an)	340°N Q (m ³ /an)	360°N Q (m ³ /an)	20°N Q (m ³ /an)	40°N Q (m ³ /an)	Total par période Q (m ³ /an)	
6 s	38158	6207	0	-12970	-40664	-104827	44365	-158581
8 s	63520	10933	0	-20646	-51568	-109194	74453	-181408
11 s	445065	14005	0	-22272	-56514	-68167	59070	-176953
T / direct	146743	31145	0	-55788	-148946	-312188	177888	-516922
Total général = 994310 m³/an								

Ouest (+) 177888 m³/an

516922 m³/an (-) Est

Le volume résultant des sédiments pouvant être déplacés est de l'ordre de : **339034 m³/an** de l'Est vers l'Ouest.

Pour donner un ordre de grandeur moyen de la capacité de transport calculée à partir de ces différentes formules, une moyenne des résultats obtenus a été calculée pour les formules du **Cerc**, **Lchf**, **Kamphuis**, et est présentée ci-après. Les résultats obtenus par la formule de **Bailard** n'a pas été retenue, ces derniers ne paraissant pas compatibles avec les observations de terrain (absence d'accumulation significative contre les avancées rocheuses, pas de dissymétrie franche des cônes alluviaux,...) et présentant des écarts importants par rapport aux résultats obtenus par les autres formules.

III-5-2 Capacités des transports moyennes retenues pour le Secteur Chenoua–Cherchell-Sidi Ghilés

Tableau n° 14: Capacités des transports moyens retenues (LEM, 2009)

	Valeurs moyennes (m ³ /an)	Orientation
Transports d'Ouest en Est	53 039	D'Ouest en Est
Transports d'Est en Ouest	-115 254	D'Est en Ouest
Transports totaux	168 293	
Résultante des transports	-82 215	D'Est en Ouest

Entre le secteur Chenoua et Sidi Ghilés se trouve le secteur de Cherchell dont la résultante des transports est dirigée de l'Est vers l'Ouest et est de l'ordre de **62 000 (m³/an)**.

III-5-3 Calcul du bilan énergétique annuel

Tableau n° 15 : récapitulatif du bilan d'énergie annuel par direction et par période (LEM, 2009)

Direction	40°N	360°N	320°N
Période (s)	(Hs) ² . T .t (m ² .s ²)	(Hs) ² . T .t (m ² .s ³)	(Hs) ² . T .t (m ² .s ³)
6	13836854.25	11267728.06	9901599.612
8	11332780.74	14364351.42	15236269.39
11	12107131.08	19504222.93	18637019.14
Total	37276766.07	45136302.42	43774888.14
TOTAL général : Hs². T. t = 126 187 957 m²s²			

Le bilan énergétique annuel sur le site de Cherchell est estimé à **13 10*7 m²s²**.

III-5-4 Calcul du transit sédimentaire

*calcul de l'angle « α » angle que fait la crête de la houle avec la côte : $F(\alpha) = \sin(7/4 \cdot \alpha)$

Tableau n° 15 : Réduplicatif du calcul de l'angle « α » et de la fonction $F(\alpha)$ (LEM, 2009)

Direction	40°N		360°N		320°N	
	α	$F(\alpha)$	A	$F(\alpha)$	α	$F(\alpha)$
6	46.75	0.99	13.25	0.65	16.25	0.48
8	39	0.93	26	0.71	13.75	0.41
11	30.5	0.80	26.5	0.76	11	0.33

Tableau n°16 : Récapitulatif du transit sédimentaire par période et par direction (LEM, 2009)

Direction	40°N	360°N	320°N	Total par période	
Période (s)	Q (m ³ /an)	Q (m ³ /an)	Q (m ³ /an)	Q (m ³ /an)	
6	-11232.76	-6005.70	3897.27	3697.27	-17238.46
8	-8642.38	-8362.93	5122.43	3122.43	-17005.30
11	-7942.28	-12155.03	5043.18	5043.18	-20097.31
T/ direction	-27817.41	-26523.66	14062.88	14062.88	-54341.07
Total général = 88403.95 m³/an					

Ouest (+) 14063 m³/an

54341 m³/an (-) Est

Le volume restant des sédiments pouvant être déplacé de l'Est vers l'Ouest serait de : **40278 m³/an**

Remarque : par convention le signe (+) correspond à un transport Ouest ==> Est
Et le signe (-) correspond à un transport Est==>Ouest.

III-5-5 Conclusion sur la capacité de transport sédimentaire

Le logiciel « **Tranlit** » qui permet le calcul du transit littoral a donné des résultats satisfaisants, a qui semble concorder avec les résultats obtenus au cours de notre étude notamment dans la bathymétrie et la réfraction de la houle vis qu'il se base dans ces calculs sur quatre formules différentes : **Cerc, Lchf, Kamphuis, Bailard** ainsi il nous donne un ordre de grandeur moyen de la capacité de transport calculée à partir de ces différentes formules et cela pour tous types de fond (cylindrique et non cylindrique), ce qui rends les résultats obtenus grâce au logiciel « **Tranlit** » fiable et correct.

Chapitre IV

Les ouvrages de protection

• Introduction

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

Les ouvrages de défense ont pour rôle essentiel de s'opposer à l'attaque de la mer en recevant directement le choc des lames (murs, brise mer), en dissipant leur énergie sur un talus d'enrochement (digue à talus).

IV-1 Schéma de protection

IV-1-1 Site Ouest

Comme il a été présenté précédemment (description des sites d'étude), la falaise est sujette à une rupture sous l'action simultanée ou non de deux (02) phénomènes :

- Action de la mer en pied de la falaise.
- Action des eaux usées et pluviales en partie supérieure de la falaise.

