

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
المعهد الوطني لعلوم البحر و تهيئة الساحل

Institut National des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



MEMOIRE

Présenté en vue d'obtenir
Le Diplôme d'Ingénieur en Science de la Mer
Option : Aménagement du littoral

Thème:



**TRAVAUX DE PROTECTION DU COMPLEXE TOURISTIQUE DE
ZERALDA CONTRE L'EROSION COTIERE**

Soutenu le : 26 septembre 2005

Par:

**M . Amari Sofiane
M . Guessab Rachid**

Devant le jury composé de :

M . LARID. Med

(Chargée de cours, ISMAL)

Président

M . AMARI. Med

(Chargée de cours, ISMAL)

Promoteur

Mm. BOUDOUMA. Z

(Cadre au LEM)

Co-promoteur

M . BELKESSA. R

(Chargée de cours, ISMAL)

Examineur

M . SEFIANE. O

(Chargée de cours, ISMAL)

Examineur

Promotion : 2004-2005

Remerciements

Au terme de ce travail, il m'est particulièrement agréable de remercier toutes les personnes ayant de près ou de loin, contribué à sa réalisation ;

Je tiens à remercier en premier, tous les enseignants de l'ISMA, qui ont su, au fil des années de mon cursus universitaire, me faire découvrir la mer et en apprécier toutes ses richesses ;

Je tiens à remercier mon promoteur Mr M. AMARJ et ma co-promotrice Mme Z. Boudouma, qui grâce à leurs connaissances, leurs conseils avisés et en mettant à ma disposition les documents nécessaires, m'ont dûment orienté et mon permis de mieux approcher les problèmes. Qu'ils trouvent ici ma sincère reconnaissance ;

Je remercie Mr M. Lard qui a bien voulu présider le jury et juger ce travail et, Mr O. Sofiane, Mr R. Belkessa pour avoir accepté de faire partie du jury et d'examiner ce mémoire ;

J'ai également à exprimer ma reconnaissance à Mr Hakim de la DTP d'Alger, Mrs Ben Aïssa ; Zoubir ; Isiafhem ; Mahdi et tout le personnel du laboratoire d'études maritimes qui m'ont aidé à faire ce travail ;

Je remercie aussi Mr Boutebba et son personnel du complexe touristique de Zéralda qui m'ont accueilli et pour m'avoir facilité l'accès aux documents interne du complexe, ainsi que le personnel du groupement ALDIGH et SOTRAJMEST ;

Grand merci à mes amis de la promotion qui ont contribué moralement et matériellement à réaliser ce travail ;

Il ne serait étonnant d'émouvoir mes remerciements à ma famille (mes parents, frères et cousins...) et ma futur femme pour leurs soutiens et encouragements.

Liste des figures

	Page
Figure n°1 : Plan de situation de la zone d'étude	3
Figure n°2 : Evolution de trait du côte de la plage du complexe touristique de Zéralda entre 1959 et 1999	4
Figure n°3 : Schéma structural simplifié du sahel d'Alger	6
Figure n°4 : Estimation du sens dominant du transit sédimentaire à partir de l'orientation de la flèche littoral	7
Figure n°5 : Carte descriptive du sens de transit littoral	8
Figure n°6 : Carte bathymétrique de la baie de Zéralda.....	10
Figure n°7 : Réfraction de la houle pour la direction N°0 et une période de 10 secondes	12
Figure n°8 : Réfraction de la houle pour la direction N°20 et une période de 10 Secondes....	13
Figure n°9 : Réfraction de la houle pour la direction N°300 et une période de 10 secondes .	14
Figure n°10 : Schéma préalable de la dynamique sédimentaire de la baie du Zéralda	17
Figure n°11 : Schéma illustrant le principe de Bruun	18
Figure n°12 : Répartition des activités anthropiques agissant sur le milieu côtier du Zéralda.....	19
Figure n°13 : Le plan de masse de système de défense envisagé pour la protection du complexe touristique de Zéralda.....	24
Figure n°14 : profil de la partie courante du brise-lame	26
Figure n°15 : Profil partie musoir de brise-lame.....	26
Figure n°16 : Profil de la partie courante de l'épi.....	27
Figure n°17 : Profil du musoir de l'épi	28
Figure n°18 : Opération de la mise en place du TVC pour la construction du noyau de l'épi	40
Figure n°19 : Schéma illustrant la méthode du travaille utilisée pour protéger le noyau	40
Figure n°20 : Opération de la mise en place des enrochements (1-3t) pour la carapace du	

Figure n°21 : Estimation de l'évolution du trait de côte de la plage d'étude après l'installation du système de défense	47
Figure n°22 : mesures compensatoires pour diminuer les impacts négatifs.....	48
Figure n°23 : méthode de reprofilage éolien	49

Liste des tableaux

	Page
Tableau n°1 : Fréquence mensuelle de la houle au large de la baie du Zéralda par direction.....	11
Tableau n°2 : Statistique des houles au large de Zéralda.....	11
Tableau n°3 : Analyse des houles à la côte de Zéralda.....	12
Tableau n°4 : relation direction et vitesse de vent	15
Tableau n°5 : Résultats des essais sur modèle réduit pour les trois (3) variantes.....	22
Tableau n°6 : Comparaison des variantes proposées	23
Tableau n°7 : Récapitulatif des calculs des poids et épaisseurs des couches de matériaux	35
Tableau n°8 : Tableau du devis quantitatif et estimatif des travaux	37
Tableau n°9 : Planning prévisionnel des travaux.....	39
Tableau n°10 : Caractéristique du béton.....	41
Tableau n°11 : Forme et masse volumique d'encrochement	43
Tableau n°12 : Caractéristiques physico-chimique des encrochements	43
Tableau n°13 : Présentation du service de contrôle CTH.....	44

Liste des graphes

	Page
Graphe n°1 : Approche prospective de l'évolution du trait de côte	5
Graphe n°2 : Diagramme Ombrothermique de Gaussen (1994-2004).....	15

Liste des acronymes

APS : Avant Projet Sommaire

BL : Brise-lame

CERC : Coastal Engineering Research Center

CPS : Cahier de Prescription Spécial

CTH : Contrôle Technique Hydraulique

DTP : Direction des Travaux Public

INCT : Institut National de Cartographie et de Télédétection

LEM : Laboratoire d'Etude Maritime

LNHC : Laboratoire National de l'Habitat et de Construction

ODS : Ordre De Service

ONM : Office National de Météorologie

SOTRAMEST : Société des Tavaux Maritime EST

SSMO : Summary of Synoptic Meteorological Observation

TTC : Toutes Taxes Compris

TVC : Tout Venant de Carrière

USTHB : Université des Sciences et de Technologie Houari Boumediene

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE I :ANALYSE DU CONTEXTEGENERAL.....	3
1- Cadre géographique :.....	3
2 – L'évolution de trait côte.....	4
3- Estimation de la valeur des biens à protéger.....	5
4- Le cadre géologique et géomorphologique.....	5
CHAPITRE II :ANALYSE DU SYSTEME HYDRO-SEDIMENTAIRE.....	7
1 – La morphologie côtière.....	7
2- Les paramètres dynamiques.....	8
2-1- Les paramètres marins.....	9
2-1-2 -La marée.....	9
2-1-3-la Bathymétrie.....	10
2-1-4 -La houle.....	10
2-1-4-1-La houle au large.....	10
2-1-4-2-La houle à la côte.....	11
2-2 : paramètres météorologiques et continentaux :	14
3-la cellule sédimentaire :	16
4- La dynamique sédimentaire et le volume de transit dominant :	16
5- les effets naturels et anthropiques et rôle des anciennes mesures de protection :	17
5-1- les causes naturelles :.....	17
5-2- l'action anthropique :	18
5-3- le rôle des anciennes mesures :.....	20
CHAPITRE III : CHOIX ET CARACTERISTIQUES DES TYPES DE DEFENSE.....	21
1 - Les types des variantes de protections proposées par LEM :	21
2 - l' étude sur modèle réduit physique :	21
3 - la comparaison des variantes et recommandations :	23
3.1 les paramètres d'implantation du système de défense recommandé et son mode de fonctionnement :.....	24
3-2- les caractéristiques géométriques des ouvrages :	25
3-3- les Paramètres de predimensionnement des ouvrages :.....	28
3-4- le prédi-mensionnement de l'ouvrage :.....	29
3-4-1- le calcul avec la formule de HUDSON :.....	29
3-4-2- le calcul avec la formule de Van der Meer :	31
CHAPITRE IV : REALISATION DE LA PROTECTIONS DU COMPLEXE.....	36
1 - présentation des travaux :	36
2 -Méthodologie d'exécution des travaux :.....	38
3- provenance des matériaux :.....	42
4-Suivi et contrôle des travaux dans le chantier :	44
CHAPITRE V : ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT	45
1 -Impacts sur l'environnement :	45
2 -Les mesures compensatoires :.....	48
2-1- La reconstitution du massif dunaire par la méthode de reprofilage éolien :	48

2-2 - la technique du bay-pass.....	49
2-3- la signalisation des ouvrages :	49
2-4- l'implantation d'un émissaire.....	50
CONCLUSION GENERALE :.....	51
BIBLIOGRAPHIE	53

Introduction générale

Le littoral est un lieu de rencontre, ou s'exprime avec la plus grande diversité des écosystèmes façonnés par l'action des houles, du vent et des embruns (PASKOFF R).

La lente élévation du niveau marin, la diminution du stock sédimentaire accumulé lors des dernières glaciations ou les erreurs parfois commises dans l'aménagement du littoral sont à l'origine d'une aggravation de son érosion.

Aujourd'hui on a constaté que l'urbanisation du littoral est faite aux détriments de toutes les règles de sécurité, puisque des bâtis y ont été construits en bordure de mer sans que ne soit pris en compte les érosions auxquelles elles s'étaient exposées ; face à l'importance du recul de ces côtes, mais pire encore face à l'augmentation de la vulnérabilité des populations riveraines et de l'économie, il s'est avéré nécessaire de protéger ces équipements en réalisant des ouvrages de défense du littoral dont le choix dépend de la nature du site (hydrodynamisme ..) et de l'usage que l'on veut faire de cet ouvrage.

Le cas du complexe touristique de Zéralda est un exemple type du cas cité, le phénomène est bien visible.

La côte du complexe touristique qui s'étend sur environ de 1.2 km d'Est en Ouest se retrouve dans un environnement érosif très intense. En effet après une disparition de la plage, la façade maritime du complexe s'est retrouvée dans l'eau, les bâtisses sont affouillées et des effondrements sont constatés.

Le but de ce projet de mémoire de fin d'études dont l'intitulé «travaux de protection du complexe touristique de Zéralda contre l'érosion côtière», serait alors de présenter les travaux de protection après étude, le rôle que peuvent jouer les ouvrages de protection dans la stabilisation et le ralentissement du recul du trait de côte, leur intégration dans l'environnement mais surtout la relance et la promotion de l'activité du complexe avec cette protection.

Dans un premier temps et avant toute intervention et une mise en place du système de défense, il convient d'avoir un aperçu sur les différentes étapes de l'étude :

1. L'analyse du contexte général du site (chapitre I) qui s'articule autour des axes suivants :
 - le cadre géographique,
 - l'évolution du trait de côte,
 - l'estimation de la valeur des biens à protéger par le système proposé,
 - le cadre géologique et géomorphologique de la zone d'étude.
2. L'analyse du système hydro-sédimentaire (chapitre II) en tenant compte des critères suivants :
 - la description morphologique et sédimentaire,
 - la présentation des paramètres dynamiques,
 - la dynamique sédimentaire et les limites de la cellule sédimentaire,

- les effets anthropiques dans le système et les rôles des anciennes mesures de protection.

3. Le choix du dispositif de défense par les différentes méthodes utilisées (chapitre III).

En deuxième lieu, on présente la réalisation de la protection du complexe (chapitre IV) qui passe par :

- une description générale des travaux,
- l'installation du chantier,
- l'organisation et le suivi du chantier,
- l'approvisionnement et la qualité des matériaux,
- les différentes étapes et méthodes de réalisation de l'ouvrage.

En troisième lieu, c'est l'intégration du système de défense dans son environnement général : Etude Impact sur Environnement (chapitre V).

CHAPITRE I :

ANALYSE DU CONTEXTE GENERAL

1- Cadre géographique :

La plage de Zéralda est comprise entre les parallèles 36°43 de Latitude Nord et 2°49' de longitude Est. Elle se trouve également à 30Km à vol d'oiseau à l'Ouest d'Alger et à 50 km de l'aéroport international d'Alger. (Voir fig n°1).

Sur cette plage, se trouve le complexe touristique de Zéralda, objet de l'étude d'une longueur d'environ 1000 ml, à l'Est l'hôtel des sables d'or, à l'Ouest la grande plage de l'Oued Mahelma et au sud Blida.

L'ouverture de la plage de Zéralda sur la méditerranée et sa proximité de la capitale a fait de cette zone l'objet de convoitise et un point d'attrait pour tous les besoins touristiques.

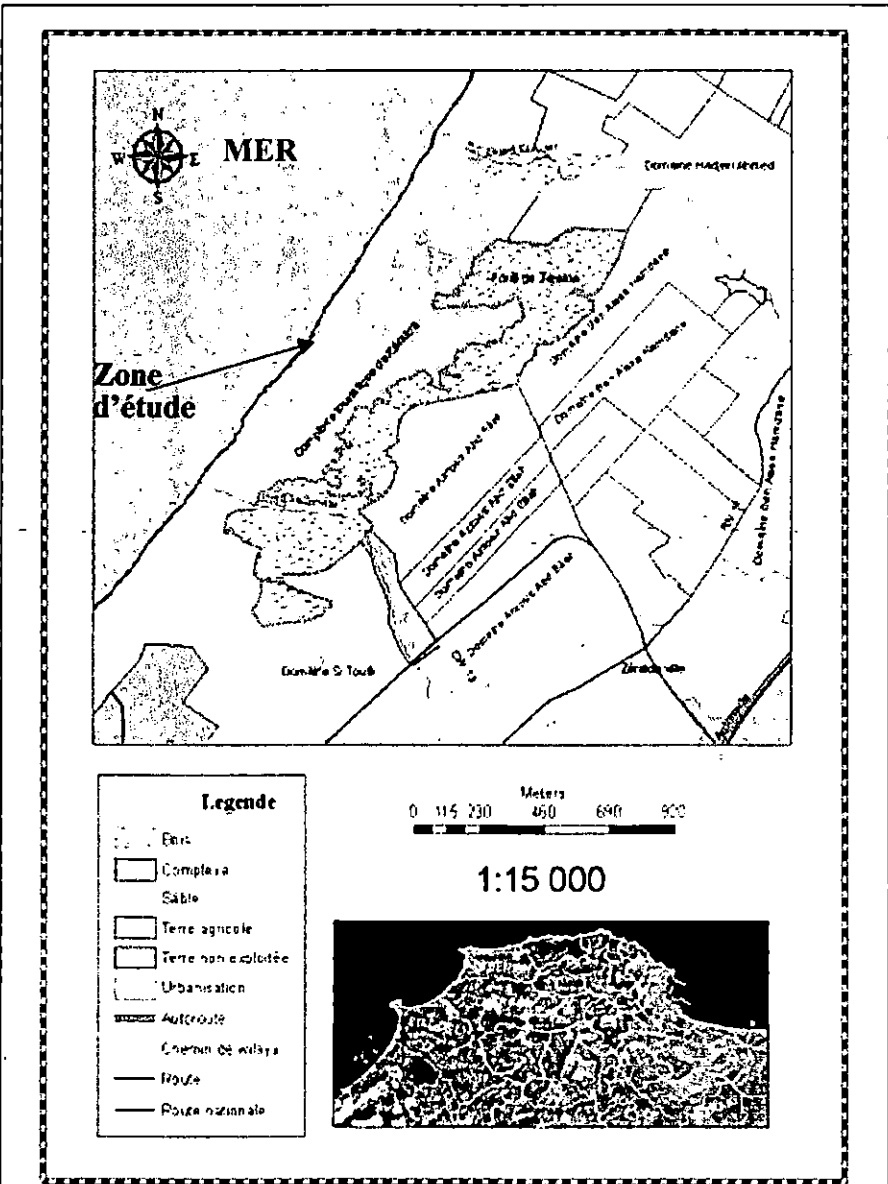


Figure n°1 : Plan de situation de la zone d'étude réalisé à partir de la carte de base de l'INCT 1987, Echelle 1 :25000 avec Arc GIS9.0

2 – L'évolution de trait côte :

La superposition des photographies aériennes établie sur la base des cartes INCT de 1959 de 1972 et de 1999 (voir fig n°2) illustre bien cette évolution :

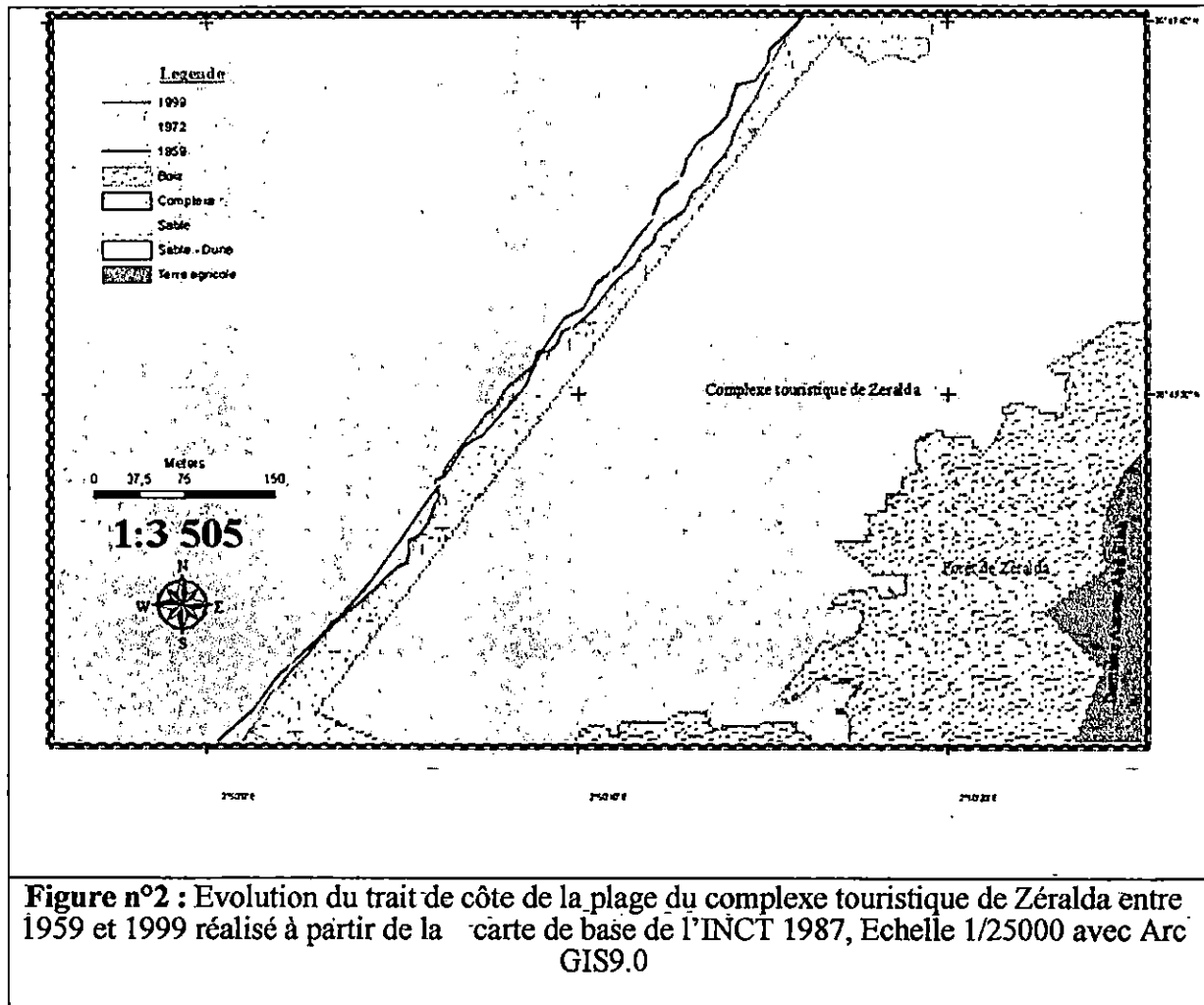


Figure n°2 : Evolution du trait de côte de la plage du complexe touristique de Zéralda entre 1959 et 1999 réalisé à partir de la carte de base de l'INCT 1987, Echelle 1/25000 avec Arc GIS9.0