L'action de la mer est annulée par la réalisation d'une protection frontale (parallèle au site). Il peut s'agir soit d'un brise-lame en zone déferlante afin d'atténuer l'énergie de la houle et de créer ainsi une zone de calme entre la cote et les ouvrages proprement dits, soit d'ouvrages littoraux.

La première solution qui devra être exécutée par voie maritime et nécessite bien évidemment un investissement important.

Cette solution a été écartée au profit de la seconde dont la technique de réalisation est moins contraignante, la quantité de matériaux à mettre en place est moins importante et les travaux de réparation éventuelles plus aisés.

Les contraintes dues au site font qu'il est nécessaire de réaliser tout d'abord une piste d'accès en pied de la falaise dès le démarrage des travaux et l'aménagement devra prévoir un accès permanent pour l'entretien de la partie exposé à la mer.

Il est donc présenté deux variantes de protection de la falaise consistant en un noyau en tout-venant permettant la circulation des véhicules de chantier, en une carapace coté mer, et en un soutènement de la falaise réaliser par la construction d'un mur derrière lequel sera adossé la berme de la carapace.

Les deux (02) variantes diffèrent par le type de soutènement qui est :

- Soit un mur poids en béton.
- Soit un mur en béton armé en forme de « L »

La carapace se situant à de faible profondeur, son dimensionnement se fera selon le critère de déferlement.

On estime qu'à une profondeur d'eau « **d** » de la houle susceptible d'y déferler a une creux :

$$\mathbf{Hb} = \mathbf{0,8 db}$$

Afin de déterminer la catégorie d'encrochement, la formule d'Hudson est retenue, elle est de la forme :

$$\mathbf{W} = \mathbf{H^3 (1 / KD \cotg \alpha) (\gamma_s / ((\gamma_s / \gamma_w) - 1)^3)}$$

Sachant que :

- W : Poids des encrochements.
- H : Houle de projet.
- α : Pente du talus ($\cotg \alpha = 2,0$).
- γ_s : Densité des encrochements ($= 2,6$).
- γ_w : Densité de l'eau de mer ($= 1,026$).
- KD : Coefficient pris égal à 3,5.

La houle du projet est prise égale à **H = 0,8 db** elle tiendra compte d'une augmentation de profondeur au pied de l'ouvrage et d'une surcote au gonflement de la houle. La cote de la berme est déterminée en utilisant le critère de non franchissement.

La position de la protection est définie en fonction de la topographie, de la bathymétrie et des impératifs suivants :

- Economie des matériaux à mettre en place.
- Eviter au maximum les changements de direction de la ligne de référence afin que la protection puisse être mise en place de manière continue.

Pour ce qui est de l'évacuation des eaux usées domestiques provenant des habitations, nous recommandons de prévoir un réseau de conduite recevant ces eaux au sommet de la falaise puis de l'évacuer vers la mer à l'ouest du site là où la pente de la falaise est moins forte.

Le profil type de la protection du site ouest a les caractéristiques suivantes :

- Carapace : encrochement de 1,5 à 3t.
- Crête : + 4,80.
- Sous-couche : encrochement de 1kg à 500 kg.
- Crête du noyau : + 3,00.

IV-1-2 Site Est

Le site Est présente un état assez facile à diagnostiquer puisqu'il s'agit d'un talus exposé à la mer et dont l'action provoque l'écoulement d'une partie de la falaise sous son propre poids.

Comme ce talus se trouve en bordure d'une route, il s'agit donc de stopper le recul de la falaise en Concevant une protection qui atténue l'énergie de la houle.

Comme pour le site Ouest, deux (02) types de solutions ont été proposées ;

- Brise-lames dans la zone de déferlement de la houle.
- Protection littorale au pied de la falaise.

Bien évidemment la solution à écarter sera celle consistant en brise-lames dont le coût sera inévitablement supérieur à celui de la seconde solution.

La seconde solution qui est retenue consiste en un noyau en tout-venant pour la circulation d'engins de chantier et d'une carapace en enrochement. La crête de la berme vérifiera le critère de non franchissement.

La taille des enrochements de la carapace est déterminée comme dans le cas su site ouest par la formule d'Hudson.

Il n'y a pas de contraintes majeures par comparaison au site Ouest et le tracé en plan de la protection est fait de manière à ce que les matériaux puissent être mis en place en continu.

Le profil du type de la protection du site Est a les caractéristiques suivantes :

- Carapace : enrochement de 0.5 à 1.5 t.
- Crête : +4.00.
- Noyau : tout-venant de 1kg à 500kgs.
- Crête du noyau : +2.30.



Figure n°32 : Installation des ouvrages littoraux sur la zone de Cherchell (Google Earth, 2011)

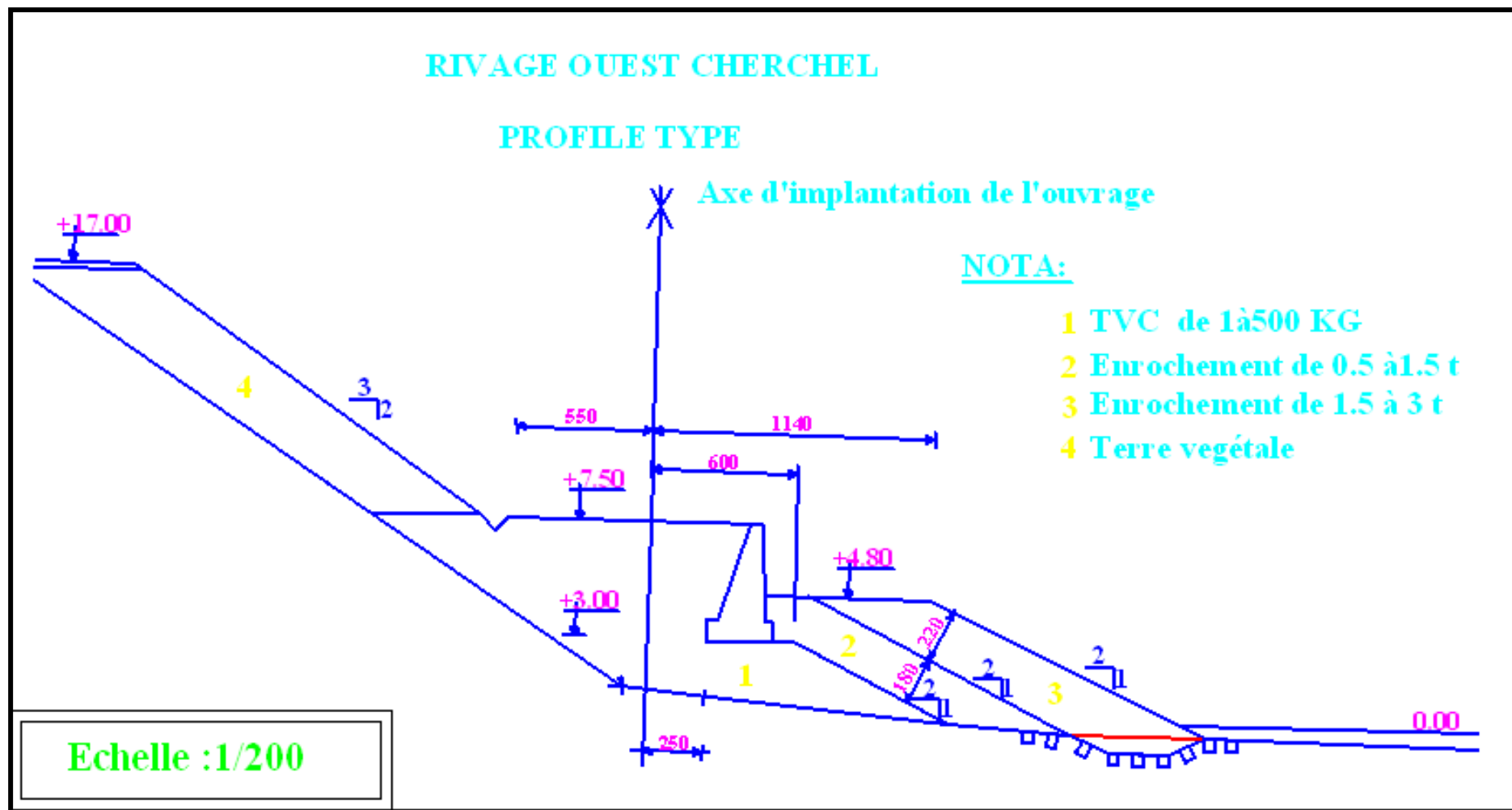


Figure n° 33 : Le profil type de la protection du site Ouest (DTP de la wilaya de Tipaza, 2004)