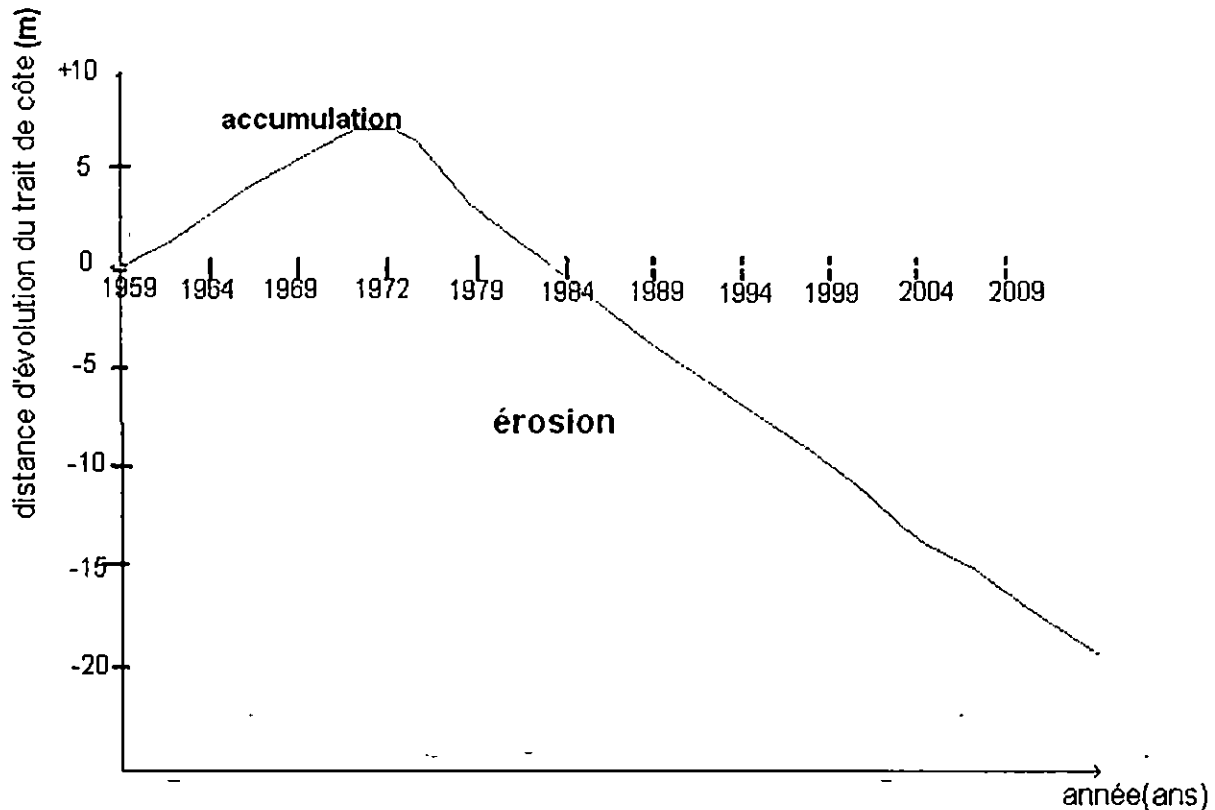
- Entre les années 1959 et 1972 , il a été constaté un avancement du trait de côte dans la partie Ouest du complexe touristique avec une vitesse moyenne de 0.75 m/an et un léger recul du trait de côte dans la partie Est avec une vitesse moyenne d'environ 0.15m/an ;
- Entre les années 1972 et 1999, un recul généralisé du trait de côte dont la vitesse moyenne est de l'ordre de 0.80m/an.
- Entre les années 2002 à 2005, le phénomène de recul du trait de côte s'est accentué et les impacts sont bien visibles, les fondations à nues sont le témoin de ce recul et les dégâts sont importants.

En analysant ces données, on remarque que l'implantation du complexe touristique de Zéralda en 1969 est le premier responsable qui a favorisé le déclenchement du phénomène de l'érosion à cet endroit.

Cette érosion qui est devenue un phénomène chronique d'échelle pluriannuelle, son accélération récente a nécessité une intervention en urgence dans la mesure où la valeur des biens menacés est justifiée.

3- Estimation de la valeur des biens à protéger :

La zone à risque inclue la frange côtière potentiellement érodable d'environ 17 à 20 m d'ici 2010, cette estimation est faite par une approche prospective illustrée sur le graphe n°1 ci-dessous :



Graphique n°1 : Approche prospective de l'évolution du trait de côte

En réalité l'estimation de cette vitesse moyenne du recul n'est pas constante car l'érosion n'est pas linéaire dans le temps et présente des accélérations brutales (tempêtes...).

A l'intérieur de la zone à risque, il est principalement localisé le complexe touristique qui s'étend sur une longueur d'environ 1200m, il occupe une surface de terrain de 24,00 hectares et présente une valeur monétaire de l'ordre de **59.687.564,88 DA** (selon le bilan du 31 décembre 2003 estimé par l'entreprise de gestion du centre touristique de Zéralda).

Ce complexe regroupe 3 unités (Hôtel Safir Mazafran, hôtel Sable d'Or et 80 Bungalows) dont la valeur monétaire est de l'ordre de **2.112.886.565,76 DA**.

A la valeur directe relativement élevée des biens dommageables lors des tempêtes 1999 à 2003 observées causant des dégâts estimés à **40 millions de DA**, s'ajoute la valeur touristique du site faisant de cette zone côtière un secteur économique très important pour la commune de Zéralda.

4- 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. La zone d'étude faisant partie du littoral du sahel occidental d'Alger correspond à une étroite plaine côtière de **500 mètres à 1 km** de largeur, et une altitude comprise entre **0 et 25 mètres**. Du point de vue structural, la zone d'étude présente des failles très importantes (Voir fig n°3).

Ce littoral physique est très diversifié, sa morphologie justifie les influences des variations du niveau marin pendant le paléocène, il est constitué des terrains d'âge quaternaire Post-Claberienne qui présente une importante accumulation des dunes actuelles, des alluvions, de sable argileux et gravier, qui reposent sur la marne plaisancienne, qui débute en premier lieu par un calcaire coquille (lumachelle), un gré (dépôt de plage) qui termine l'épisode marin et viennent ensuite les dépôts dunaires, plus lapidifiés quant il s'agit des terrasses les plus récentes.

Le trait de côte est convexe vers le large et homogène d'un point de vue géologique.

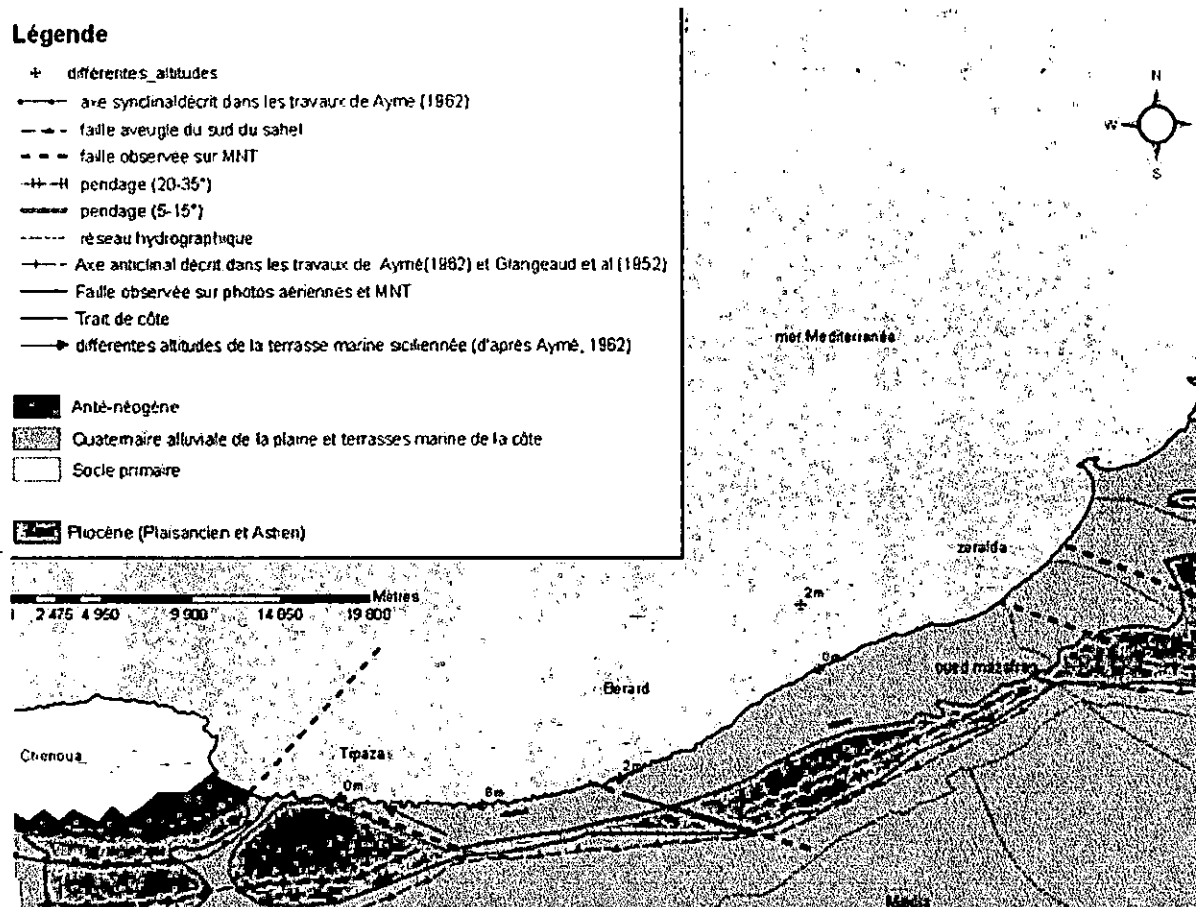


Figure n°3 : Schéma structural simplifié du sahel d'Alger (Boudief, 1996) in SEBAIL A., OUAHMED M, 1998.

CONCLUSION

La géologie et la géomorphologie de la zone étudiée classent le site comme très vulnérable, sans aucune protection et face aux violentes tempêtes, le rivage du complexe touristique pourrait subir dans les prochaines années, des érosions et des submersions très importantes, menaçant un patrimoine économique très important.

CHAPITRE II : ANALYSE DU SYSTEME HYDRO-SEDIMENTAIRE

1 – La morphologie côtière :

La morphologie du site indique l'existence du transit sédimentaire et éventuellement précise son sens, plusieurs méthodes sont utilisées pour connaître le sens du transit sur une cote :

1. L'observation visuelle de l'estran montre la présence sur la haute plage de croissants indiquant une mobilité des sédiments perpendiculaires au trait de côte (voir annexe, photo n°6).
Au niveau de la basse plage, de nombreuses figures dissymétriques, indiquant l'existence de transport important, des rides plus petites indiquent la migration des sables vers la côte dans le lit du chenal dû aux courants d'entraînement.
2. l'interprétation de la photo aérienne de la zone d'étude montre la formation d'une flèche littorale au niveau de l'embouchure de l'oued Mazafran, orientée fréquemment de Nord-Est vers Sud-Ouest, ce qui indique encore que le sens le plus dominant de la dérive littorale dans le secteur se fait dans le même sens que celui de l'orientation de la flèche (voir fig n°4)

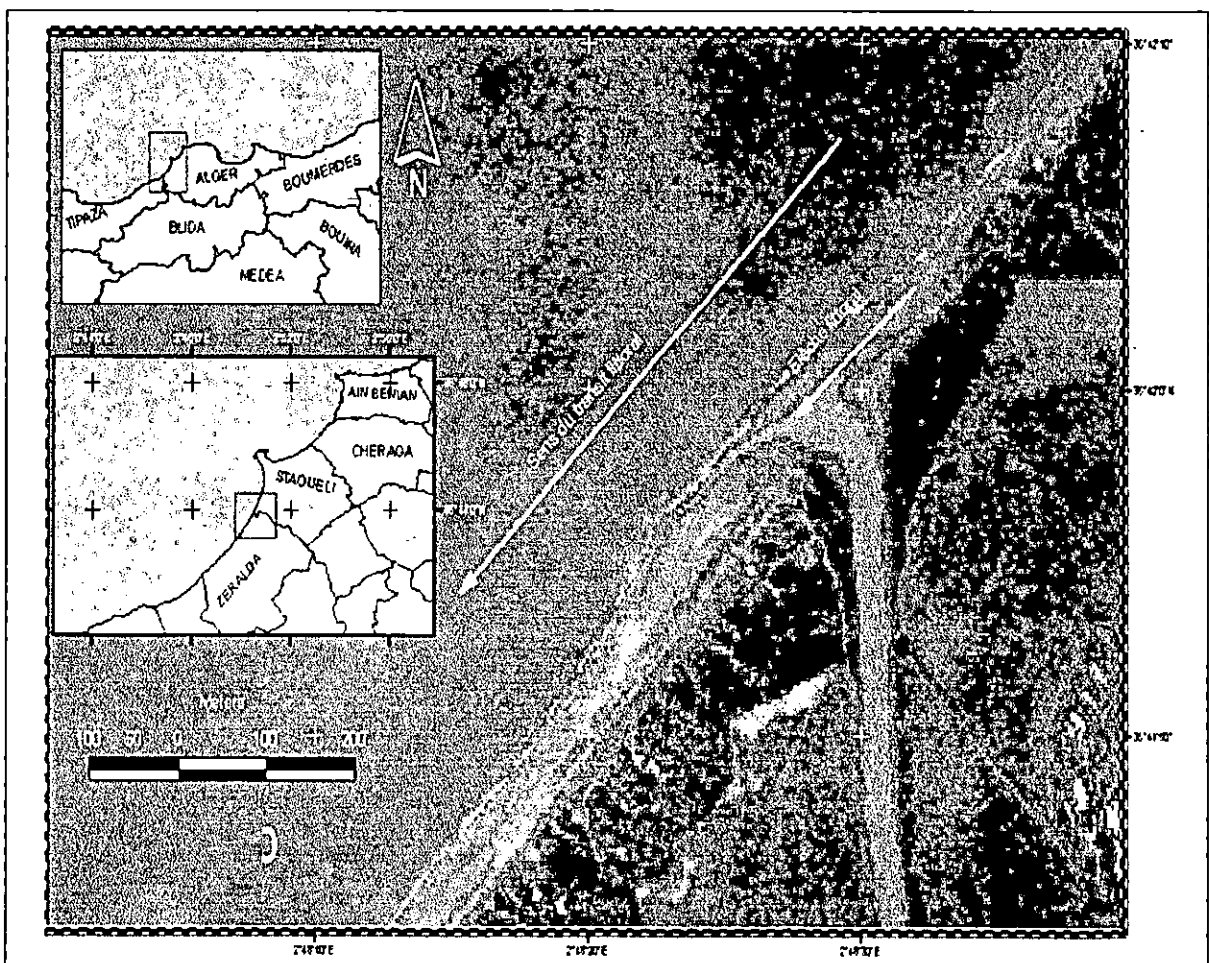


Figure n°4 : Estimation du sens dominant de transit sédimentaire à partir de l'orientation de la flèche littorale réalisée à partir d'une photo aérienne INCT ; 1977 , Echelle 1/ 20000)

3. Une autre constatation faite grâce à la photo aérienne montre en plus une accumulation sableuse bloquée en amont des épis du port de Palm Beach et notant par ailleurs que du côté aval une érosion est présente pouvant engendrer une dénivellation de l'estran, ce qui renforce l'hypothèse que le sens le plus dominant du transit littoral se fait de l'Est vers l'Ouest (Voir fig n°5).

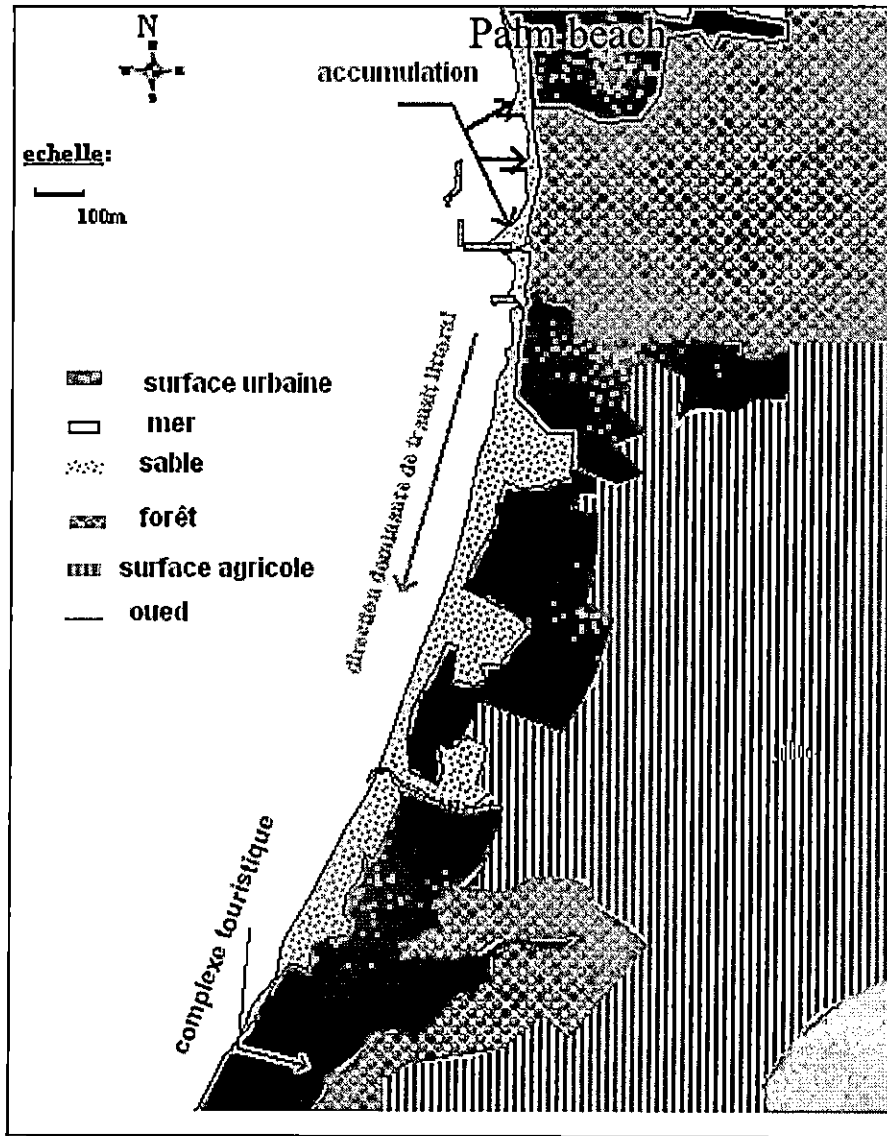


Figure n°5 : Carte descriptive du sens de transit littoral réalisée à partir d'une photographie aérienne (INCT : 1999, Echelle : 1/25000)

2-Les paramètres dynamiques :

La connaissance des caractéristiques de chaque agent et processus de transport permet d'expliquer la mobilité sédimentaire dans un secteur de côte.

La combinaison des agents tels que les courants, la marée, les vents et les houles, est directement responsable des phénomènes d'érosion, auxquels s'ajoute d'autres paramètres continentaux dont le cycle gel-dégel, les précipitations, l'alternance de phases climatiques humides et sèches et les eaux de ruissellement peuvent contribuer davantage à l'érosion côtière que l'action des houles (Centre Régional d'Études Côtières, 1992).