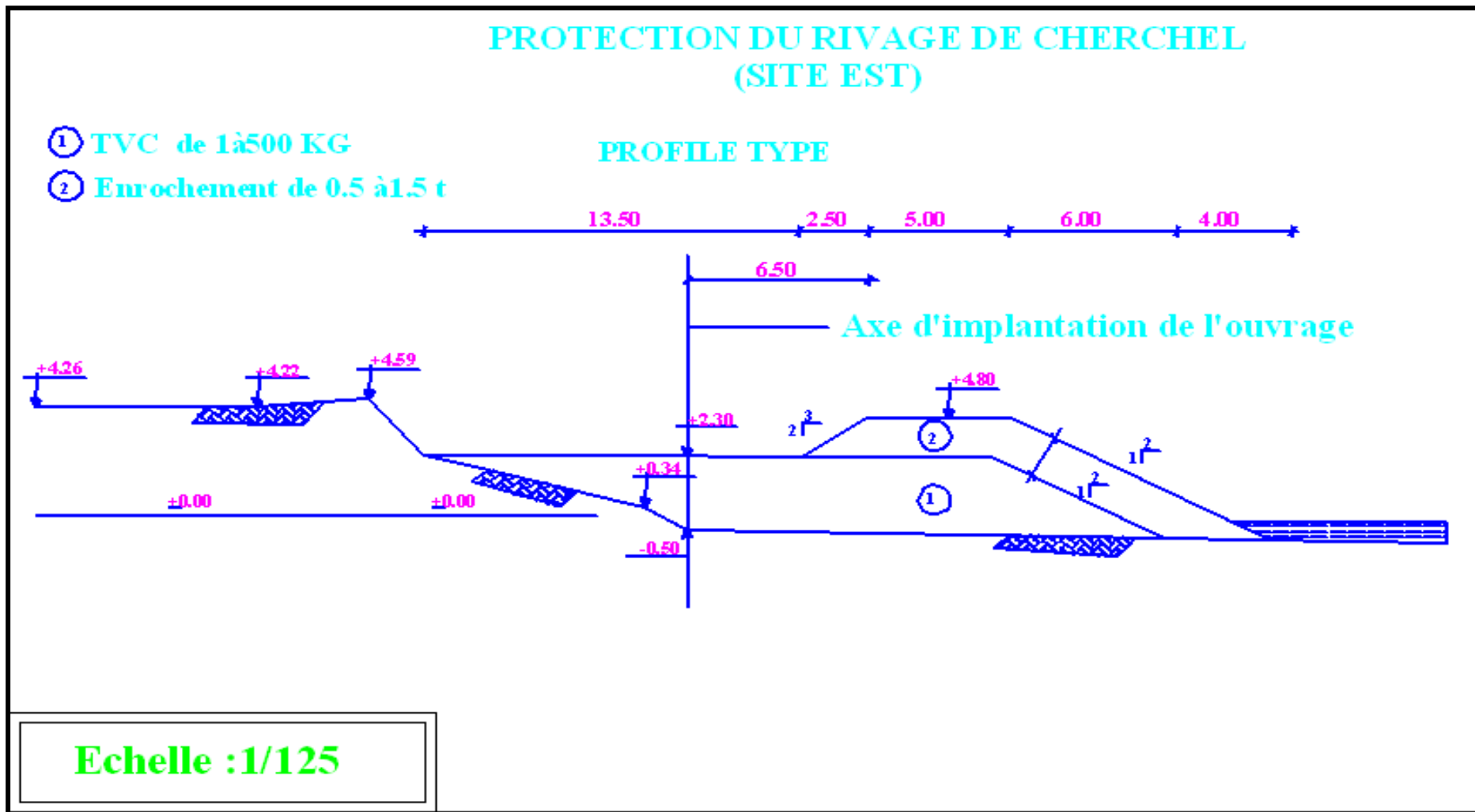


Figure n° 34: Le profil type de la protection du site Est (DTP de la wilaya de Tipaza, 2004)

IV-2 Description des ouvrages à réaliser

IV-2-1 Site Ouest

IV-2-1-1 Protection Maritime

Elle est assurée par :

- Un noyau en tout-venant (1 – 500 kg) arasé à la cote + 3,40 m.
- Une couche d'encrochement de transition (0,5 à 1,5 t) d'épaisseur 1,80m.

IV-2-1-2 Mur de soutènement

Constitué de :

- Un mur poids en béton.
- En remblai en arrière du mur en tout-venant de carrière de 1 à 500 kg.
- Un remblai de terre pour stabilisation du talus intérieur.

IV-2-2 Site Est

IV-2-2-1 Protection Maritime

Elle est assurée par

- Un noyau en tout-venant (1 – 500 kg) arasé à la cote + 2,30 m.
- Une carapace en encrochement (0,5 à 1,5 t) d'épaisseur 1,70 m arasée à la cote + 4,00 m.

IV-3 Phasage des travaux

Le programme des travaux comprend les phases suivantes :

IV-3-1 Site Est

- Mise en place des encrochements de 1 - 500 kg jusqu'à la cote + 2,30 m.
- Mise en place des encrochements de 0,5 – 1,5 t jusqu' à la cote projet.

IV-3-2 Site Ouest

- Mise en place de tout-venant (1 à 500 kg) jusqu'à + 3,00 m.
- Mise en place de la sous-couche d'encrochements (0,5 à 1,5 t) jusqu'à + 3,00.
- Réalisation de la butée de pied en encrochements (0,5 à 1,5 t) jusqu'à 0,30.
- Mise en place de la carapace en encrochements (1,5 à 3 t) jusqu'à + 0,30.
- Réalisation du mur poids.
- Mise en place du tout-venant en arrière du mur de la cote + 3,00 à la cote projet.
- Poursuite de la mise en place de la sous-couche et de la carapace jusqu'à la cote projet.
- Talutage de la falaise suivant la pente 3/2.

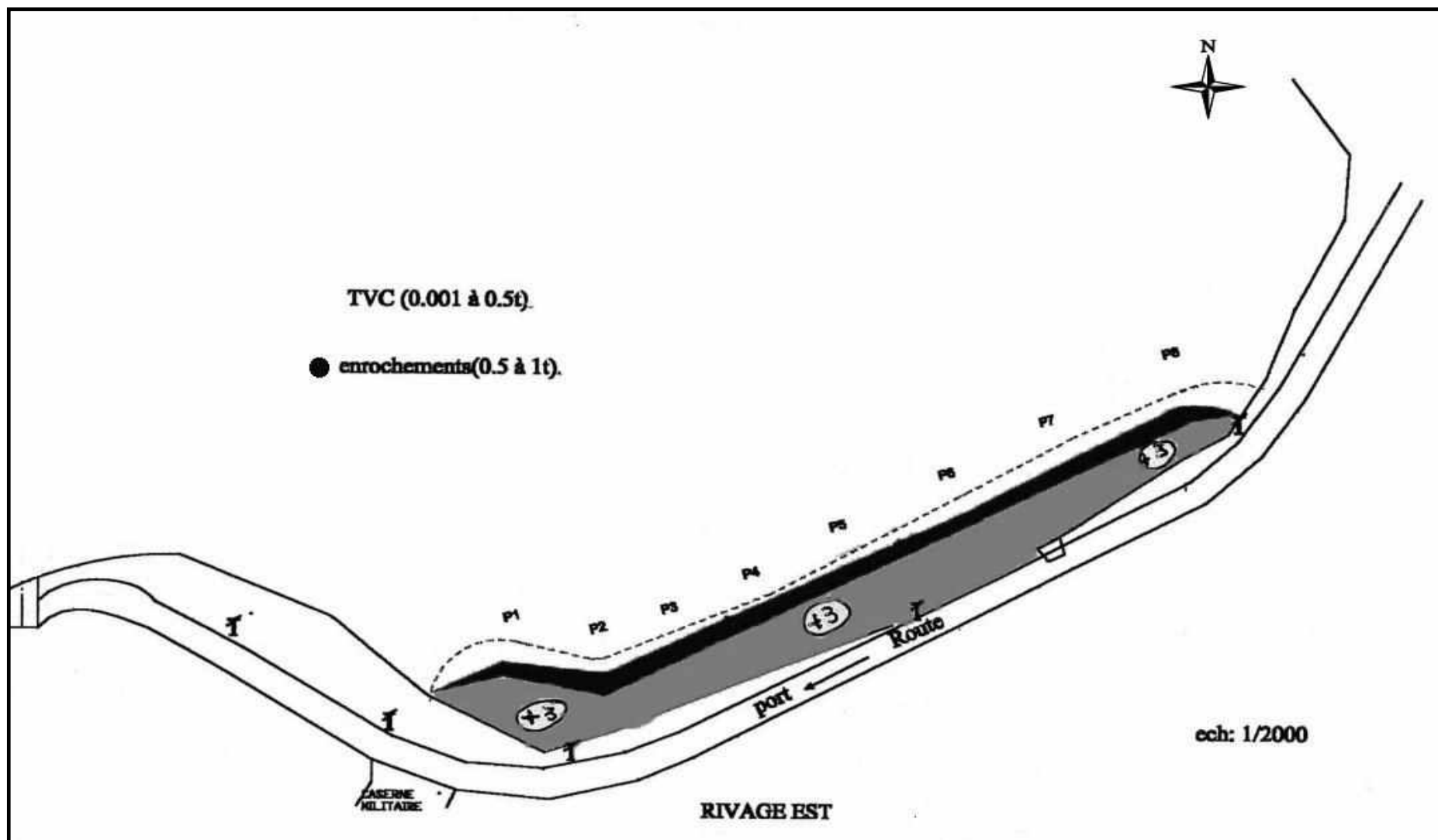


Figure n° 35: Ouvrage à réaliser-site Est-
(DTP de la wilaya de Tipaza, 2004)

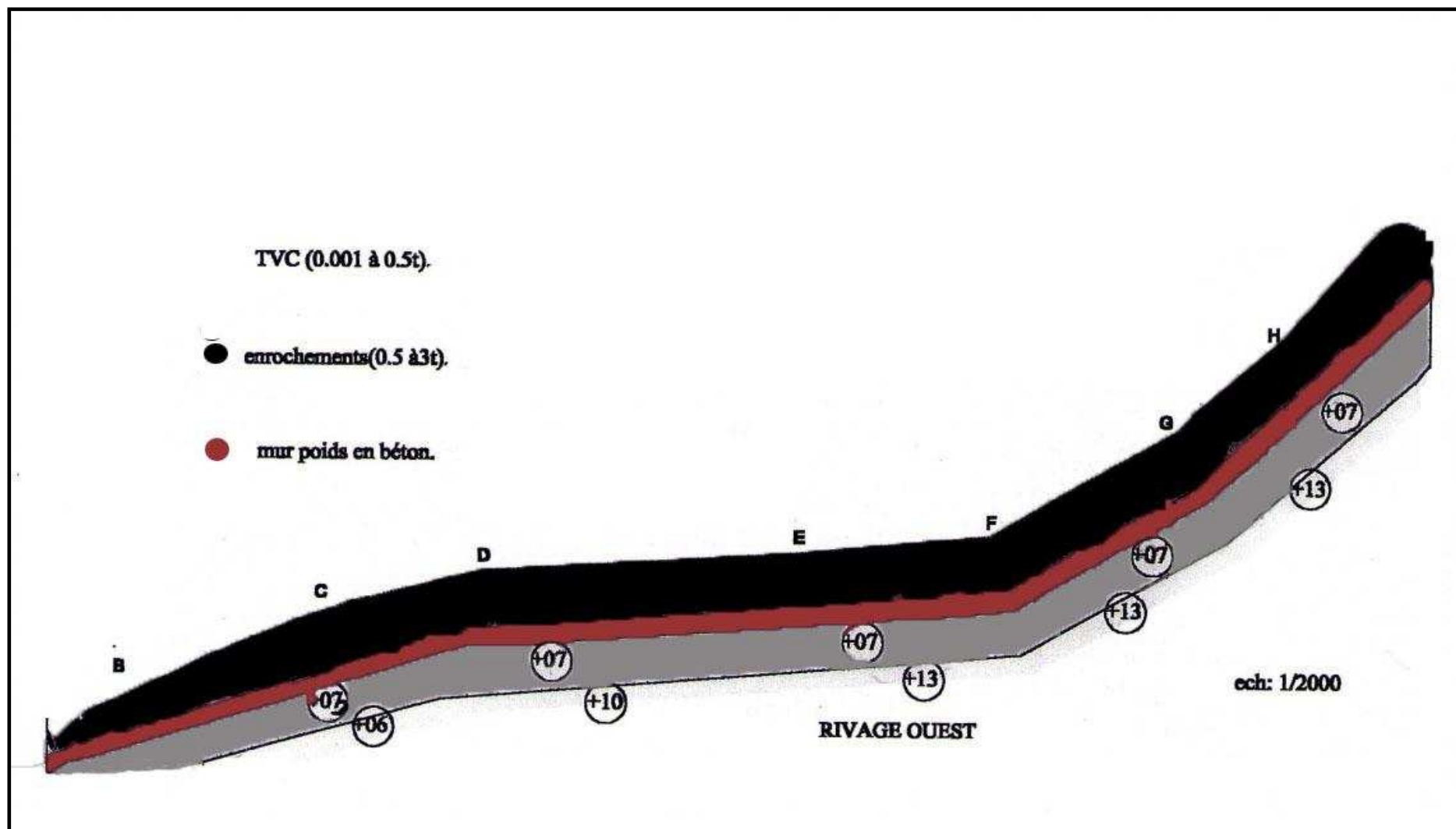


Figure n° 36: Ouvrage à réaliser-site Ouest-
(DTP de la wilaya de Tipaza, 2004)

IV-4 Recherche de Matériaux de construction

En vue de dresser un inventaire des carrières existantes dans la zone du site de Cherchell, un rapport établi par le LNTPB-SETI pour le compte du Ministère des Travaux Publics est intitulé « étude des carrières » a été consulté.

Après avoir retenu les sites proches de Cherchell, une visite effectuée sur terrain a permis de vérifier l'état actuel de ces gites de matériaux de construction.