2-1-Les paramètres marins :

2-1-1 les courants :

Les courants jouent un rôle très important dans le transport sédimentaire ; ils participent dans l'évolution des formes de la plage en conduisant à des ensablements et à des envasements et d'érosion (LARID M, 1992).

➤ Les courants généraux :

Ces courants, sont le résultat d'un déplacement des masses d'eaux atlantiques qui traversent le détroit de Gibraltar. Ils se dirigent vers l'Est au large des côtes algériennes avec une vitesse variant entre 0.5 à 2.5 nœuds. (SSMO)

Ces courants n'interviennent pas d'une façon importante dans le phénomène d'érosion, mais ils jouent un grand rôle dans le transport en suspension et en flottement des particules fines.

➤ Les courants côtiers :

-Les courants d'entraînement :

Ils sont provoqués par les mouvements des masses d'eaux dans le sens de propagation des houles, ils sont aussi à l'origine des apports sédimentaires lors de leur déploiement vers la côte notamment ceux en suspension, donc ils participent d'une façon active dans la sédimentation actuelle.

- Le courant de retour :

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

- Le courant de dérive littorale :

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

2-1-2 -La marée :

La marée est généralement réduite en Méditerranée, mais présente d'importants écarts suivant l'époque lunaire. La marée de pleine lune est de l'ordre de 25 à 30 cm, celle de la nouvelle lune est de 5 à 15 cm.

La variation journalière observée sur les côtes algériennes est inférieure à 10 cm.

La différence entre la valeur moyenne maximale et minimale du niveau de la mer ne dépasse pas les 50 cm (LEM 2001).

2-1-3-la bathymétrie :

L'influence de la bathymétrie sous marine est aussi à prendre en compte dans l'hydrodynamique côtier, car elle joue un rôle dans la diffraction, la réfraction, et le déferlement de la houle.

La bathymétrie est un facteur prédominant dans l'implantation et le dimensionnement de l'ouvrage.

La carte bathymétrique de la région de Zéralda montre des isobathes régulièrement espacées et parallèles à la côte. La pente moyenne générale en moyenne est de l'ordre de 1% et 1.5 % (voir fig n°6).

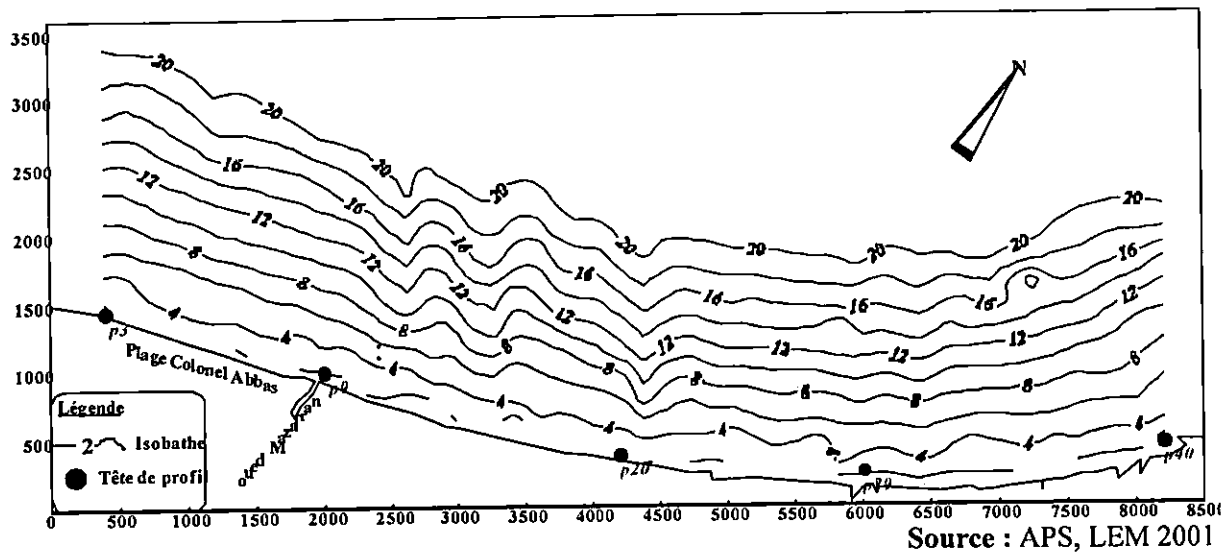


Figure n°6 : Carte bathymétrique de la baie de Zéralda.

2-1-4 -La houle :

La houle se produit par l'action des vents à la surface de l'eau et subit des modifications en se rapprochant vers la côte sous l'effet de la diminution de la profondeur (CAILLOT .A)

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 les déplacements induits.

Le volume et les sens du transit par rapport à la côte, conditionnent l'aménagement côtier (distance par rapport à la côte, longueur et distance entre ouvrage) ainsi que les paramètres à fixer aux ouvrages de protection.

➤ La houle au large :

Le principe de l'analyse de la houle au large est basé sur les observations faites à bord des navires .les données sont reprises à partir du document de l'US Naval Weather command intitulé Summary of Synoptic Meteorological Observations (S.S.M.O).

Les observations effectuées par navire dans le secteur 37 ,40N°, 3.90°E enregistrées au large des côtes algérienne, s'étalant sur une période de huit (8) années entre 1963-1970.

Une analyse statistique de ces données de base a permis de définir les secteurs de houle prédominants et leurs amplitudes respectives (voir tableau n°1) présente ci - dessous :

Tableau n°1 : Fréquence mensuelle de la houle au large de la baie du Zéralda par direction.

direction	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
MOIS								
JAN	8,1	12,9	18,2	18,2	6,5	13,2	28,8	7,3
FEV	8,8	10,3	10,3	12,6	6,1	16,9	35,6	5,8
MAR	11,3	12,6	12,6	15,8	4,5	12,3	30,5	9,2
AVR	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
JUI	9,2	29,1	29,1	29,8	1,4	8,2	16,4	4,2
JUL	5,9	32,5	32,5	35,1	1	5,9	16,3	2
AOU	8,8	27,7	27,7	37,3	1,1	5	13,4	4,9
SEPT	6,7	26,4	26,4	40,5	2,3	4,6	14,8	2,5
OCT	7,8	14,1	14,1	20,3	4,2	14,8	28,8	6,8
NOV	5,5	5,8	5,8	10	8	15,9	40,4	9,4
DEC	10,2	6,2	6,2	9,4	7,5	15	37,1	10

Source : SSMO (1963-1970)

On constate à travers ces données que les houles de secteur Ouest et Est sont les plus fréquemment observées avec toutefois une légère prédominance de secteur ouest.

Après traitement des données, les statistiques des houles au large du secteur d'étude sont récapitulées dans le tableau suivant (source SSMO)

Tableau n°2 : Statistique des houles au large de Zéralda.

Direction de la houle Fréquence d'apparition	E	NE	N	NO	O	TOUTES DIRECTIONS
Biennale	4,12 m	4,93 m	4,90 m	4,16 m	7,36 m	7,44 m
Quinquennale	4,70 m	5,67 m	5,75 m	4,87 m	8,43 m	8,34 m
Décennale	5,14 m	6,23 m	6,38 m	5,40 m	9,22 m	9,02 m
Vingtennale	5,59 m	6,79 m	7,02 m	5,94 m	10,02m	9,70 m
Cinquantennale	6,17 m	7,53 m	7,87 m	6,65 m	11,08m	10,60 m
Centennale	6,62 m	8,08 m	8,50 m	7,18 m	11,88m	11,27 m

Source : SSMO (1963-1970)

➤ **La houle à la côte :**

L'analyse des houles de périodes 6, 8 et 10 secondes des secteurs N300°, N360° et N20° donne le coefficient de réfraction K et la direction de la houle après réfraction, mesurée à la côte dans le tableau n°3 qui suit:

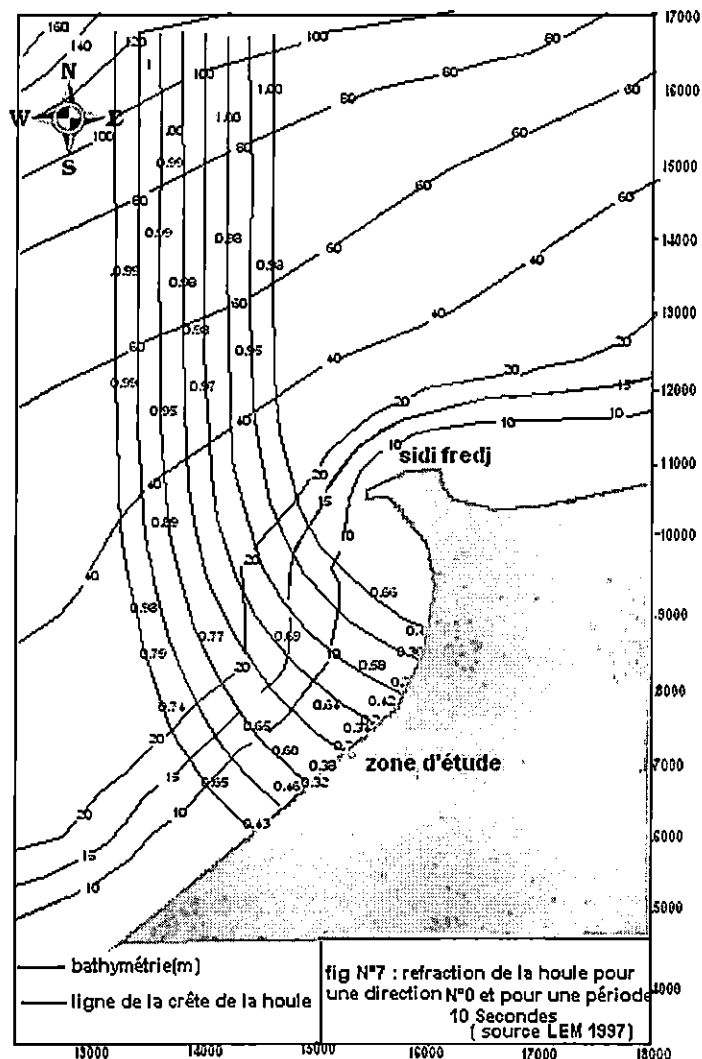
Tableau n°3 : Analyse des houles à la côte de Zéralda

DIRECTION HOULE AU LARGE EN DEGRE	PERIODE (s)	COEFFICIENT DE REFRACTION : Kr	DIRECTION DE LA HOULE
N 360°	6	0,85	N 353°
N 360°	8	0,83	N 349°
N 360°	10	0,86	N 347°
N 020°	6	0,86	N 349°
N 020°	8	0,66	N 352°
N 020°	10	0,67	N 353°
N 300°	6	0,88	N 302°
N 300°	8	0,90	N 287°
N 300°	10	0,94	N 300°

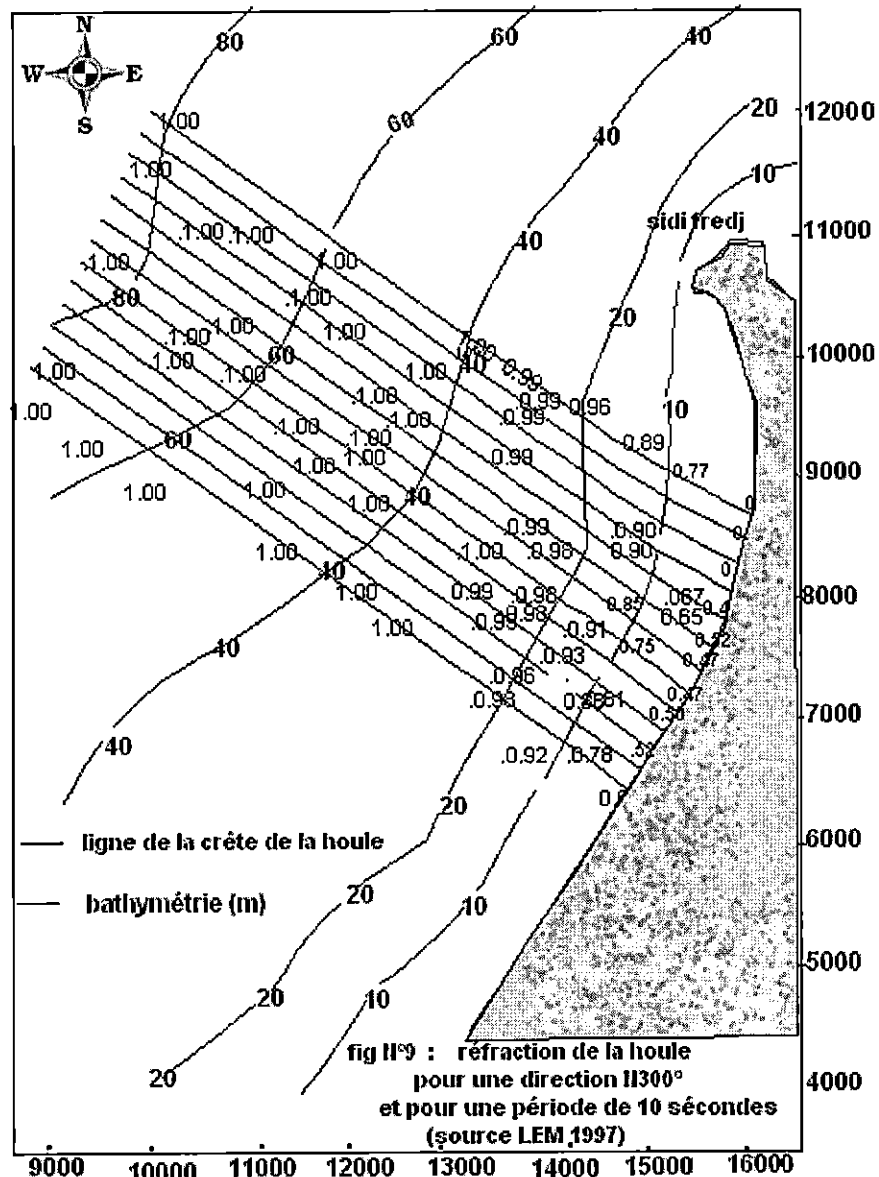
Source : LEM 1997

Il ressort donc que les houles du :

- Secteur N360° de période 6, 8 et 10s ne conservent que peu de leur énergie du large, les orthogonales pivotent en direction du Nord avec un angle moyen de 10°, le coefficient de réfraction est égal en moyenne à 0.84. (voir fig n° 7).



- du secteur N300° sont très peu réfractées, le coefficient de réfraction K_r varie entre 0.88 et 0.94. Elles conservent la presque totalité de leur énergie au large. Les orthogonales pivotent d'un angle moyen de 2°. (Voir fig n°9).

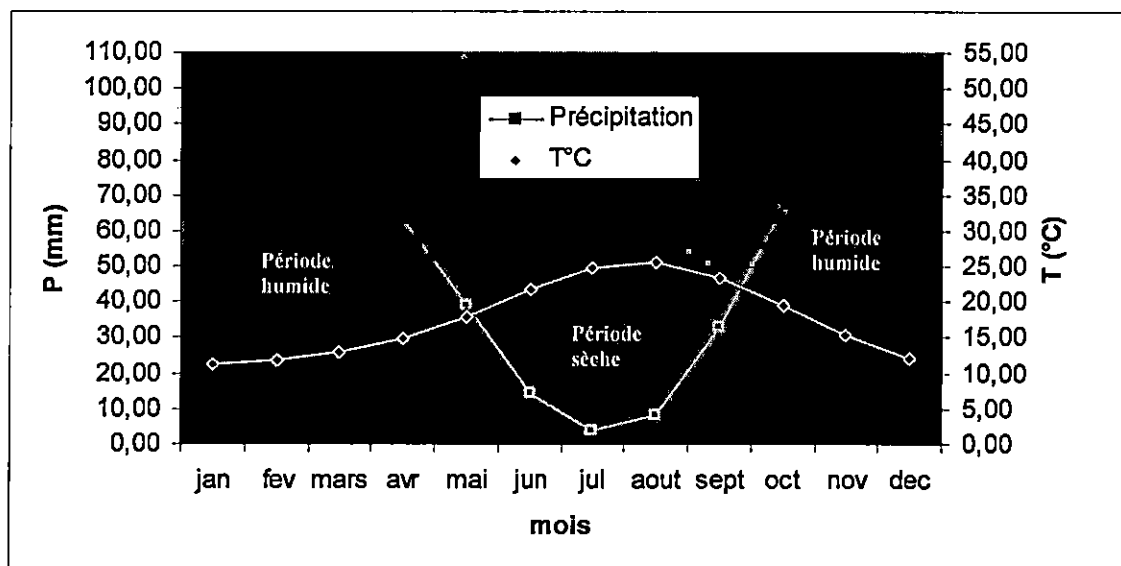


2-2 : les paramètres météorologiques et continentaux :

• Les précipitations et températures :

La baie de Zéralda, sous un climat méditerranéen très humide reçoit des précipitations annuelles variant de 600 à 800 mm/an. Il est défini par deux saisons différenciées (Voir graphe n°2) :

- une saison pluvieuse s'étalant d'octobre à Mai avec deux (2) maximums de pluviométrie (Octobre – Février) et (Mars – Mai). Ces pluies sont le plus souvent des courtes et violentes, les débits liquides sont directement liés à cette pluviosité, induisant un régime hydrographique très irrégulier et les températures atteignent leurs minimales.
- une saison sèche qui s'étale sur le reste de l'année avec des températures saisonnières.



Source : ONM 2004

Graphique n° 2 : Diagramme ombrothermique de Gaussen (1994-2004)

En conclusion, il ressort que l'alternance des phases climatiques sèches et humides peuvent également contribuer à déstabiliser les roches des bassins versants qui ont un lien direct (bassin versant de Mazafran) ou indirect en apport sédimentaire à la plage de Zéralda.

• **Le vent :**

Le vent est un élément important dans la dynamique des eaux marines, il est à l'origine des houles et des courants superficiels et clapots, intervenant dans l'évolution et reconstitution des dunes. Leurs caractéristiques peuvent être déterminantes pour le choix d'un dispositif de protection léger, et l'implantation des différents aménagements (système de profilage des dunes).

Comme pour les houles les vents sont donnés par le (S.S.M.O) de l'US Naval Weather Service pour la période allant de 1963 -1970, on détermine les fréquences d'apparition du vent par vitesse et par direction (voir tableau n° 4).

Tableau n°4 : relation direction et vitesse de vent

DIRECTION	N	NE	NW	E	W
VITESSE m/s					
0,5-1,54	1,1%	1%	0,7%	1,4%	1%
2,04-5,1	4,8%	6,5%	6,1%	9,1%	10,4%
5,61-10,7	2,4%	2,8%	6,1%	5,6%	13,2%
11,22-11,73	0,6%	0,5%	2,7%	0,5%	5,3%
17,34-23,97	0,1%	0%	0,8%	0,1%	1,1%
25	0%	0,1%	0,1%	0%	0%

Source : SSMO ,1963-1970

A partir de ces données, on note la prédominance de deux secteurs :

- Le secteur ouest à Nord Est avec 47,5%.
- Le secteur Nord à Est avec 36.6%.

Les vents qui proviennent du Nord-Ouest sont les plus susceptibles d'engendrer les houles les plus violentes.

- **Le ruissellement :**

Le mécanisme hydro sédimentaire est consécutif à la fourniture de sédiments par les oueds notamment l'oued du Mazafran qui constitue la source ponctuelle pour l'alimentation sédimentaire type terrigène. Il rentre dans le processus de formation des plages et des cordons au niveau de la baie du Zéralda (BELKESSA.R, 1978).

Sur un bassin versant de différents faciès (grés, poudingues, marne bleue et de calcaire..) de 185000 ha dont 110000 ha en montagne, transportant un volume de sable d'environ 5.4 million de m³ /an, qui prend naissance dans les gorges de la Chiffa, cet oued a un débit solide de 1400 à 1800 tonnes /an et par km³ de bassin versant avec un débit liquide de 43.8 million de m³/an (Grovel 1961 in LEM).