Ces gites sont au nombre de quatre (04) :

1. Gite de Larhat

○ Situation

Le site se trouve au niveau du P.K.133 de la R.N.11 reliant Gouraya à Larhat, au Sud-ouest de l'oued Mellah. Les coordonnées repérées sur la carte n°38 Gouraya au 1/50.000 sont :

$$X= 421,3000 \qquad Y= 362,300$$

Le gite se trouve à 9 km de Gouraya et à 37 Km de Cherchell. L'accès est difficile et une piste devra être aménagée.

○ Nature de gisement

Selon le rapport « Etude des carrieres » du Lntpb-Seti, la nature du gisement d'un massif calcaire d'âge cénomanien, bien lité, avec un pendage de 80°. La couverture en terre végétale est estimée à 0.5m.

○ Description du matériau

Il s'agit d'un calcaire bleu, dur, à pâte fine.

○ Caractéristiques géotechniques

- $D = 2.61 \text{ t/m}^3$
- Coefficient LOS ANGELES= 15 (concassé)
- Deval Sec = 8 (pierre)
- Deval humide = 9 (pierre)

○ Construction pour l'exploitation

Le site est nouveau. La hauteur du front de taille exploitable est de 80m. Il faut noter la nécessité de déplacer une ligne à haute tension. Néanmoins, la place disponible pour l'installation de concassage et le stockage est suffisante. En fin le rapport LNTPB-SETI note en conclusion qu'il y a possibilité d'exploiter un gisement à l'Est de l'oued Mellah toujours dans le cénomanien. Cela nécessitera « Une étude géologique pour estimer les réserves vue la présence d'un important accèdent tectonique ».

2. Gîte de Messelmoun

○ Situation

Le site se trouve au niveau du P.K.119 de la R.N.11 à environ 8 Km à l'Ouest de Messelmoun. Les coordonnées repérées sur la carte n° (5-6) Cherchell au 1/25.000 sont :

$$X = 435.800 \quad Y = 362.800$$

Il se trouve à 5 Km de Gouraya et à 23 Km de Cherchell. L'accès est assez facile car le site est en bordure de la R.N.11.

○ Nature de gisement

Il s'agit d'une coulée massive intercalée de poudingues. Elle forme des bancs massifs (1 à 2 m) bien stratifiés parfois réparés de minces intercalations de tufs volcaniques (0,2 m). L'épaisseur de la terre végétale est de l'ordre de 0.5m.

○ Descriptions du matériau

La roche est verte finement cristallisée, très dure, à cassure nette.

○ Caractéristiques géotechniques

- $D = 2.52 \text{ t/m}^3$
- Coefficient de LOS ANGELES = 11 (concassé)
- Deval sec = 8 (pierre)

○ Contrainte pour l'exploitation

Le site est nouveau. Il y a possibilité d'avoir un front de taille de 15m. La place disponible pour l'installation d'une station de concassage – criblage est suffisante.

3. Gîte des Quatres mamelons

○ Situation

Le site se trouve sur le C.W.103 vers Sidi Siriane. Le C.W.103 débute à partir du P.K 105 de R.N 11 reliant Cherchell à Gouraya.

Le site est en bordure du C.W.103 à gauche. Les coordonnées repérées sur la carte n° 5-6 CHARCHELL au 1/25000 sont :

$$X = 445.300 \quad Y = 360.000$$

Il se trouve à 14 Km de Gouraya et à 9 Km de Cherchell.

○ Nature et gisement

Il s'agit d'un massif calcaire du cénomaniense présentant en gros bancs subhorizontaux réguliers (1 à 2 m d'épaisseur) bien lités avec quelques intercalations marneuses (0.10 à 0.20 m). En surface il y a présence de block enroulés d'argile rouge de décalcification. L'épaisseur de la couverture végétale est faible et on remarque la présence d'éboulis.

- **Description du matériau**

Il s'agit d'un calcaire bleu à pâte fine, dur avec tendance à se débiter en plaquettes.

- **Caractéristiques géotechniques**

Le rapport LNTPB-SETI n'a pas présenté de caractéristiques géotechniques pour les roches provenant de ce gisement. Néanmoins la densité d'un échantillon a été estimée à 2.60 t/m³.

- **Contraintes d'exploitation**

Le site est nouveau. L'aire de stockage et d'installation est suffisante. Le gisement nécessite une étude géologique pour définir les réserves et l'importance des lits marneux.

4. Gîte de CAP CHENOUA

- **Situation**

Le site se trouve en bordure de la route de la corniche reliant TIPAZA à CHERCHELL. Les coordonnées repères sur la carte n° 5-6 TIPAZA au 1/25.000 sont :

$$X = 474.000 \quad Y = 369.000$$

Il se trouve à 25 Km de Gouraya et à 22 Km de Cherchell.

- **Nature du gisement**

De nature calcaire, probablement lias, sa géologie est « calcaire béchique, gris rose en blancs redressés mal stratifiés avec quelque fracture ». Le gisement possède une altération superficielle faible avec présence d'argile rouge de décalcification. On remarque une pollution interne et présence d'argile rouge dans diaclases et zones broyées. La découverte du gisement est de l'ordre de 1 à 3m et selon le rapport LNTPB-SETI elle est pratiquement impossible.

- **Description du matériau**

Il s'agit d'éléments de calcaire sublithographique gris, dans une pâte calcaire gris-rose avec cassure conchoïdale un peu écailleuse.

- **Caractéristique géotechnique**

Le rapport du LNTPB-SETI n'a pas présenté de caractéristique géotechnique pour les roches provenant de ce gisement. Néanmoins la densité d'un échantillon a été estimée à 2.68 t/m³.

- **Contrainte d'exploitation**

Le gisement est constitué par 2 fronts. La plate-forme inférieure se trouve en bordure et au niveau du C.W .109. La plate forme supérieure se trouve de 50m à 40m au dessus du niveau de la ronde. Compte tenu de la proximité de C.W.109 et de la mer. Il y a deux possibilités ; soit exploiter uniquement le front supérieur et installer la station sur la plate-forme inférieure, soit recherché un autre site exploitable dans le même massif.

IV-5 Etude technico- Economique

• Prix unitaire

Les prix unitaires utilisés à ce stade de l'étude sont ceux acquis par l'expérience du LEM en ce domaine sur d'autres projets. Il s'agit de prix toute taxe comprise :

- En ce qui concerne le tout-venant (1-500 kg) le coût de sa fourniture, son transport et sa mise en place est estimée à 100DA/t.
- Le coût de l'enrochement « 0.5_1.5 t » mise en place incluse est estimée à 190DA/t.
- Le coût des enrochements «1_3t » mise en place incluse est estimée à 200DA/t.

Pour ce qui est du béton armé coulé en place, son prix unitaire est décomposé de la manière suivante :

- Fabrication du béton, transport et mise en place : 1200DA/m³.
- Façonnage des aciers et mise en place : 10 000DA/t.
- Coffrage : 100DA/m³.

IV-5-1 Site Est

A partir du profil type il a été déterminé la quantité de matériaux à mettre en place. Elles se réservent à deux classes :

- La première est le tout-venant (1-500 kg), La quantité est calculée en supposant une densité en place de 1.3 t/m³
- La seconde est constituée d'enrochement (de 0.5 à 1.5t) dont la densité en place supposée est de 1.7t/m³

Les quantités sont :

- tout venant : (1-500kg) = 25 300t.
- enrochement : (0.5-1.5t) = 16 000t.

Les coûts respectifs sont :

- Tout venant : (1-500kg) = 2.5 millions de DA.
- Enrochement / (0.5-1.5t) = 3.04 millions de DA.

Total / 5.54 millions DA.

Si en tient compte de plus des éventuels imprévus au cours des travaux, le coût des travaux sera majoré de 10%.

Donc pour le site EST on aura le coût suivant :

- Travaux = 5.57 millions de DA.
- Imprévus 10% = 0.53

Soit 23 165 DA/ml = 6.10 millions DA.

Le coût global sera réparti selon les proportions suivantes :

- 41% pour le tout venant.
- 49% pour l'enrochement.
- 10% pour les imprévus.

Note : Une majorité de 20% sera prise en compte représentant le coût de l'installation et le rempli du chantier au site que l'aventure d'une carrière.

IV-5-2 Site Ouest

En ce qui concerne le site ouest deux (02) variantes ont été examinées :

- **Variante 1**

Cette première proposition consiste en une protection du talus par des enrochements et de la mise en place d'un mur poids pour assurer la stabilité de ce talus tout le long du site.

- **Variante 2**

Pour cette deuxième proposition, nous adopterons le même type de protection en enrochement et la mise en place cette fois-ci d'un béton armé.

L'estimation des deux variantes (toutes majoration comprise) a donné un montant avoisinant : 30 M.DA pour chacune des variantes, avec les propositions suivantes :

a) Variante 1

Le cout de cette variante est estimé à **29,43 M.DA soit 68000 DA/ml.**

Tableau n° 17 : Pourcentage du cout pour chaque composante de la variante 1
(DTP TIPAZA, 2004)

Protection du talus		Stabilité du talus	
Tout- venant	12 %	Tout-venant	34,5 %
Enrochement (0,5 à 1,5 t)	13 %	Remblai de terre	1,5 %
Enrochement (1,5 à 3 t)	14 %	Béton pour le mur	13 %
déroctage	1 %	Béton de propreté	1 %

* Une majoration de 10 % est introduite pour les imprévus.

b) Variante 2

Le cout global est estimé à **29,37 M.DA soit 67800 DA/ml.**

Tableau n° 18 : Pourcentage du cout pour chaque composante de la variante 2
(DTP TIPAZA, 2004)

Protection du talus		Stabilité du talus	
Tout- venant	14 %	Tout-venant	37 %
Enrochement (0,5 à 1,5 t)	15 %	Remblai de terre	1,5 %
Enrochement (1,5 à 3 t)	13%	Béton pour le mur	8 %
déroctage	0,4 %	Béton de propreté	1,2 %

*Comme pour le cas précédent, une majoration de 10 % est introduite pour les imprévus.

Note : Au cout global, il faut ajouter une majoration de 20 % représentant le cout de l'installation et de rempli de chantier.

Tableau n° 19 : Estimation globale du coût des deux variantes
(DTP TIPAZA, 2004).

site	Variante	Cout sous majoration	Cout +10 % d'imprévus	Cout + 20% installation et repli de cout
Est	A	5,57 MDA	6,10 MDA	-
Ouest	1	26,75 MDA	29,43 MDA	-
	2	26,70 MDA	29,37 MDA	
Montant global	A+1	-	35,53 MDA	42,66 MDA
	A+2	-	35,47 MDA	42,57 MDA



Photo n° 7: Ouvrage de protection
-site Est-



Photo n° 8: Ouvrage de protection
-site Est-



Photo n° 9: Ouvrage de protection
-site Ouest-



Photo n° 10: Ouvrage de protection
-site Ouest-



Photo n° 11: Fabrication du mur de
soutènement



Photo n° 12 : Canalisation des eaux
usées

Conclusion Générale

Conclusion générale :

Malgré un linéaire côtier de 26.56 Km et bien qu'elle soit très riche en sources naturelles d'eau potable (14 sources) et un paysage paradisiaque avec une continuité entre forêt et la mer, la commune de Cherchell n'a à son actif que quelques plages autorisées à la baignade.