Ces volumes ont progressivement diminués dès la construction des barrages tels que : barrage Beni Amrane, de Ladrat et le grand barrage prévu « Koudiet Asserdoune ».

Selon le Laboratoire de géologie marine (USTHB), la quantité et la nature d'apports en suspension transportés par cet oued varie largement dans le temps :

-A titre exceptionnelle de 1 à 15 g/l en période de crue (janvier 1982), et exceptionnellement le 10 octobre 1984 il a été enregistré une concentration de 24 g/l (P-K).

3- la cellule sédimentaire :

La connaissance de la dynamique sédimentaire et la délimitation de la cellule sédimentaire sont une phase importante dans le choix de l'ouvrage de défense.

L'organisation européenne «EUROSION» a défini une cellule sédimentaire côtière comme un compartiment côtier dans lequel se produisent des phénomènes incluant la mise en mouvement des sédiments, leur transport et leur dépôt.

La cellule sédimentaire côtière de la baie de Zéralda d'après nous, comprend quatre frontières :

1. la frontière terrestre dont le matériel sableux demeure et est constitué par les dunes et la plage ;
2. la frontière marine émergée dont une certaine quantité de sable s'échappe à ce niveau vers le large et n'est plus récupérée par le système littoral ;
3. deux frontières latérales plus ou moins imperméables marquantes, l'une constituant une zone source de départ d'un transit littoral (les caps de sidi fredj), et l'autre un secteur ou zone puit d'accumulation du sable transporté (l'embouchure de oued Mazafran).

Ces cellules sont dépendantes de leur environnement ce qui constitue un système ouvert, car il y a un échange d'apport sédimentaire qui se fait de l'extérieur (apport sédimentaire fluvial).

4- La dynamique sédimentaire et le volume de transit dominant :

La répartition des sédiments dans la baie de Zéralda est conditionnée par l'action des houles des secteurs Ouest, Nord - Ouest, Nord - Est ainsi que par celles du secteur Nord (voir fig. n° 10)

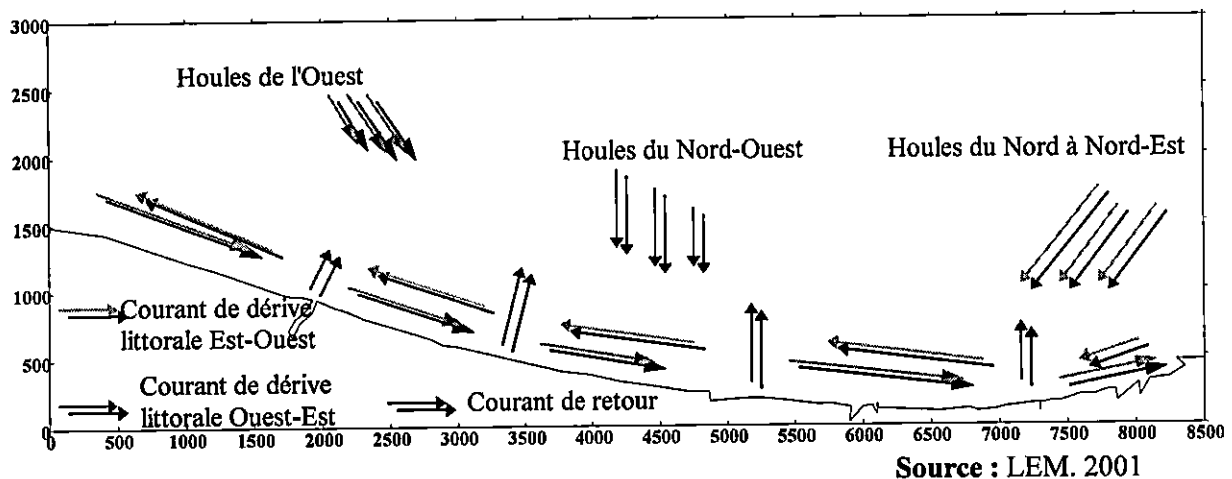


Figure n°10 : Schéma préalable de la dynamique sédimentaire de la baie de Zéralda

Les houles de l'Ouest dominantes en période hivernale abordent la côte avec une incidence oblique, créant un courant de dérive littorale assurant le transit des sédiments vers le Nord - Est.

Les houles du Nord - Ouest, dominantes en période hivernale, arrivent à la côte avec une incidence frontale, créant un courant de retour assurant la répartition des sédiments dans le profil. Ces houles sont les plus remarquées et sont à l'origine de l'érosion de la côte.

Les houles du Nord, régulières sur toute l'année, abordent également la côte avec une incidence oblique créant un courant de dérive littorale assurant la dissémination des sédiments vers le Nord - Ouest.

Les houles du Nord - Est dominantes en période estivale, abordent également la côte avec une incidence oblique créant un courant de dérive littorale assurant la circulation des matériaux dans la baie de Zéralda vers le Nord - Ouest.

Un calcul effectué grâce à des formules empiriques par le LEM (1999) donne un bilan des matériaux déplacés par ce transit littoral, qui est de l'ordre de 32000 m³/ an.

5-les effets naturels et anthropiques et rôle des anciennes mesures de protection :

Le déséquilibre entre le dépôt des sédiments et leurs redistributions par les courants côtiers entraîne l'engraissement ou l'érosion du littoral. Ceci est dû à des causes d'ordre naturel et anthropique, qui sont exposées comme suit :

5-1- Causes naturelles :

- **Epuisement du stock sédimentaire :** l'abondance du stock sédimentaire s'est constituée après la dernière transgression post -glacière, puis après élévation rapide du niveau de la mer il y'a eu entraînement d'une quantité très importante de sédiments au rivage pour former le littoral. Actuellement la source essentielle du sédimentaire qui alimente la baie de Zéralda n'est plus que l'apport des oueds et éolien (d'origine terrigène).
- **Élévation du niveau de la mer :** suite au réchauffement de la terre et l'augmentation de l'effet de serre, on assiste à une élévation considérable du niveau de la mer avec une vitesse de 1 à 2 mm/an. Selon le principe de Bruun, cette élévation provoque un amaigrissement et un recul de la plage. Le profil transversal de la plage migre parallèlement à lui-même vers la terre par l'érosion de la partie haute. Le matériau enlevé s'accumule sur l'avant plage de telle sorte que l'épaisseur de la tranche d'eau littorale reste constante. (voir fig. n°11).

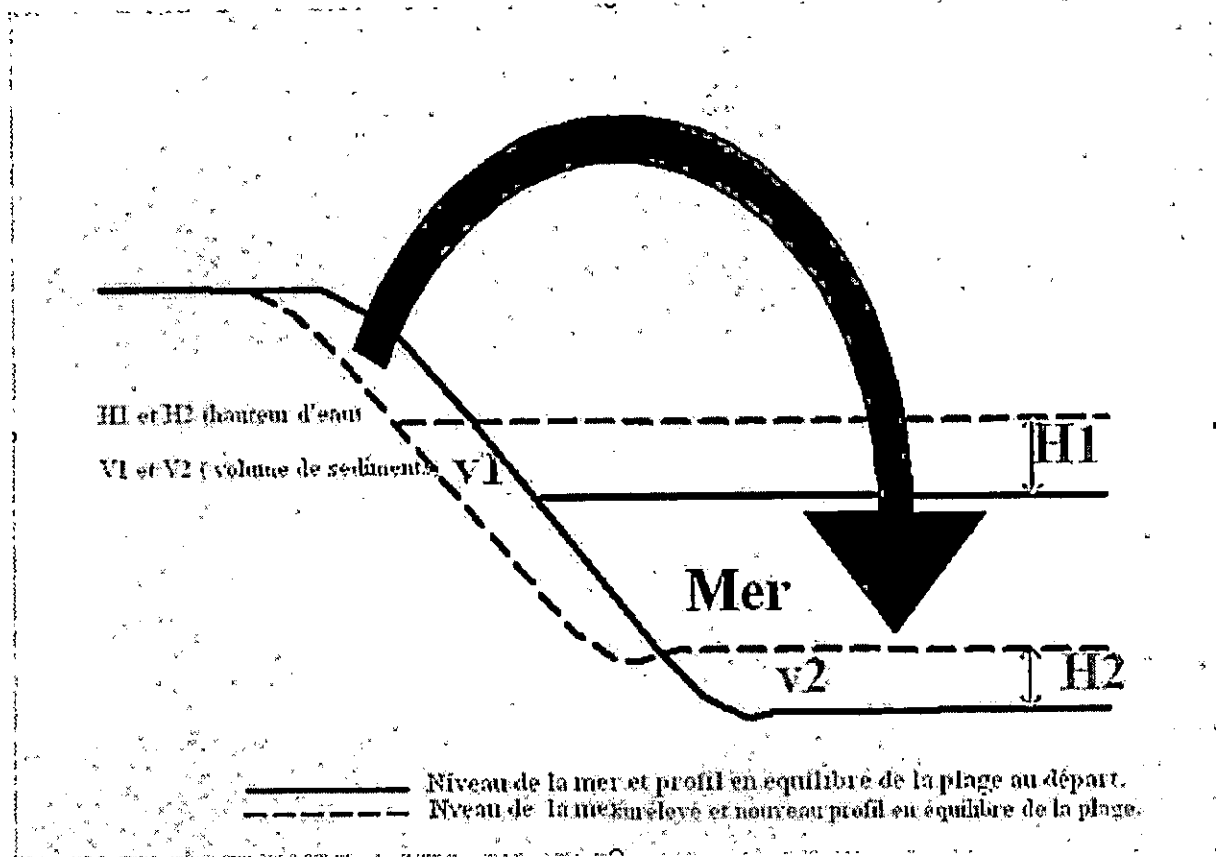


Figure n°11 : Schéma illustrant le principe de Bruun

- La tempête:** la crise érosive qui affecte la plage de la zone d'étude est liée aussi à une accentuation du caractère tempétueux de la mer. Selon les responsables du complexe touristique de Zéralda, on assiste ces dernières années à un accroissement de la hauteur des vagues et à un raccourcissement de la période de retour des tempêtes. Les dégâts sur les fondations des infrastructures hôtelières causés par les fortes tempêtes durant les hivers 1999, 2001 et 2003 sont les preuves de l'augmentation de la virulence des effets de la tempête.
- Les phénomènes tectoniques :** la zone d'étude est intégrée dans une zone sismique très remarquable ce qui peut engendrer à tous instant, l'apparition de mouvements sismiques tant horizontaux que verticaux susceptibles de modifier la disposition du rivage et d'augmenter l'érosion côtière (cas des séismes de 1989 à Tipaza et du 21 mai 2003 à Boumerdes), selon une enquête menée sur le terrain auprès des gens concernés.
- Les transports sédimentaires par les courants, les houles et les vents :** les courants marins et les houles provoquent des transits perpendiculaires et parallèles à la plage. Ils peuvent entraîner un déficit sédimentaire et une érosion du littoral comme il apparaît à la plage du Zéralda. Ce phénomène éventuel méritera d'y être suivi. L'action des vents dans ces transports est loin d'être négligeable.

5-2- Action anthropique :

Les activités humaines anarchiques sur le milieu côtier de Zéralda (voir fig n°12) ont accentué le phénomène d'érosion. Parmi les plus remarquables on peut noter 5 phénomènes:

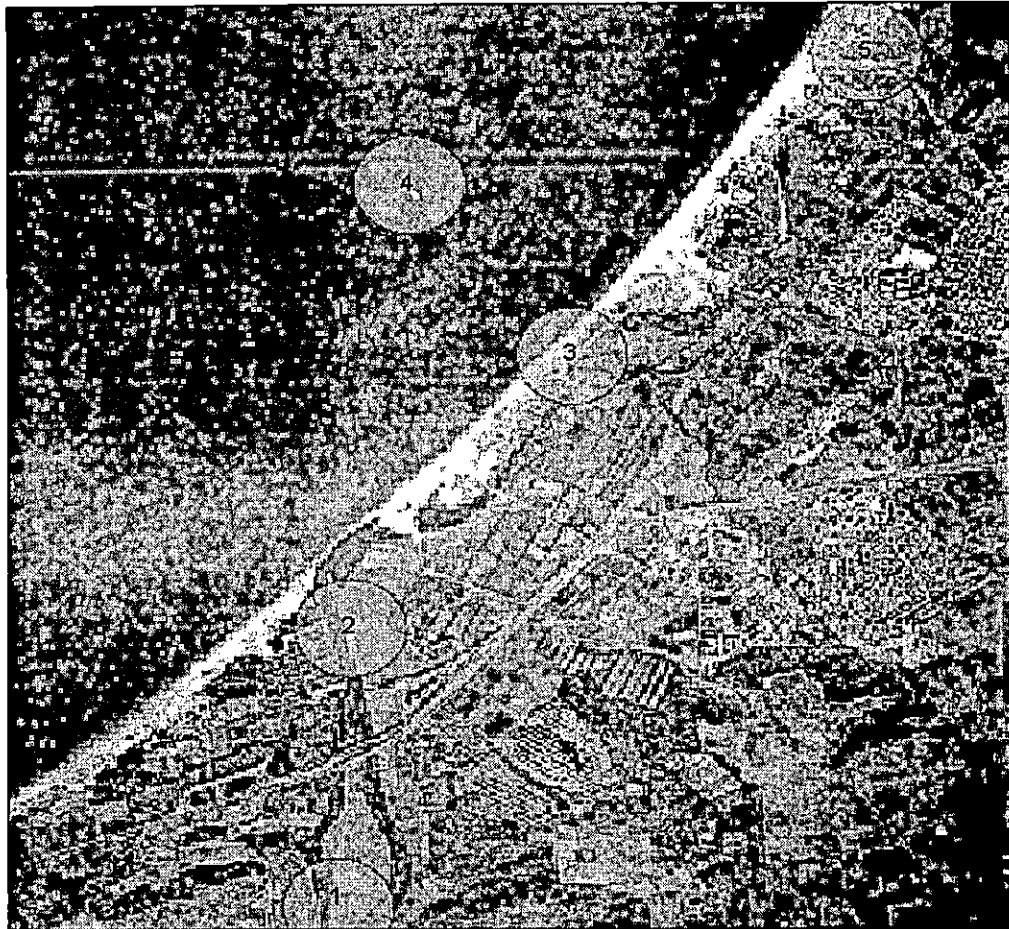


Figure n°12 : Répartition des activités anthropiques agissant sur le milieu côtier de Zéralda. Réalisée à partir d'une photographie aérienne (INCT, 1999, échelle : 1/25 000)

1 La construction des barrages :

L'implantation du barrage de Bou Roumi au niveau des affluents de l'oued Mazafran a stérilisé l'apport solide qui abouti au rivage. Ce fait entraîne un déséquilibre dans le système externe, ce qui influence directement sur le budget sédimentaire de la plage. Ce manque va encourager l'accélération du phénomène d'érosion de la plage.

2 L'extraction du sable :

L'extraction abusive au niveau du lit de l'oued Mazafran et des dunes d'importantes quantités de sédiments utilisés dans la plupart pour la construction urbaine, engendre une réduction du taux de sédiments amenés au rivage par l'oued et l'accélération du phénomène d'érosion .

3 L'arasement des dunes :

Les dunes participent activement à l'équilibre des plages parce qu'elles constituent une réserve de sable et ont un rôle protecteur face au déferlement des vagues de tempête. Or les dunes bordières dans la zone ont subit des dommages importants aggravés par l'urbanisation et la fréquentation touristique (voir annexe, photo N°3).

4 La pollution :

Les rejets des polluants d'origine agricole, industrielle et urbaine dans les affluents de l'oued Mazafran ou directement en mer engendrent des perturbations dans l'écosystème marin. Cette pollution dégrade les algues supérieures et les phanérogames marines existants au niveau de la baie du Zéralda, telle que la Posidonie Océanica , capable de freiner l'érosion de

la côte par sa fonction stabilisatrice des fonds et dissipatrice de la houle. Ces phanérogames jouent aussi un rôle primordial dans la chaîne alimentaire, leur disparition menacent la vie des autres organismes, ce qui influence l'apport des sédiments d'origine biogène, qui selon Le chercheur Leclair donne la fraction organogène qui représente 48 % des sédiments de la baie de Zéralda.

5 L'urbanisation :

L'urbanisation anarchique, comme c'est le cas du complexe touristique de Zéralda, a fait que les constructions, trop proches du rivage, constituent par elles mêmes des obstacles réfléchissants pour les houles d'incidence frontale, entraînant ainsi la disparition des plages.

5-3-Rôle des anciennes mesures :

La première protection du complexe touristique de Zéralda contre l'envahissement de la mer correspond à la mise en place d'un dispositif longitudinal (mur en maçonnerie), ce dernier a été construit tout le long du complexe avec un profil transversal assez raide, placé entre le trait de côte et le complexe. Mais il a par ailleurs, favorisé une agitation préférentielle à sa base engendrant des cavités et des affouillements avec basculement de ce mur.

CHAPITRE III :

Choix et caractéristiques des types de défense

Dans ce chapitre nous nous attacherons à décrire les types des variantes proposées par le LEM pour faire face au phénomène d'érosion, à décrire le cadre et l'hypothèse des essais sur le modèle réduit physique, comment la variante retenue a été choisie, et ses caractéristiques.

Nous allons vérifier par des formules empiriques la géométrie des profils retenus en utilisant deux formules empiriques de pré-dimensionnement des carapaces de digues en mer.

1 - Les types des variantes de protection proposées par le LEM :

Pour remédier au phénomène d'érosion relevé au niveau du site, le bureau d'études LEM a proposé trois variantes qui ont pour objectif de dissiper l'énergie frontale de la houle, et qui se résument comme suit :

- **Variante 1 :**

Elle consiste à la mise en place d'une batterie de quatre brise-lames implantés à 100m de la côte, d'une longueur de 100 ml chacun avec un espacement de 70 ml ce qui permet de couvrir la longueur de la façade érodée du complexe.

- **Variante 2 :**

Elle consiste en la mise en place d'un système de défense mixte qui est composé par une batterie de trois brises lames implantées à 100 ml de la côte et espacés de 70m et un épi implanté à l'Est de site espacé à 100m par rapport au premier brise lame, d'une longueur de 135 ml.

Le mode de fonctionnement de ce système est pareil que celui de la variante 1 mais il présente des avantages de plus sur le côté d'accumulation des sédiments (voir le détail ci après).

- **Variante 3 :**

C'est une méthode douce qui consiste en un rechargement de la plage avec du gravier (3-8mm) sur une bande de 30m de large parallèle à la largeur de la plage. Cette bande descendra vers la mer avec une pente de 1/10 et sera bloquée en pied par une butée d'enrochements naturels.

Le volume à mettre en place est de l'ordre de 80.000m³.

2 - étude sur modèle réduit physique :

L'étude sur model réduit physique en bassin à houle a l'objectif d'optimiser le profil de protection des différentes variantes recommandées par le LEM. En rapport avec les paramètres naturels liés au site.

- **Cadre des essais :**

Le bassin utilisé pour les essais de stabilité de la protection de la plage de Zéralda présente les caractéristiques suivantes :

- longueur : 26 m
- largeur : 17 m
- hauteur : 1m

- l'échelle du modèle choisie est de 1/60.