Les deux sites situés d'une part et d'autre du port de Cherchell ont connu dans un passé récent une soudaine érosion où il est difficile de trouver des causes. Notre travail a consisté à faire un diagnostic sur ces deux sites avec l'aide du CNL, en évaluant les paramètres physiques et hydrodynamiques dans un premier temps, et de proposer des solutions pour la protection de ce littoral dans un deuxième temps.

Ce projet initié par le CNL, nous a permis en nous associant à leur équipe de comprendre la gestion et le suivi d'un projet d'une telle envergure.

On a constaté que l'érosion côtière dans cette zone est la résultante de la combinaison de plusieurs facteurs à la fois d'origines naturelles et anthropiques. Ces facteurs opèrent sur plusieurs échelles du temps et de l'espace. Ce sont les tempêtes, les courants littoraux, les variations du niveau de la mer à terme plus au moins long, qui seraient à l'origine de cette érosion.

Les caractéristiques du point de vue géologique et géomorphologique du littoral de cette zone montrent la fragilité du site.

La modélisation numérique de la réfraction de la houle pour cette zone nous donne une explication de l'une des causes de l'érosion à savoir la concentration de la houle sur un segment de la zone coté falaise (site Ouest) exposé fortement aux houles de secteur Nord, Nord-est.

Le coté plage (site Est) est moins exposé que le coté falaise. Il est sollicité par les houles de secteur Nord.

L'étude bathymétrique a révélé une morphologie particulière caractérisée par des fonds marins relativement irréguliers d'une part et d'autre du port ainsi qu'au droit de ce dernier, traduisant la présence de fonds rocheux.

L'étude sédimentaire indique que la zone du port de Cherchell se caractérise par l'absence d'accumulation significative de sédiments meubles à l'enracinement des digues portuaires, et la distribution du stock existant est principalement la houle.

Une approche courantologique aurait été un complément non négligeable dans notre étude notamment dans le volet hydrodynamique.

La décision de protéger un site côtier, le choix de type de défense ou de protection, son implantation et son dimensionnement résultent d'une triple analyse se fondant sur :

- la justification de l'opportunité de la protection envisagée par rapport à la valeur des biens dommageables.
- la connaissance de l'évolution du milieu littoral, souvent influencé par des actions anthropiques.
- l'appréciation des contraintes économiques qui pondèrent la mise en place des dispositifs de protection par rapport au fonctionnement du milieu physique, notamment du point de vue environnemental.

Le choix et les caractéristiques du type des ouvrages de protection, qui vont contribuer à mettre à l'abri les habitations et préserver la plage et la falaise des effets de la houle frontale sont basés sur des critères technico-économiques, et l'optimisation de son profil par le modèle réduit physique.

Les ouvrages proposés présentent chacun des avantages et des inconvénients. Toutefois, nous favorisons le choix de l'ouvrage mixte qui, en combinant la souplesse et la stabilité semble le plus adéquat pour notre zone d'étude. Parmi les critères de choix qui devraient être pris en considération, de manière forte, il y a la protection durable de la nature et le coût des ouvrages.

L'objectif principal de cette étude est l'implication de l'océanographe ou l'aménagiste au fait que l'aménagement côtier est intimement lié à l'environnement naturel et à la société qui le composent, au territoire auquel il s'intègre, et surtout à la conviction que son métier consiste à être au service de la population sans nuire à l'environnement, car aménager c'est d'abord ménager.

Bibliographie

Assassi. C, Otmani. H ; 2010 – Etude de protection de la zone de Club des pins. *Mémoire d'ingénieur, ISMAL*, p 03

Belhaï. D ; 1996 – Evaluation tectonique de la zone Ouest Algéroise (Tenes – Chenoua) : approche stratigraphique et structurale. Thèse de Doctorat, USTHAB, option géologie structurale, p 148.

Benchaou. M, Tatai. M ; 1998 – Envasement et dragage du port de Cherchell impact sur l'environnement. *Mémoire d'ingénieur, ISMAL*, p 01-10-13-14-15-18-19.

Bonnefille. R ; 1976 – Cours d'hydraulique maritime. ED MASSON, (PARIS) ,161 pages.

Bonnefille. R ; 1980 – Cours d'hydraulique maritime. MASSON, 2^{ème} Edition (PARIS) ,171 pages.

C .N.L ; 2009- Bilan Diagnostique du Littoral de la wilaya de Tipaza Commune de Cherchell (par les ingénieurs et éco-gardes : I.Ait Hamouda - R.Mebarki - B.Echibani.

Direction des travaux publics de la Wilaya de Tipaza ; 2004 – Protection du rivage de Cherchell (site Est et Ouest).

Hrida. L, Rais. M ; 2006 – Aménagement des ports de pêche de Tipaza et Cherchell. *Mémoire d'ingénieur, ISMAL*, p 02-03-04-05-06-07.

L.E.M ; 2009 - Carte sédimentaire du littoral Algérien, Etude de la 1ère mission collecte et analyse des données de base Wilaya de Tipaza.

L.E.M ; 2009 - Etude de l'établissement de la carte sédimentaire du littoral Algérien (mission 3, wilaya de Tipaza. 2ère tranche). Etape 1 : Etude de la réfraction de la houle.

L.E.M ; 2009 - Etude de l'établissement de la carte sédimentaire du littoral Algérien (mission 3, wilaya de Tipaza. 2ère tranche). Etape 2 : Interprétation sédimentologique.

L.E.M ; 1986 – Rapport : Etude de protection du rivage de la Wilaya de Tipaza (site de Cherchell)

Météo France ; 1989-2008 - direction de la production, département services.

Millot. C, Taupier-Letage. I, et Benzohra. M; 1990 - The Algerian eddies. *Earth Scienc Reviews*.

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

Zemenzer. S ; 2004 - Ensablement du port par transport sédimentaire simulation et application du modèle de Gao et Collins (1994) au port de Sidi Fredj. *Mémoire d'ingénieur, ISMAL*.