Les résultats de cette étude sont présentés dans le **tableau n° 5**

Tableau n°5 : Résultats des essais sur modèle réduit pour les trois (3) variantes

	variantes	Observation	conclusion
1	<p>-Variante 1 : Quatre brises lames de 100ml espacés de 70ml.</p> <p>- partie courante :</p> <ul style="list-style-type: none"> • T.V.C à +1.00m. • sous couches (200 – 600) kg à +1.60m. • carapace extérieure (3 – 6) tonnes à + 2.65m. • Carapace intérieure (1-3) tonnes à +2.65m <p>- musoir : Carapace extérieure (3-6) tonnes.</p>	Tout long de ces essais le profil est resté très stable	Carapace extérieure à optimiser
	<p>-Variante 1 A : Remplacement de la carapace (3-6) tonnes pour le profil courant par des enrochements (1 – 3) tonnes.</p>	Le profil est resté stable	Le profil de la variante est retenu
2	<p>-Variante 2 Trois brises lames de 100ml espacés de 70ml et un épi de 135 ml placé perpendiculaire à la côte :</p> <p>-partie courante de brise-lame:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Noyau de T.V.C à +1.00m • Sous couche (200-600) kg) à 1.60 m. • Carapace intérieure et extérieur en enrochement (1-3) tonnes à + 2.65m. <p>-musoir de brise lame : carapace en enrochement (1-3 tonnes) à +1.55m</p>	<p>- Brise –lames stable</p> <p>- Epi : érosion du talus intérieur sur le tronçon central</p>	<p>- confirmation de la stabilité de brise-lames</p> <p>- instabilité de l'épi sur le tronçon central</p>
	<p>Variante 2A :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Brise lames : idem variante 2. • Epi : l'orientation de l'épi est décalée de 7° vers la gauche. • L'épaisseur de la couche d'enrochements (1-3) t a été uniformisée à 2.10m. la côte d'arase de la carapace a été rehaussée à + 2.05 m. <p>La pente du talus a été changée à 3/2 au lieu de 2/1</p>	- l'épi montre une meilleure stabilité surtout pour le talus intérieur.	Variante retenue
3	<p>-Variante 3</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rechargement de la plage sur une bande de 30 m par du gravier (3-8) mm arasée à + 1.00m. • L'extrémité sera protégée par une butée en enrochements (200- 500) Kg arasée à 0.00m. 	<p>-la butée protégeant le rechargement s'est avérée très stable.</p> <p>- formation des plusieurs sillons dans la plage</p>	- les résultats concernant le confortement de la plage sont qualitatifs

Source : LEM 2001.

3 - comparaison des variantes et recommandations :

Le choix de l'une des variantes par rapport aux autres est basé sur un système de notation A,B et C qui est attribué respectivement au critère favorable , peu favorable et défavorable (voir tableau N° 6) cette méthode permet de choisir la variante la plus appropriée.

Tableau n°6 : Comparaison des variantes proposées.

variante Critère	variante 1	variante2	variante3
fonctionnement	A	A	B
réalisation	C	B	B
coût de réalisation	A	B	C
entretien	C	B	B
esthétique	A	A	B
Total	2A+1B+2C	2A+3B	4B+1C

- Le fonctionnement de la variante n°2 est plus favorable que celui de la variante n°1 qui demande un peu plus de temps pour une accumulation de sable derrière les brise-lames et moins favorable que la variante n°3.
- Le délai de réalisation de la variante n°1 et n° 2 est certainement plus long que celui de la variante n°3.
- Le coût de construction de la variante n°1 (180.600.00 DA) est légèrement supérieur (2% plus élevé) à celui de la variante n°2 (178.280.00DA) que la variante n°3 (235.840.000 DA).
- L'entretien des brise-lames (variante n° 1 et n°2) est plus au moins difficile pour les petites profondeurs que la variante n° 3 où un rechargement périodique est nécessaire en cas de dommages. Il est plus facile pour la variante n° 2 pour l'épi et restera difficile pour les autres brise-lames.
- les variantes n°1 et n°2 s'intègrent mieux au site que la variante n°3 qui après la mise en place de la plage, il faudrait laisser au gravier le temps de s'émousser pour devenir pratique et agréable.

Donc la variante N° 2 qui comptabilise deux (2) A et aucun C, est la variante la plus avantageuse.

Conclusion :

Au vu des différents résultats obtenus par l'étude sur modèle réduit physique et compte tenu des critères technico-économiques, le laboratoire d'études maritime recommande la **variante 2 A**, qui est composée de 03 brises lames de 100ml espacés de 70ml et un épi de 135ml placé à l'Est du complexe et décalé de 7° vers la gauche par rapport à la perpendiculaire à la côte.

3.1 Paramètres d'implantation du système de défense recommandé et son mode de fonctionnement :

- **Les paramètres d'implantation :**

L'implantation de l'ouvrage de défense côtier est caractérisée par la distance au trait de cote **D**, sa profondeur d'implantation **P** et son orientation par rapport au rivage.

Dans le cas de réalisations simultanées (batterie d'ouvrages) comme dans notre cas 3 brise-lames et un épi (voir fig. N° 13), intervient la position respective de trois brise-lames et l'épi donc on fait intervenir l'espacement **E**.

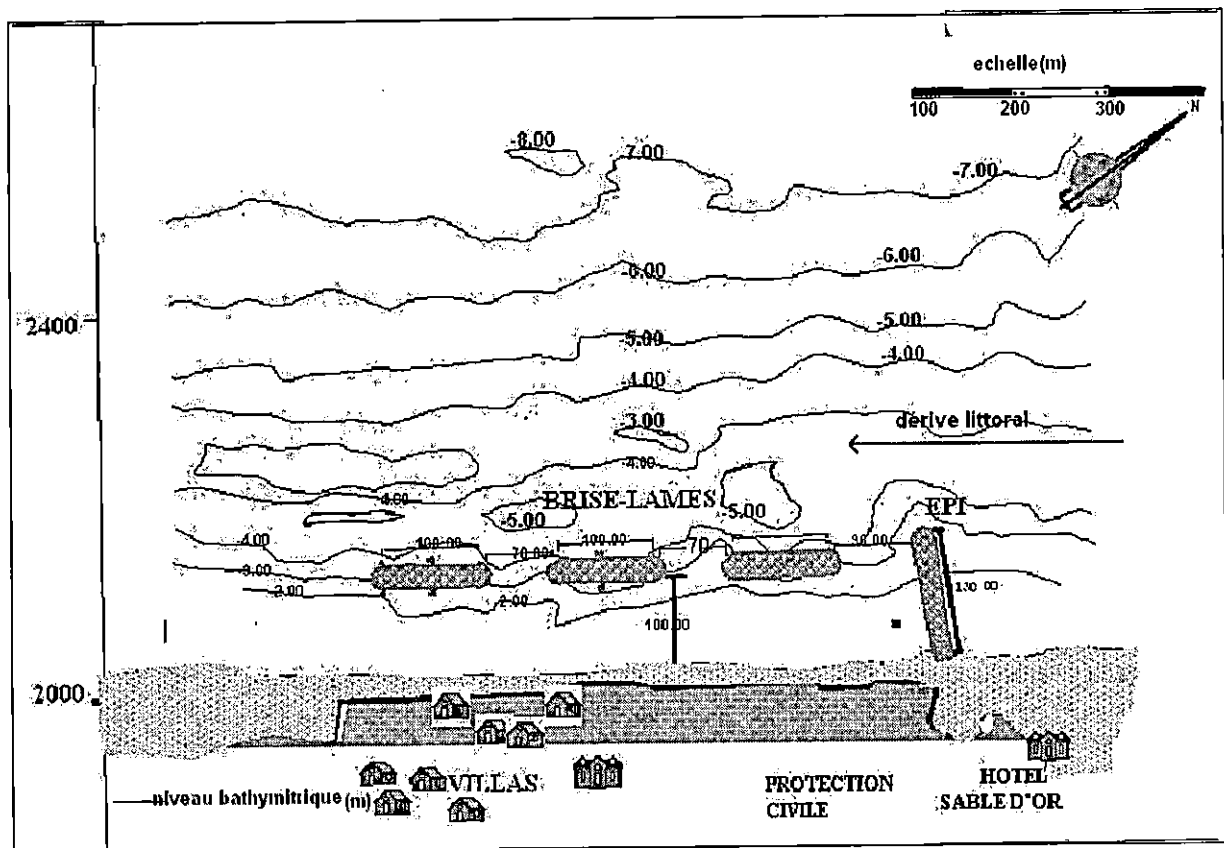


Figure n°13 : Le plan de masse de système de défense envisagé pour la protection du complexe touristique de Zéralda

1-Les brise-lames (3 BL) :

On a constaté que le problème majeur qui provoque le phénomène d'érosion dans la zone d'étude est lié aux houles frontales provenant de secteur nord-ouest dans ce cas. Il s'agit de protéger la zone contre ces houles, il a fallu alors orienter les brises lames perpendiculairement à la houle frontale pour diminuer l'énergie aux abords du site.

D'après les études bibliographiques de part le monde, les recommandations donnent des relations entre la distance à la côte et la longueur des brise-lames ainsi qu'entre l'espacement et la longueur.

- Un domaine où on se trouve en présence d'une formation d'avancée qui se limite dans un intervalle $0,85 < D/B < 2,00$ et $E/B > 0,60$.

- Un domaine où on se trouve en présence d'une formation de tombolo qui se limite dans un intervalle $0,5 < D/B < 1,00$ et $E/B > 0,60$ avec :

- B : la longueur du brise- lame
- D : distance d'implantation des brise-lames à la cote.
- E : espacement par rapport au brise-lame suivant.

De notre coté on a vérifié la longueur du brise lames par la thèse qui stipule que pour qu'un brise lames fonctionne bien, sa longueur doit être prise égale en moyenne à la moitié de la longueur d'onde de la houle au large, qui est dans notre cas égale à 200m, ce qui donne une longueur du brise lames de 100m.

Donc les hypothèses données par le LEM sont vérifiées, et le choix s'est porté sur un domaine d'une avancée qui permettra au site de reprendre sa ligne de rivage et aux eaux de circuler.

$D/B = 1,00$ et $E/B = 0,7$ une avancée est assurée.

- La distance à la côte (D) = 100m. qui correspond à une profondeur moyenne entre -3 et -4m.
- l'espacement entre brise-lames (E) = 70 m.

2- L'épi :

Pour que l'épi barre la zone où des transports importants de matériaux se produisent, il faut qu'il arrive à la ligne de déferlement de la houle.

Pour atteindre cet objectif, il a fallu déterminer la profondeur de déferlement. Cette dernière a été estimée par le L.E.M variant entre 2.75 à 3.75 m.

Pour que la tête de l'épi atteigne cette profondeur, il faudrait que sa longueur soit de l'ordre de 138m, l'épi a été choisi avec une longueur de 135ml.

- **Mode de fonctionnement de ce système de défense :**

L'objectif est double :

- 1^{er} objectif: protéger la façade maritime du complexe touristique (infrastructures hôtelières grâce à l'implantation des ouvrages off-shore (3 brise-lames) parallèlement à la côte. Ces brise-lames ont le but de briser les houles avant d'arriver sur le complexe et permettre aux sédiments de trouver un plan d'eau calme pour se déposer.
- 2^{ème} objectif: créer une plage à l'Est par l'implantation de l'épi, en même temps protéger les sédiments déposés dans le plan d'eau contre des courants qui se dirigent d'Ouest en Est.

Parallèlement, une fois l'accumulation maximale dans la partie amont de l'épi atteinte, on assistera à un contournement des sédiments qui se fait sur le plan d'eau jusque là protégé par les trois brise- lames.

3-2- Caractéristiques géométriques des ouvrages :

1- brise-lames

- **partie courante** (voir fig n°14):

Les brise-lames ont une section trapézoïdale (pente à la mer 3/2 ; pente à la plage 3/2, qui signifie que chaque déplacement en avant de 3 m correspond à un accroissement de 2 m de la profondeur). La largeur à la base est de 23m et en tête elle est de 11.06m. La largeur du noyau en tête est suffisante pour le déversement de TVC par un camion- benne. La cote d'arase du noyau est de 6m à son sommet et dépasse d'environ 0.5 m le niveau moyen de la mer. La carapace extérieure a été arasée à + 2.66m pour deux raisons :

- Permettre la vue sur l'horizon.
- Permettre le franchissement des houles limites à l'ouvrage de franchir car elles sont chargées de sédiments et l'eau peut se régénérer afin d'éviter des zones de pollution.

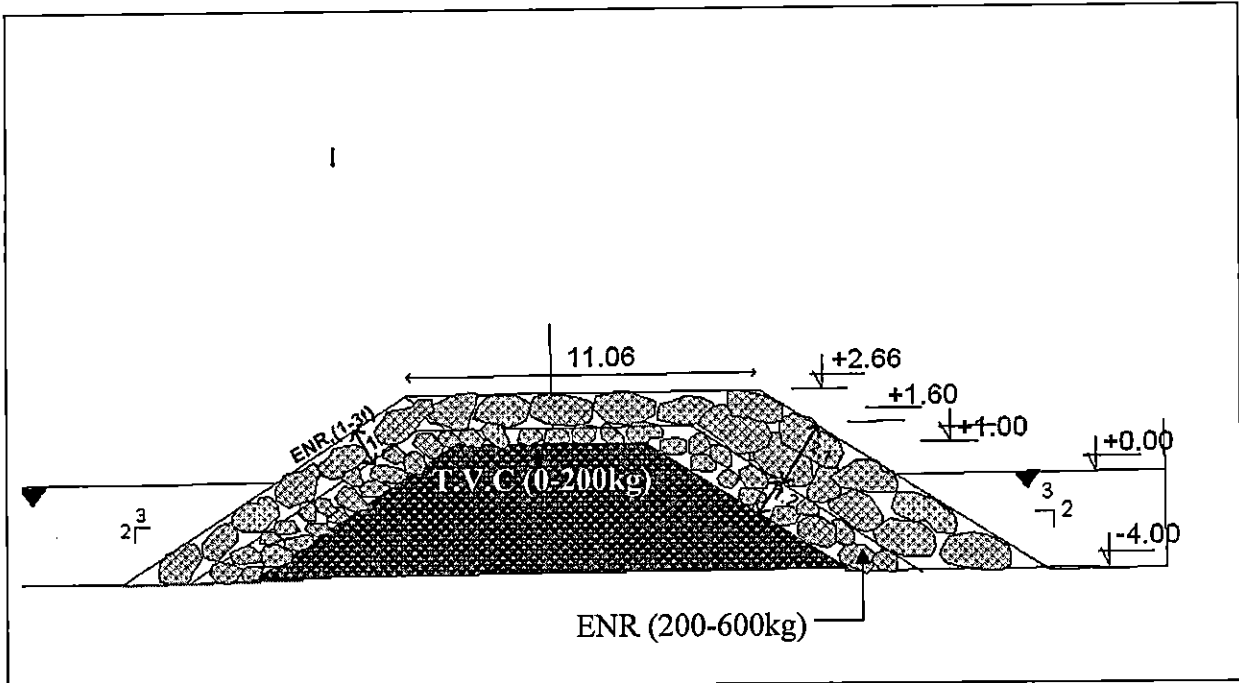


Figure n°14 : profil de la partie courante du brise-lames

• partie musoir (voir Fig n° 15) :

Les musoirs des brise-lames auront une section trapézoïdale (pente 3/2), sans couronnement et une largeur à la base de 28m et en tête est de 14.42m. Leurs hauteurs seront variables de 6 à 7 m. Pour la largeur du noyau à son sommet et son arasement ont été choisis pour le même objectif que la précédente.

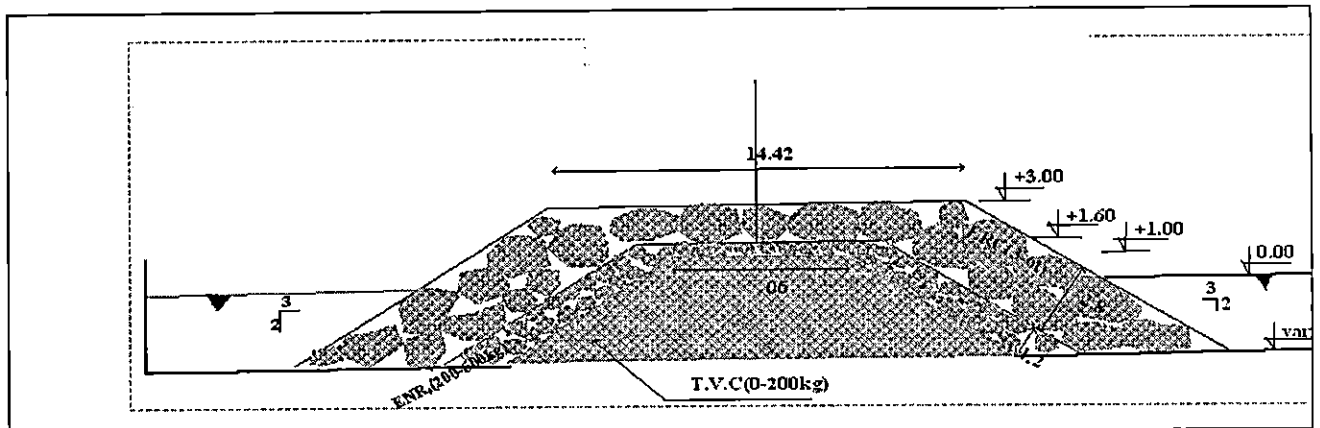


Figure n°15 : Profil partie musoir de BL

2- Epi :

- **partie courante** (voir Fi g n°16):

La partie courante a une section trapézoïdale (pente de chaque côté est de $3/2$, avec un couronnement calé à $+2.05$ m et une largeur de 5 m, la largeur à la base est de 25 m et en tête de 10.42 m. La hauteur totale sera de 5.75 m par rapport à la profondeur d'implantation.

La couche de protection principale (carapace), comme son nom l'indique, assure l'essentiel de la protection de l'épi contre l'action des vagues. Elle est constituée de blocs d'enrochements dont le poids varie de 1 à 3 t.

Ces blocs sont d'ordinaire déposés en deux couches, selon une pente de $3/2$

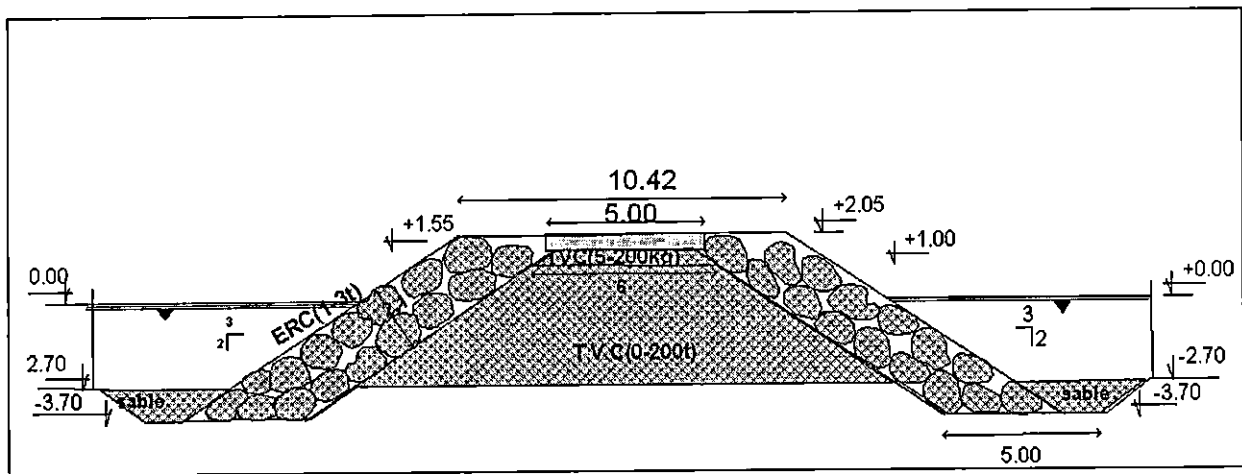


Figure n°16 : Profil de la partie courante de l'épi

- **Partie musoir** (voir fig n°17) :

La partie musoir a une section trapézoïdale aussi de pente de chaque côté e $3/2$; avec un couronnement calé à $+2.05$ m et une largeur de 5 m. La largeur a la base est de 23 m et en tête de 10.42 m. La hauteur totale sera de 5.75 m par rapport à la profondeur d'implantation. Pour la carapace est identique à la partie courante.

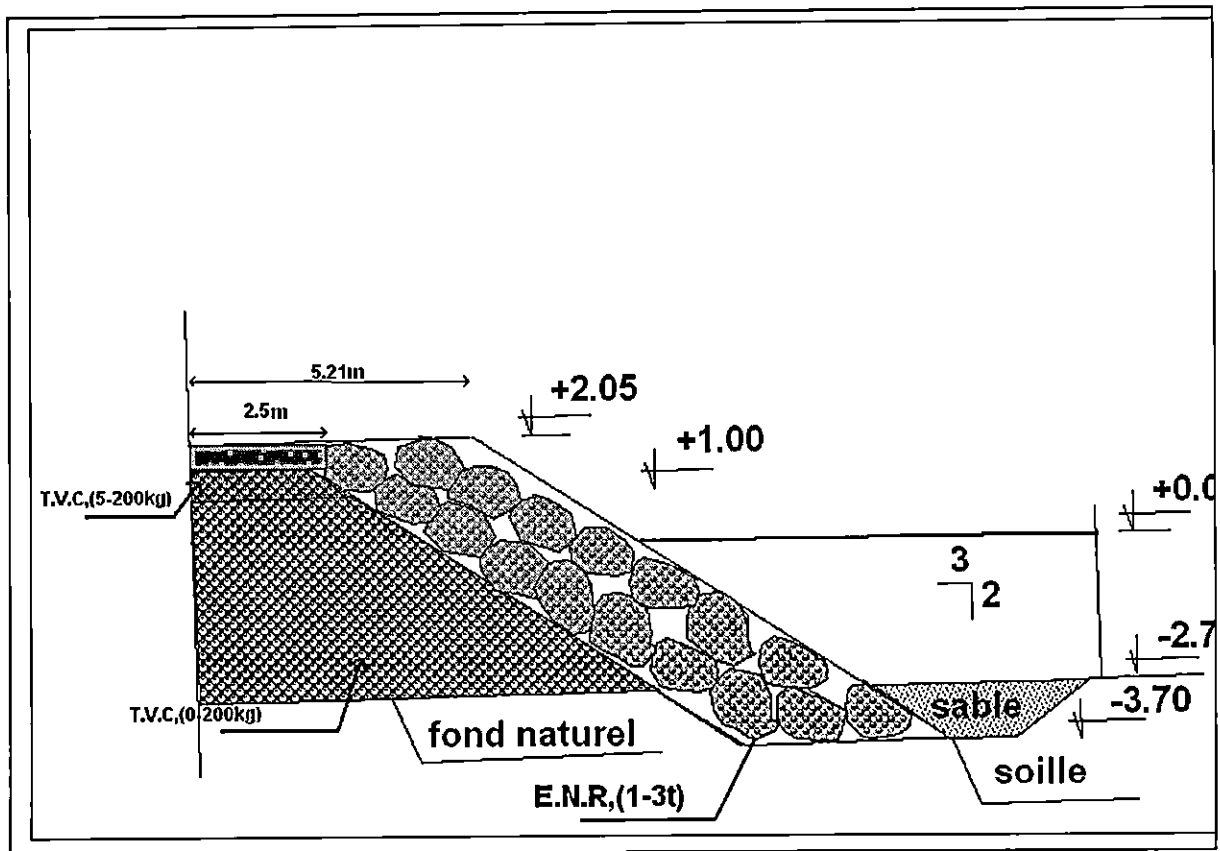


Figure n°17 : Profil du musoir de l'épi.

Donc la stabilité et l'optimisation des paramètres de construction ont été vérifiées sur modèle réduit physique en bassin à houle dans les halls d'essai du Laboratoire d'Etudes Maritimes.

3-3- Paramètres de pré-dimensionnement des ouvrages :

Dans ce chapitre il sera procédé à la vérification des paramètres de dimensionnement à l'aide des formules empiriques.

➤ Calcul de la houle de dimensionnement.

Le système de défense est implanté à des profondeurs comprises entre 2,5 m et 4 m pour l'épi. La pente moyenne de la bathymétrie (m) est de l'ordre 1,5 %. La période T des houles longues susceptibles d'exister sur cette côte est de 12s.

Dans notre cas, on va prendre une profondeur moyenne $p=2.5m$ pour le calcul de la houle de pré-dimensionnement H_d pour la :

- 1- partie courante de l'épi ;
- 2- partie musoir de l'épi ;
- 3- le coté intérieur de la partie courante des brise lames.

Et $P=3.75$ m pour calculer de H_d pour le pré-dimensionnement de:

- 1- la partie musoir des brise-lames ;
- 2- le coté extérieur de la partie courante des brise-lames.

Pour $P = 2.5$ m, on a : $p / g.t^2 = 2.5 / 9.81 \times 144 = 0.0018$

en utilisant l'abaque de WEGGEL, qui donne pour la valeur 0.0018 une valeur de

$Hd / P = 0.98$ donc : $Hd = P \times 0.98$

$$Hd = 2.5 \times 0.98 = 2.45m$$

$$Hd = 2,45m$$

Pour $P = 3.75$ m, on a $P / gT^2 = 3.75 / 9.81 \times 144 = 0.0025$

en utilisant l'abaque de WEGGEL, et projetant la valeur 0.0025 sur l'abaque. On a :

$Hd / P = 0.93$ donc : $Hd = P \times 0.93$

$$Hd = 3.5 \times 0.98 = 3.5 m.$$

$$Hd = 3.5 m$$

3-4-Prédimensionnement de l'ouvrage :

Les formules les plus usuelles pour le dimensionnement des blocs utilisées dans les ouvrages de protection contre la houle sont celles de Hudson et de Van Der Meer ;

Si on arrive à calculer le poids de bloc de la carapace de l'ouvrage par ces formules, on peut déduire d'autres paramètres de la structure comme l'épaisseur, poids de sous-couche).

3-4-1-Calcul avec la formule de HUDSON :

La formule du HUDSON c'est une formule usuelle et non méthodologique de dimensionnement des enrochements pour les ouvrages de protection contre la houle, qui prend en compte des exigences hydrauliques et s'écrit comme suit :

$$W = \frac{\gamma_s \cdot Hd^3}{Kd \left(\left(\frac{\gamma_s}{\gamma_w} \right) - 1 \right)^3 \cdot \cotg \alpha}$$

W = poids des enrochements en tonne (t)

γ_w = masse volumique de l'eau de mer = 1.028 t/m^3

γ_s = masse volumique des blocs utilisés.

$\cotg \alpha$ = angle du talus avec l'horizontale.

Kd = coefficient adimensionnel dit de HUDSON, ou bien coefficient de forme, il est en fonction de la nature des enrochements (déferlante ou non déferlante).

Hd = houle de dimensionnement (m)

a- Brise-lame :

1- partie courante :

- Poids du carapace côté intérieur (W_i) :

* $\gamma_s = 2.65 \text{ t/m}^3$

* $\cotg \alpha = 3/2$

* $Kd = 3.5$

* $HD = 2.45$

La valeur retenue, après calcul

$$W_i = 1.90t$$

- **Épaisseur de la carapace intérieure (E_i) :**

Pour calculer l'épaisseur e_i de la carapace, en utilise la formule extraite du manuel du C.E.R.C qui est la suivante :

$$E = n * K_t * [W / \gamma_s]^{1/3}$$

Avec : w = poids unitaire des enrochements ;
 n = nombre de couches ($n=1$) ;
 K_t = coefficient de couche ($k_t=1.15$)
 E = épaisseur de la carapace en m

On obtient, après calcul

$$E_i = 1.03m$$

- **Filtre , $W_F = W/10$:**

Après calcul, on obtient

$$W_F = 188 \text{ kg}$$

- **Épaisseur de filtre (E_f) :**

En utilisant la formule de C.E.R.C présentée ci-dessous.

Avec :

W_f = poids unitaire des blocs ;
 n = nombre de couches ($n=2$) ;
 $K\Delta$ = coefficient de couche $k_t=1$.

Après calcul on obtient :

$$E_f = 0.96m.$$

- **Poids de carapace extérieure :**

$H_d = 3.5m.$

En utilisant la formule de HUDSON, on obtient :

$$W_e = 5.48t$$

- **Épaisseur de la carapace la carapace extérieure (E_e) :**

En utilisant la formule C.E.R.C citée précédemment on obtient :

Avec ($n=2$) nombre de couche

$$E_e = 2.90m.$$

- **Poids de filtre côté extérieure (W_{fe}):**

$W_{fe} = W_{ce}/10,$

On obtient après calcul

$$W_{fe} = 548kg$$

- **Épaisseur du filtre (E_f) :**

En utiliser la formule de CERC, on obtient :

$$E_f = 1.36m.$$

2-Partie musoir de la brise- lames :

- **Poids de la carapace : avec $H_d = 3.5m$**

Après calcul, on obtient :

$$W_c = 5.48t$$

- **Épaisseur de la carapace (E_c) pour un nombre e couche =2.**

en utilisant la formule C.E.R.C, on obtient après calcul :

$$E_c = 2.90m$$

- Poids du filtre (W_f) :

$W_f = W_c/10$, après calcul, on obtient :

$$W_f = 548kg$$

- Epaisseur du filtre (E_f) :

En utilisant la formule C.E.R.C (Coastal Engineering Research Center), on obtient après le calcul :

$$E_f = 1.36 m$$

b- Épi :

1- partie courante :

- Poids de la carapace côté intérieur et extérieur (W_c) :

En utilisant la formule de HUDSON, on obtient :
Avec $HD=2.45m$

$$W_c = 1.90 t$$

- Epaisseur de chaque carapace de l'épi (E_c) :

En utilisant la formule du C.E.R.C, après calcul on obtient :
Avec $n=2$.

$$E_c = 2.06m$$

2- partie musoir :

- Poids de la carapace (W_{ep}) :

En utilisant la formule de HUDSON, on obtient :
Avec $HD=2.45m$

$$W_{ep} = 1.88 t$$

- Epaisseur de chaque carapace de l'épi (E_C) :

En utilisant la formule du C.E.R.C, après calcul on obtient :
Avec $n=2$:

$$E_C = 2.06m$$

3-4-2-Calcul avec la formule de Van der Meer :

La formule de VAND DEER MEER intègre plusieurs paramètres tel que le paramètre de Batjes (ξ_m) définissant le type de déferlement au niveau de l'ouvrage qu'il faut déterminer :

- Détermination de Type de déferlement en s'appuyant sur le paramètre de Batjes (ξ_m) :

$$\xi_m = \text{Tang } \alpha / \sqrt{S_0 m}$$

Pour $T_m = 12s$, $HD = 2.45m$, $\text{tang } \alpha = 2/3$

$$S_0 = 2\pi \times HD / g T_m^2 = (2 \times 3.14 \times 2.45) / (9.81 \times 12^2) = 0.0109; \text{ pour } HD = 2.45 m$$

$\sqrt{s_{0m}} = \sqrt{0.011} = 0.1043$ ce qui donne

$$\xi_m = 6.38$$

Donc c'est une vague gonflante.

Pour HD = 3.50 m, en suivant la même méthode de calcul, on trouve :
 $\sqrt{s_{0m}} = 0.124$ et $\xi_m = 5,34$ donc c'est une vague gonflante.

Donc la formule recommandée pour le pré- dimensionnement de l'ouvrage dans ce cas est :

$$H_2\% / [(\gamma_s / \gamma_w) - 1] * D_{N50} = 1.4 p^{-0.13} * (S/\sqrt{N})^{0.2} * \sqrt{\cotg \alpha} * [\xi_m]^p$$

H 2% (Hd) = la houle de déferlement ou dimensionnement

P : la perméabilité de l'ouvrage = 0.37

S : nombre de dommage admissible (S = 4 peu de dommages).

N : nombre des vagues enregistrées (N= 5000)

γ_s : masse volumique des blocs utilisées (2.65 t/m³)

γ_w : masse volumique de l'eau de mer (1.026 t/m³).

ξ_m : paramètre de Batjes (5.34)

a- Brise -lame :

1- partie courante :

- **Poids de la carapace côté intérieur (W_i) :**

En utilisant la formule de van der Meer, on obtient les résultats suivants :

$$* ((\gamma_s / \gamma_w) - 1) = 1.58; * P^{-0.13} = 1.138, * (S/\sqrt{N})^{0.2} = 0.563, * [\xi_m]^{0.37} = (6.34)^{0.37} = 1.98$$

$$* \sqrt{\cotg \alpha} = \sqrt{3/2} = 1.225 \text{ Ce qui donne : } * D_{N50} = 0.73m, W_i = \gamma_s * (D_{N50})^3 = 1.20t$$

$$W_i = 1.20t$$

- **Epaisseur de la Carapace intérieure :**

En utilisant la formule de C.E.R.C citée par avant, on obtient après calcul:

Avec n= 1 (nombre des couches) ,

$$E_i = 0.88m$$

- **Filtre intérieure (Wfi):** $W_{fi} = 1/10 * W_i$; après calcul, on obtient :

$$W_{fi} = 120kg$$

- **Epaisseur de filtre coté intérieur (Efi) :**

En utilisant la formule de C.E.R.C, obtient après calcul:

Avec n = 2 ,

$$E_{fi} = 0.82 m$$

- **Poids de l'enrochement de la carapace cote externe :**

En utilisant la formule de van der Meer, on obtient les résultats suivants :

Avec $H_D = 3.5\text{m}$, * $((\gamma_s / \gamma_w) - 1) = 1.58$, * $P^{-0.13} = 1.138$, * $(s/\sqrt{N})^{0.2} = 0.563$

* $[\xi_m]^{0.37} = (5.34)^{0.37} = 1.86$, * $\sqrt{\cotg \alpha} = \sqrt{3/2} = 1.225$

Ce qui donne : $D_{n50} = 1.08\text{m}$.

$W_e = \gamma_s * (D_{n50})^3 = 3.38\text{ t}$ $W_e = 3.38\text{t}$

- **Epaisseur de la couche de la carapace extérieure (W_e) :**

En utilisant la formule de C.E.R.C citée par avant, on obtient après calcul:

Avec $n = 2$ (nombre des couches) , $E_i = 2.49\text{m}$

- **Poids des enrochements de Filtre (W_{fi}) :**

$W_{fe} = 1/10 * W_i$; après calcul, on obtient :

$W_{fi} = 338\text{kg}$

- **Epaisseur de filtre coté intérieur (E_{fi}) :**

En utilisant la formule de C.E.R.C, obtient après calcul:

Avec $n = 2$, $E_{fi} = 1.15\text{m}$

2-Partie musoir du brise lames :

- **Poids de la carapace (W_c) :**

En utilisant la formule de van der Meer citée précédemment, on obtient les résultats suivants :

Avec $H_d = 3.5\text{m}$, * $((\gamma_s / \gamma_w) - 1) = 1.58$, * $P^{-0.13} = 1.138$, * $(s/\sqrt{N})^{0.2} = 0.563$

* $[\xi_m]^{0.37} = (5.34)^{0.37} = 1.86$, * $\sqrt{\cotg \alpha} = \sqrt{3/2} = 1.225$, après calcul, on obtient,

$W_c = 3.38\text{t}$

- **Epaisseur de la carapace (E_c). Avec $n=2$ (nombre des couches).**

En utilisant la formule C.E.R.C, on obtient après calcul :

$E_c = 2.49\text{m}$

- **Poids du filtre (W_f) :**

$W_f = W_c/10$ - après calcul, on obtient :

$W_f = 338\text{kg}$

- **Epaisseur du filtre (E_f) :**

En utilisant la formule C.E.R.C, on obtient après le calcul :

$E_f = 1.15\text{ m}$

b- Épi :

1- partie courante :

- Poids de la carapace côté Est et Ouest (W_{ep}) :

En utilisant la formule de Van der Meer, on obtient les résultats suivants:
Avec $HD=2.45m$ on a $* ((\gamma_s / \gamma_w) - 1) = 1.58$, $* P^{-0.13} = 1.138$, $*(s/\sqrt{N})^{0.2} = 0.563$

$$* [\xi_m]^{0.37} = (6.34)^{0.37} = 1.98, * \sqrt{\cotg \alpha} = \sqrt{3/2} = 1.225$$

$$W_{ep} = 1.20 \text{ t}$$

- Epaisseur de la carapace l'épi (E_p)

En utilisant la formule du C.E.R.C, après calcul on obtient :
Avec $n=2$ (nombre des couches)

$$E_{ep} = 1.77m.$$

2-partie musoir :

- Poids de la carapace (W_c) :

En utilisant la formule de van der Meer citée précédemment, on obtient les résultats suivants :

$$\text{Avec } Hd = 2.45. \text{ on a } * ((\gamma_s / \gamma_w) - 1) = 1.58, * P^{-0.13} = 1.138, *(s/\sqrt{N})^{0.2} = 0.563$$

$$* [\xi_m]^{0.37} = (6.38)^{0.37} = 1.98, * \sqrt{\cotg \alpha} = \sqrt{3/2} = 1.225$$

$$HD = 3.5.$$

Après calcul, on obtient,

$$W_c = 1.20t$$

- Epaisseur de la carapace (E_c) :

Avec $n=2$ (nombre des couches).

En utilisant la formule C.E.R.C, on obtient après $E_c=1.77m$ calcul :

RESULTATS DES CALCULS SUIVANT LES DIFFERENTES METHODES

Les calculs des poids et épaisseurs des couches de matériaux pour chaque profil sont résumés dans le tableau suivant, selon Hudson, Van der Meer, et le modèle réduit du LEM:

Tableau n°7 : Récapitulatif des calculs des poids et épaisseurs des couches de matériaux.

		brise-lames			épi		
		formule de Hudson	formule de V-D-MEER	Model réduit LEM	formule de Hudson	formule de V-D-MEER	Model réduit LEM
partie courante	carapace extérieure	5,48t	3,38t	(1-3t)	1,88t	1,20t	(1-3t)
	épaisseur carapace extérieure	2,90m	2,49m	2,1m	2,06m	1,77m	2,1m
	poids de filtre côté extérieure	548kg	338kg	(200-600 kg)	----	----	---
	épaisseur de filtre coté extérieure	1,36m	1,15m	1,2m	--	---	--
	carapace intérieure	1,88t	1,20t	1-3t	1,88t	1,20t	(1- 3 t)
	épaisseur carapace intérieure	1,03m	0,88m	1,05m	2,06m	1,77m	2,1m
	poids de filtre côté intérieur	188kg	120kg	200-600kg	---	---	--
	épaisseur de filtre coté intérieur	0,96m	0,82m	1,2m	---	---	---
partie musoir	poids de la carapace	5,48t	338kg	(3-6t)	1,88t	1,20t	(1-3t)
	épaisseur de la carapace	2,90m	2,49m	2,8m	2,06m	1,77m	2,1m
	poids de filtre	548kg	338kg	200-600kg	----	---	---
	épaisseur de filtre	1,36m	1,15m	1,20m	--	---	--

Source : Guessab et Amari

En conclusion :

Les résultats des différents auteurs se rapprochent .On remarque cependant que les poids obtenus par la formule de HUDSDON sont surdimensionnés par rapport à ceux obtenus par les formules de Van Der Meer, qui se rapprochent mieux du modèle réduit physique du LEM.

Chapitre IV :
*Réalisation de la protection du
complexe touristique de Zéralda*

Les travaux de protection du rivage du complexe correspondent à une opération d'aménagement. Cette dernière s'inscrit dans le cadre d'un programme d'action inscrit par la DTP de la Wilaya d'Alger, pour la protection du site menacé par la mer.

Pour sa réalisation, on rassemble les moyens nécessaires matériels, naturels (source d'enrochements), humains et financiers afin d'assurer le bon déroulement et le pilotage des travaux qui sont assurés par l'entreprise de réalisation choisie après lancement d'un avis d'appel d'offres national.

1 - PRESENTATION DES TRAVAUX :

1-1 Consistance des travaux :

Les travaux de protection du complexe touristique de Zéralda ont été attribués au groupement d'entreprises ALDIPH et SOTRAMEST par la DTP de la wilaya d'Alger après le lancement d'un appel d'offres national et international en vertu des dispositions du décret présidentiel N°:02-250 du 24 juillet 2002 portant réglementation des marchés publics, modifié et complété par le décret n° 03/301 du 11 septembre 2003.

1-2 Objet du marché :

Le marché a pour objet, la réalisation du système de défense constitué d'une batterie de trois brise-lames et d'un épi. Ces ouvrages sont constitués par 4 catégories d'enrochements :

L'épi sera constitué par des enrochements de catégorie 1-3t et le tout venant.

Les brise-lames seront constitués par des enrochements de catégorie 3-6t, 1-3 t, 200-600kg, 5-200 kg et le tout venant 0-200 kg.

Pour la construction du brise-lames, les pistes d'accès « cavaliers » aux brise-lames seront réalisées à l'aide d'un mélange de tout-venant et d'enrochements de catégorie 1-3t et 0-200 kg, il sera procédé à l'enlèvement de ces accès après construction des brise-lames.

1-3 Phasage et prévision de coût des travaux

Le délai de construction du système de défense est prévu pour deux ans, leur commencement prend effet à compter du jour de la notification de service de démarrage (ODS) le 14 juillet 2004. La clôture des travaux sera en Août 2005.

Selon les travaux exécutés, le taux d'avancement est d'environ 70% pour l'épi, et les brise-lames sont en cours de réalisation.

Le montant global des travaux est estimé à environ **234 915 349 DA TTC** (voir tableau n°8).

Tableau n°8 : Tableau du devis quantitatif et estimatif des travaux

Protection de la plage de Zéralda (complexe touristique)		Devis quantitatif et Estimatif			
N° PRIX	DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE DA	MONTANT DA
1.01	-Installation générale du chantier, y compris les frais de fourniture et d'installation des équipements de contrôle des travaux, de repli du matériel et de la remise en état des lieux en fin des travaux, et compris les mesures d'accompagnement.	F	1	15871200	15871200
2.01	Excavation de la souille	M3	1.348	1.600	2156800
3.01	<u>BRISE-LAMES</u> -Fourniture, transport et mise en place du tout venant de carrière de catégorie (0-200kg)	T	43000	1.380	59340000
3.02	-Fourniture, transport et mise en place des enrochements de catégorie (200-600kg).	T	19946	1.440	28722240
3.03	-Fourniture, transport et mise en place des enrochements de catégorie (1-3t).	T	19274	1.580	30452240
3.04	-Fourniture, transport et mise en place des enrochements de catégorie (3-6t)...	T	23809	1.650	39284850
3.05	<u>EPI</u> -Fourniture, transport et mise en place du tout venant de carrière de catégorie (0-200kg)	T	9490	1380	13096200
3.06	-Fourniture, transport et mise en place des enrochements de catégorie (5-200kg).	T	750	1500	1125000
3.07	-Fourniture, transport et mise en place des enrochements de catégorie (1-3t).	T	8448	1580	13347840
3.08	-Fourniture, transport et mise en œuvre du béton n°1 pour la dalle.	T	367,5	14500	5328750
3.09	-Fourniture, transport et façonnage des aciers pour le ferrailage de la dalle.	T	20,9	96000	2006400
	-Fourniture, transport et mise en place du polystyrène.	T	32,5	1.420	46150
Montant hors taxes					210778350
TVA à 17%					35832319
Montant toutes taxes compris					246610996
Montant du marché					234915349

Source : SOTRAMEST.2004

Le montant du marché comprend tous les coûts partagés comme suit :

- 1- installation du chantier (6.75 %),
- 2- excavation de la souille (7.67%),
- 3- ouvrages (80.24%),
- 4- imprévus (9.30%).

2 -Méthodologie d'exécution des travaux :

La réalisation des travaux s'effectue par voie terrestre en suivant plusieurs étapes.

2-1- Installation de chantier et repliement:

Les installations de chantier comprennent tous les équipements et installations pour l'exploitation des carrières , le tri et le pesage des matériaux , les moyens de transport et de manutention , le camp de chantier , les bureaux , le laboratoire , l'infirmerie de première assistance ou tout autre imprévu.

2- 2- Moyens matériels et humains :

- **moyens matériels :**

Les moyens matériels mis à la disposition du chantier de Zéralda (complexe touristique) par l'entreprise sont les suivants :

- une (1) pelle,
- deux (2) grappins,
- deux (2) chargeurs,
- deux (2) camions de 10 t,
- un camion GBH,
- quatre (04) camions pour le transport d'enrochements de carrière de 20 t.

- **Moyens humains**

Le chantier de Zéralda dispose des moyens humains suivants :

- Deux (2) personnels d'encadrement (ingénieurs),
- Deux (2) personnels de maîtrise, Neuf (9) personnels d'exécution.

2-3 - Phasage des travaux : (voir tableau n°9) :

Les travaux sont réalisés suivant le planning prévisionnel suivant communiqué par l'Entreprise:

Tableau n°9 : Planning prévisionnel des travaux.

NOM DU TACHE	ANNEE 2004					ANNEE 2005							
	JUL	SPT	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUL	AOU	SPT
Installation du Chantier et repliement	■	■											
Fourniture et mise en place TVC (0-200kg) du noyau épi			■	■	■								
Travaux de dragage des souilles						■	■	■					
Fourniture et mise en place en ENRT (1-3t) pour la carapace de l'épi						■	■	■	■	■			
réalisation de la Dalle du roulement de l'épi											■	■	
Réalisation des cavaliers menant Vers les 3 brise-lames.									■	■			
Fourniture et mise en place TVC (0-200kg) pour le noyau											■	■	■
Fourniture et mise en place en ENRT (200-600kg) pour le filtre											■	■	■
Fourniture et mise en place en ENRT (1-3t) pour la carapace des brise-lames												■	■

Source : SOTRAMEST-ALDIPH,2004

A la suite de l'installation de chantier, la réalisation des ouvrages de défense se fait d'Est en Ouest, en passant par les phases suivantes:

- **La construction du noyau de l'épi :**

Le noyau de l'ouvrage se compose de TVC (0-200kg), ce dernier est transporté par un camion à benne et déversé en tas dans la mer. Ce déversement du TVC dispose d'une pente de 3/2 (Voir fig n°18).

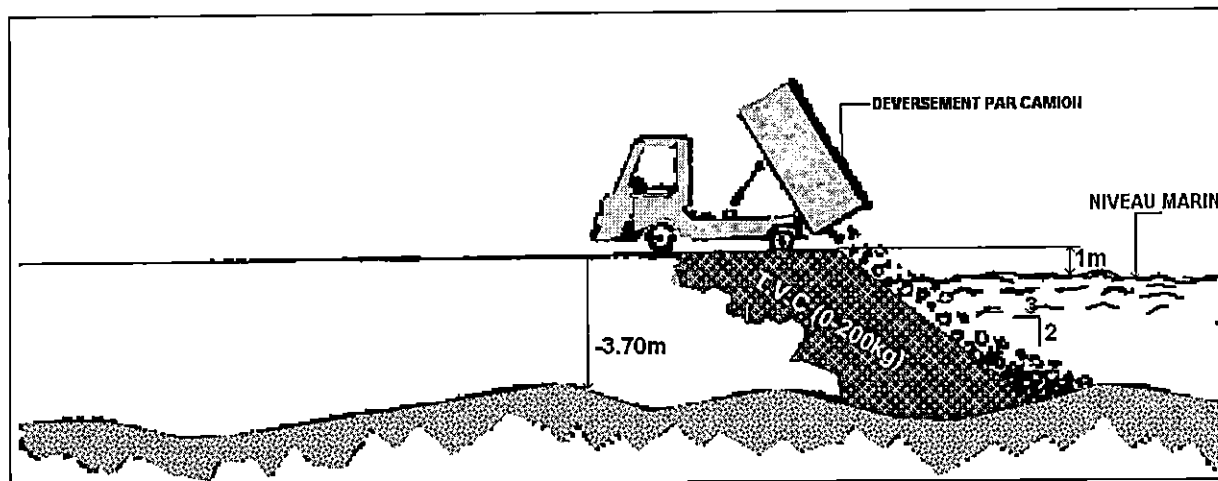


Figure n°18: Opération de la mise en place du TVC pour la construction du noyau de l'épi

La mise en place du TVC (1-200kg) se fait rapidement afin de le protéger contre les houles par la carapace d'enrochement (1-3t) et qu'il reste le moins possible exposé à l'action des vagues.

En effet, lors des tempêtes et dans le cas où le noyau n'est pas protégé, la dispersion des matériaux par les vagues donnerait un surplus dans les quantités à mettre en place donc des coûts supplémentaires au Maître de l'Ouvrage si la responsabilité de l'Entrepreneur est écartée ou un déficit pour l'Entreprise si sa responsabilité est prouvée. (Voir fig n°19)

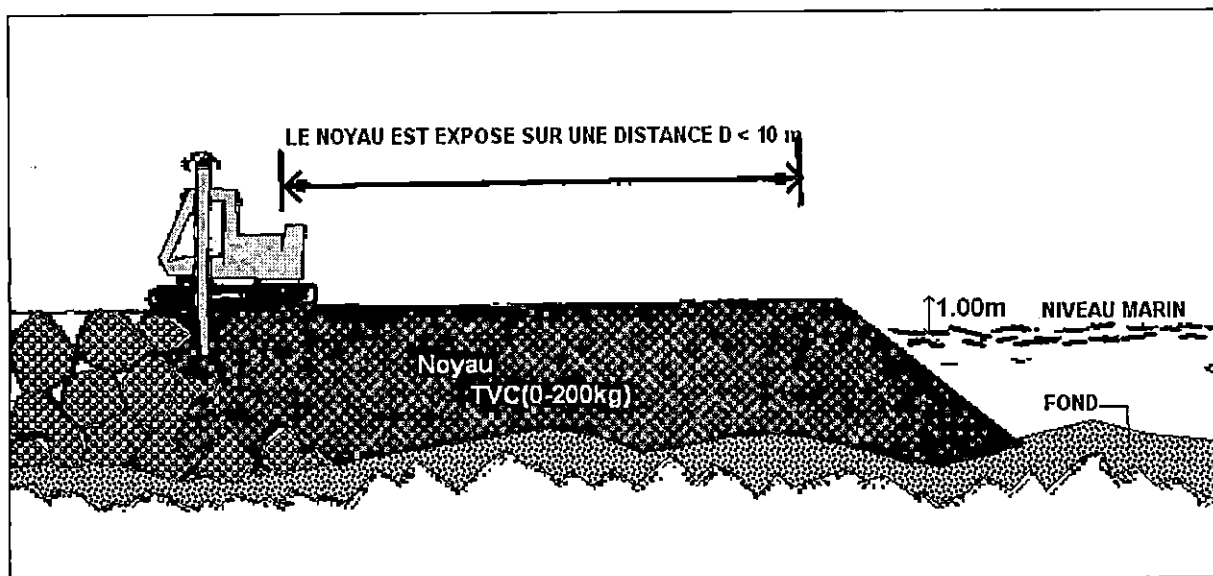


Figure n°19 : Schéma illustrant la méthode du travail utilisée pour protéger le noyau.

- **Le dragage des souilles :**

Les travaux de dragage consistent en une excavation d'une souille devant recevoir les enrochements de la carapace sur une largeur à la base :

- de 2.50 m sur la face Ouest,
- de 5,00 m sur la face Est,
- de 5.00 m au niveau du musoir,

Le contrôle de l'exécution des souilles est effectué par sondage selon des profils espacés de 5 mètres. Les matériaux du dragage ont été rejetés sur la plage du site.

- **La mise en place de la carapace de l'épi:**

La carapace de l'épi destinée à empêcher le lessivage des TVC (0-200kg) du noyau, elle est constituée des enrochements (1-3t).

Ces enrochements sont déposés en deux couches, selon une pente de 3/2 .

La mise à l'eau des blocs s'est faite à l'aide d'un grappin. La fig n°18, illustre la mise en place de la couche de la carapace du musoir de l'épi.

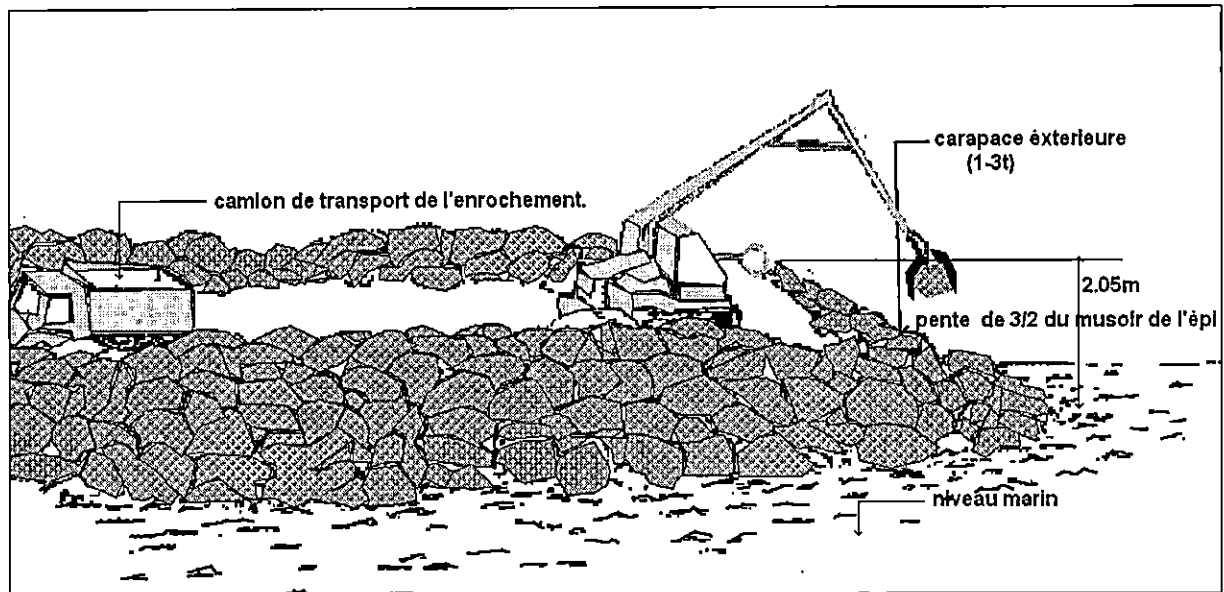


Figure n°20 : Opération de la mise en place des enrochements (1-3t) pour la carapace du musoir de l'épi

- **la dalle de roulement de l'épi:**

La dalle de roulement située sur la partie courante de l'épi est exécutée en béton n° 1 qui présente les caractéristiques illustrées sur le tableau N°10.

Tableau n°10 : Caractéristique du béton

DESIGNATION DU BETON	RESISTANCE NOMINALE 28 j (BARS)	DOSAGE THEORIQUE (kg/m ³)	Diamètre maximal de granulats (mm)	Maximal Eau/ ciment
N°1	320	350	25	<0.5

Source : CPS, 2001

Pour permettre un meilleur accrochage de la dalle avec la couche de fondation et d'améliorer sa stabilité, il a été procédé à un dégarnissement partiel de la couche de fondation du massif de façon à faire pénétrer le béton à travers les blocs du T.V.C.

- **Brise-lames :**

La construction des brise-lames se fait par voie terrestre à cause de faible profondeur au pied de l'ouvrage et en l'absence des infrastructures portuaires proches du chantier.

L'alimentation du brise-lames par les enrochement sera réalisée par un système de cavalier (**voir annexe, photo n°10**), ce dernier est constitué par un noyau de TVC (0-200kg) protégé par des enrochements de catégorie (1-3t) arasée à environ +2 m par rapport au niveau moyen de la mer.

Selon le planning, les 3 brise-lames seront construits en parallèle, néanmoins l'impossibilité d'implanter le cavalier d'accès du 3^{ème} Brise -lame à l'extrémité Ouest du site fait que ce dernier sera construit après la finalisation des deux brise-lames.

Après l'exécution des travaux, les pistes d'accès seront enlevées en totalité du fond de la mer et récupérées par l'entreprise.

3- La provenance des matériaux :

Pour répondre aux besoins du chantier en différentes catégories d'enrochements, la carrière de Bourkika (Tipaza), située à 40 km de sud -ouest de la zone d'étude a été retenue.

3-1-Situation de la carrière :

Selon le laboratoire national de l'habitat et de la construction (LNHC- unité de KOLEA), les carrières d'agrégats forment une chaîne de collines de direction Est- Ouest limitant au sud les communes HAMR EL AIN et BOURKIKA. Les formations lithologiques sont généralement les mêmes.

3-1-1-Lithologie du site :

La carrière en question a été déjà exploitée sur son front de taille Ouest, divulguant une première couche altérée de couleurs claires (jaunâtre à blanchâtre).

Cette altération diminue graduellement en profondeur laissant apparaître une roche de couleur grise sombre à filonnets calciques, il s'agit d'une roche magmatique ou andésite. Les formations sont altérées en surface sur 2 à 3 mètres. La roche devient plus saine en Profondeur reconnaissable par des couleurs sombres.

3-1-2-Critère de la qualité des enrochements :

La qualité des enrochements utilisés dans la construction de l'ouvrage maritime doit satisfaire aux conditions définies par HUDSON ou VAN DE MEER qui exprime que la masse des blocs de la carapace, doit tenir compte des dommages admissibles.

L'enrochement doit de ce fait, résister aux diverses sollicitations mécaniques et physico-chimiques auxquelles il est soumis à la mise en œuvre et pendant toute la durée de vie de l'ouvrage.

Le LNHC de l'unité de KOLEA a entrepris des essais en laboratoire sur les roches issues de la carrière. Les résultats sont présentés comme suit (voir Tab n°11 et 12) :

Tableau n°11 : Forme et masse volumique d'enrochement

Masse	Différentes catégories
forme	rugueuse
Masse volumique	2.60 t/m ³

Source : LNHC, 2002

Pour Les paramètres exprimant les risques d'évolution des matériaux sous l'effet d'action mécanique ou physico-chimiques :

Tableau n°12 : Caractéristiques physico-chimique des enrochements

Résistance d'abrasion (los -Angeles)	< 40%
Altérabilité	<20%
Résistance à la compression	> 50MPA sur cube de 5 cm d'arête.

Source : LNHC, 2002

Remarque :

- La résistance d'abrasion a été mesurée selon norme ASTM C 535
- L'altérabilité a été mesurée selon norme ASTM C 88

En conclusion : il ressort de ces analyses que la roche constituant la carrière est bonne et peut être acceptée dans la construction des ouvrages.

3-1-3 Moyens d'exploitation :

➤ **Les moyens de chargement :**

- pelle à câble
- chargeurs sur chaîne,
- chariot élévateur,
- portique avec grappin

➤ **Moyens du transport :**

Le mode du transport effectué vers le chantier est de type routier qui utilise principalement des camions :

4-Le suivi et contrôle des travaux sur le chantier :

- **Présentation du service de contrôle CTH :**

Le service de contrôle a été désigné par la DTP pour assurer le contrôle des travaux au fur et à mesure de leur avancement par l'entreprise de réalisation ALDIPH et SOTRAMEST. Le CTH est représentant du maître d'ouvrage sur le chantier et se compose comme suite dans le tableau N°13.

Tableau n° 13 : Présentation du service de contrôle CTH.

Personnel	Nombre	Fonction
Ingénieur, chef de mission	1	Contrôle des attachements de travaux et les approuves - Contrôle les situations de travaux et les approuves - Dirige les réunions de chantier.
Ingénieur en travaux maritimes	1	- Assiste aux contrôles de la qualité du béton et vérification des matériaux d'approvisionnement - Contrôle de l'application des règles de sécurité - Consignation des problèmes rencontrés sur le site - Signale à l'entrepreneur des différentes anomalies dans la réalisation pour y apporter des corrections.
topographe	1	-Contrôlent la conformité des profils réalisés selon les plans. -Vérification du positionnement des stations.
plongeurs	2	- Vérifient la bathymétrie du site avant le début des travaux. - Vérifient le profil immergé de l'ouvrage et sa conformité.

Conclusion sur la réalisation du projet :

Durant notre suivi, les travaux ont subi un retard considérable dû à des raisons exogènes et endogènes dans l'entreprise, ce qui a influencé sur le taux d'avancement des travaux.

Parmi ces raisons, les facteurs externes dus au bouleversement climatique qui ont été plus remarquables au cours de l'hiver 2005 et qui a engendré des agitations de la mer paralysant le déroulement des travaux, la carence des matériaux de catégorie (1-3t) et l'absence de l'accès qui mène les engins à l'endroit où il est prévu d'implanter le 3^{ème} cavalier.

Mis à part ces différents problèmes, il y a lieu à constater un retard important dans la réalisation de l'ouvrage. On a estimé l'avancement des travaux le 04 juillet 2005, de l'ordre de 90% pour l'épi, de 70% pour les deux cavaliers et d'un taux d'environ 25% pour la totalité du projet.

CHAPITRE V : ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

DEFINITION

- **Du point de vue légal** : l'EIE est un document exigé en vue de l'obtention de l'autorisation Administrative d'un projet pouvant avoir des impacts négatifs sur l'environnement.

- **Techniquement** : c'est une approche approfondie permettant de :

1-determiner et de mesurer à l'avance les effets sur l'environnement naturel et humain du projet encore au stade de projet.

2-définir à l'avance les mesures nécessaires pour supprimer ou atténuer ou compenser les effets négatifs du projet sur l'environnement.

Ce projet n'est pas soumis à l'étude d'impact à ce stade de travaux, nous nous penchons donc sur le volet technique.

I -Impacts sur l'environnement :

Le littoral est un espace fragile et vulnérable. Cette vulnérabilité est accentuée par l'activité anthropique notamment par les constructions illicites sans avoir la moindre conscience de ce qui en résulte : dénaturation du site paysager, perturbation du transit littoral, menace de disparition des espèces faunistiques et floristiques, etc.... (Larid.M, cours de 5^{ème} année aménagement du littoral, Approche méthodologique pour les études d'impacts sur l'environnement, 2003).

Toutefois, les modifications écologiques causées majoritairement par l'homme n'ont pas manqué d'avoir des retombées fâcheuses sur lui-même.

Les impacts peuvent être primaires ou secondaires :

Impacts primaires :

Ce sont des impacts qui apparaissent pendant la période de chantier, dans notre cas, ils peuvent être simulé comme suite :

1. impact sur la plage :

Pour permettre aux engins de circuler entre la haute plage et le système de défense, une piste provisoire en tout-venant a été réalisée, ce qui a influencé sur le profil original et la qualité granulométrique de la plage (**voir annexe, photo n°1**).

2. impact sur le milieu marin:

Lors de déchargement des matériaux de construction contiennent de l'argile pour la mise en place des structures de l'ouvrage, la turbidité de l'eau de mer est engendré (**voir annexe, photo n°2**). , ce qui influence l'activité photosynthétique, provoquant une réduction du phytoplancton qui y'existe (Algue supérieure),

L'entretien des engins du chantier à côté de la plage a engendré une pollution non négligeable pour la qualité de l'eau de mer.

La redistribution de ces matières en suspension, et l'infiltration des polluants dans le milieu marin, vont altérer ou perturber les organismes et microorganismes vivant à proximité du rivage.

3. impact sur le cadre de vie:

• bruits et vibration :

Le niveau sonore des engins utilitaires dont le poids en charge dépasse 12t et dont le moteur a une puissance nette égale ou supérieure à 200 CV a provoqué une élévation du niveau de bruit et des vibrations gênant les estivants (**voir annexe, photo n°5**).

• Poussière :

Au moment d'extraction, de transport, et de rechargement des différents matériaux, l'envol des poussières est engendré.

• sécurité

La circulation des engins sur la plage a provoqué un danger sur la sécurité des estivants, même d'ailleurs on a assisté un accident d'un camion qui a heurté le mur d'un bungalow.

Impacts secondaires :

Ce sont des impacts qui apparaissent après la réalisation du projet (à long terme), ces impacts auront des influences sur :

1. la qualité des eaux :

Les trois brise-lames du fait de leur fonctionnement réduisent l'agitation de l'eau et gênent sa circulation et son renouvellement.

En été, l'état de la mer souvent calme, qui ne favorise pas le renouvellement de l'eau, ainsi que la surfréquentation par les baigneurs de la plage déjà aménagée, sont autant de facteurs qui peuvent affecter la qualité des eaux.

2. les activités socio-économiques :

Ce système de défense aura des effets sur la valeur sociale et économique du complexe, qui sont les suivants :

• protection des biens et des personnes :

Ce système de défense participe bien dans la protection des biens de l'état et l'individu, assurant l'abri du complexe face aux attaques de la mer.

• Effet sur la fréquentation :

En période estivale, ce système de défense sera un pôle touristique attractif par la stabilisation du trait de la côte, la création de la plage et la présence de milieu calme, engendrés par le système.

• Effets sur l'activité de loisir :

Avant la construction des ouvrages, la plage offre la possibilité de la pratique du sport nautique, mais après la construction du système, la pratique de ces activités sera gênante à cause de la présence de ces ouvrages.

- **Effets sur la sécurité :**

D'après les maîtres nageurs sauveteurs du postes de secours de la plage de la zone d'étude, qu'il y'a creusement des affouillements au pied des ouvrages qui ont été réalisés pour le moment, par un changement de régime de la houle, ce qui rend la baignade dangereuse.

3. L'activité biologique et écologique :

Ce système de défense est consommateur de l'espace, il participe dans la destruction de la flore et la faune existante sur le site d'implantation.

De point de vue écologique ce système de défense redeviendra comme récif artificiel susceptible de favoriser le développement et l'apparition de nouvelles espèces.

4. Le paysage :

La présence de ce système de défense lourd altère l'harmonie du paysage. Changeant le site d'une plage sableuse à une côte semi rocheuse.

5. L'équilibre de la morphodynamique côtière :

En revanche, le système de défense aura des conséquences négatives sur le transit littoral, par l'apparition de l'érosion dans le côté aval de système de défense en sens de la direction dominante de transit littoral sous l'effet de la régénération des courant à cet endroit (voir fig. n°21).

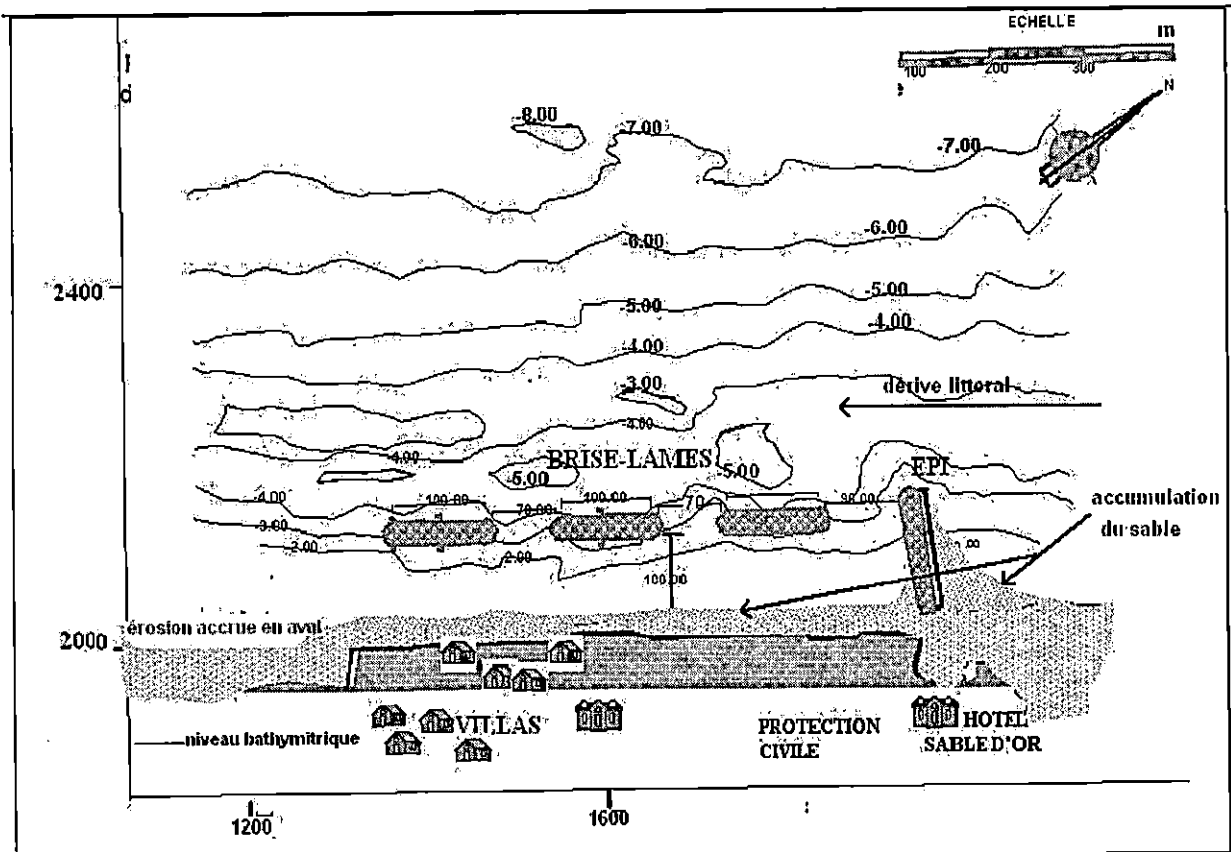
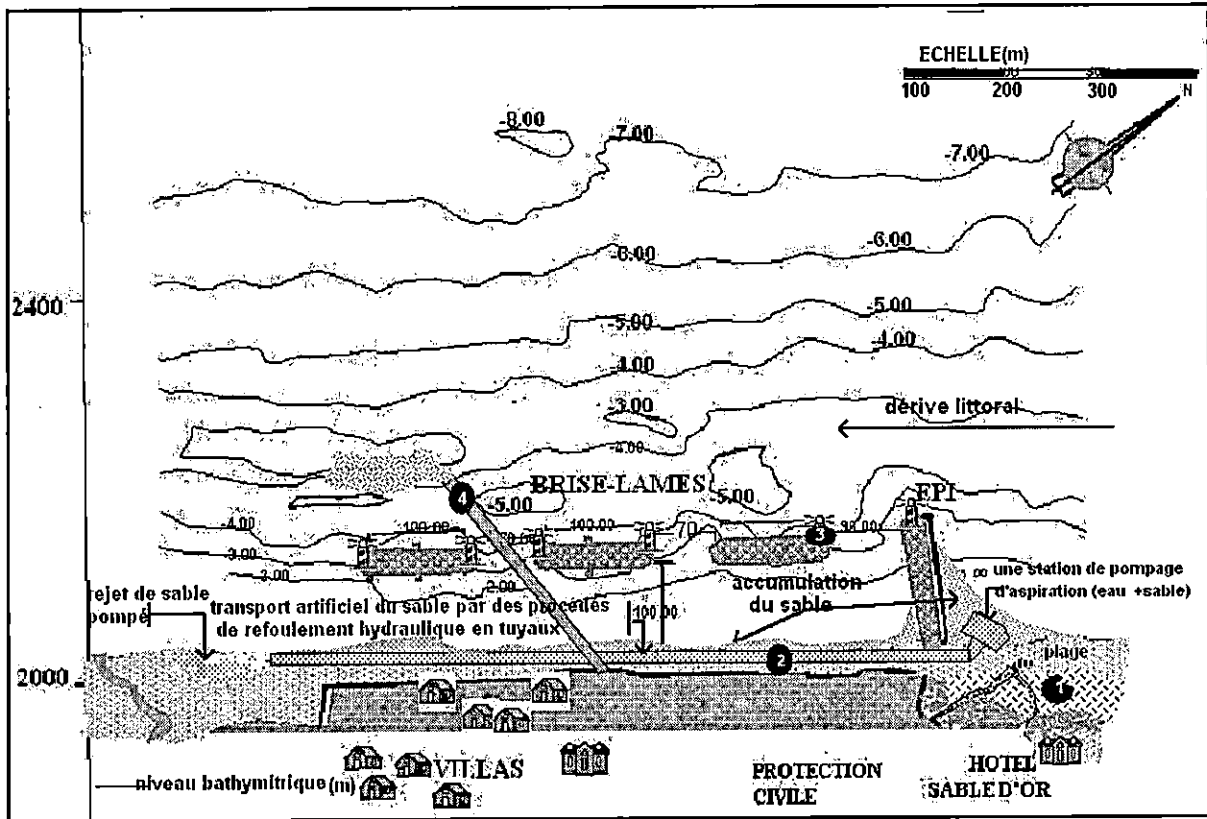


Figure n°21 : Estimation de l'évolution du tait de côte de la plage d'étude après l'installation du système de défense.

2 -Les mesures compensatoires :

Pour compenser les effets du système de protection, on propose quelques mesures (voir Fig n° 22).



Source : Amari et Guessab

Figure n °22 : mesures compensatoires pour diminuer les impacts négatifs.

2.1- La reconstitution du massif dunaire par la méthode de reprofilage éolien :

La reconstruction du massif dunaire est une technique douce et essentielle pour la protection et la stabilisation d'un littoral sableux.

On a remarqué que la haute plage qui se situe entre l'extrémité Est du complexe et l'hôtel sable d'or est caractérisé par une pente un peu faible et par une pauvreté en sable.

Pour la remodeler, il faudrait mettre en place des brise-vent soit :

- En ganivelles placées perpendiculairement aux vents provenant du secteur Nord-Ouest les plus dominants. Ces dernières sont implantées au fur et à mesure de l'ensevelissement jusqu'à ce qu'on obtient un profil recherché.

- Avec une végétation comme l'oyat mise à la suite de la première, elle pourra coloniser les lieux et donner un profil comme montré sur le profil 1 (voir fig n° 23) :

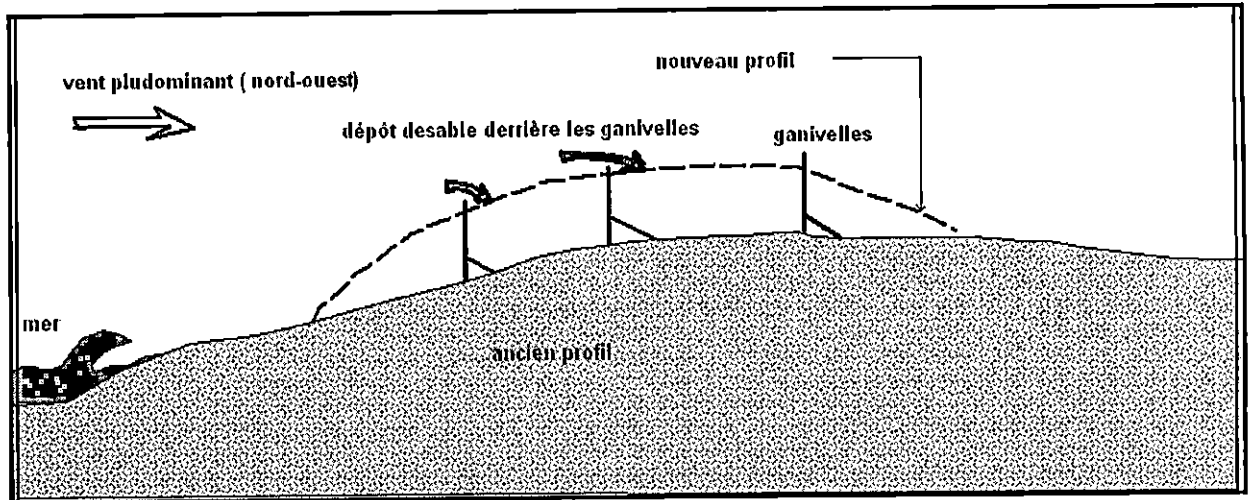


Figure n°23 : méthode de reprofilage éolien

Et pour que le site dunaire une fois remodelé soit préservé de la détérioration de son paysage et de sa couverture végétale par la fréquentation (estivale surtout), il importe d'organiser cette fréquentation en canalisant les chemins ou accès à la mer des piétons et en plaçant les parkings sur l'arrière de la dune.

2.2 La technique du bay-pass :

Le principe de cette technique est de rétablir un transit littoral interrompu, partiellement ou totalement par le système de défense.

Pour l'exécution de cette technique, une bonne appréciation de la dynamique sédimentaire du site doit être faite. Les principaux systèmes utilisés sont :

- Fixes (pompes) connaissances très fine des sédiments.
- Mobiles (pompes sur barges, drague) : problème de houle.
- Semi mobiles (pompes sur rails).
- Mécaniques (camions nuisances pour les riverains).

Les critères à satisfaire sont :

- Capacité de prélèvement et de refoulement.
- Maîtrise du prélèvement.
- Continuité de fonctionnement.
- Fiabilité, sujétions d'entretien et d'exploitation.
- Rendement, encombrement et impact visuel.

2-3- Signalisation des ouvrages :

Pour diminuer les risques d'accidents des navires sur les ouvrages surtout pendant la nuit, il est recommandé de mettre en place un système de signalisation (bouées, phares).

Ce système sera placé dans toutes les extrémités de chaque ouvrage comme il est présenté sur la figure .

2-4-L'implantation d'un émissaire :

Une fois les eaux du complexe collectées et traitées dans la station d'épuration, il sera procédé à la canalisation de ces dernières et grâce à un émissaire placé à la sortie du regard général et incliné vers l'Ouest, les eaux seront évacuées plus au large pour éviter le phénomène de prolifération algale et bactérienne dans la zone abritée par les brise-lames.

Synthèse et Conclusion :

Le complexe touristique de **Zéralda** est implanté dans une zone géographique stratégiquement importante.

L'analyse des photographies aériennes de différentes dates (1959, 1972, 1999) a montré que le problème majeur qui a engendré l'érosion à cet endroit est dû à l'implantation de ce complexe en 1969 près du rivage.

Le suivi de l'évolution du trait de côte, se traduit par une courbe exponentielle qui laisse dire que le recul va s'accroître tant qu'aucun aménagement n'est réalisé dans ce site et les retombées seront plus fâcheuses sur les activités touristiques et économiques.

L'importance de ce complexe de par le coût élevé de sa réalisation, justifie la mise en place d'un dispositif d'aménagement, qui est à prendre en urgence.

Les caractéristiques du littoral de la zone d'étude du point de vue géologique et géomorphologique telles que les faibles altitudes et la présence des failles et des terrains d'âge quaternaire, montrent sa sensibilité aux agressions marines.

A partir des indices morphologiques tels que l'orientation de la flèche littorale, l'accumulation sableuse bloquée au Nord-Est des épis de Palm Beach, il en découle un premier bilan de la direction du transit littoral qui renforce l'hypothèse effectuée par les formules empiriques du L.E.M pour le choix et l'implantation de l'ouvrage.

D'autre part pour les paramètres dynamiques, on a déduit que la houle qui provient du secteur N 300°, frappe frontalement sur la côte en provoquant l'érosion ce qui a suggéré au L.E.M l'orientation adéquate du dispositif de protection par rapport à cette houle.

On a constaté que l'érosion côtière dans cette zone résulte d'une combinaison de plusieurs facteurs à la fois d'origine naturelle et humaine, opérant à plusieurs échelles de temps et d'espace. Les vents et tempêtes, les courants littoraux, les variations du niveau de la mer à plus ou moins à long terme, incluant également les mouvements tectoniques et les phénomènes de subsidence.

Le choix et les caractéristiques du type de l'ouvrage qui va contribuer à mettre le complexe à l'abri des effets de la houle frontale sont basés sur les critères technico-économiques, et l'optimisation de son profil par le modèle réduit physique.

La direction des travaux publics de la Wilaya d'Alger (DTP) a opté pour le dispositif proposé par le L.E.M qui correspond à un système de trois brise-lames et un épi. Sa réalisation est assurée par le groupement d'entreprises SOTRAMEST et ALDIPH et les principales bases de déroulement des travaux sont:

1. L'installation du chantier dans le but d'assurer le bon déroulement de l'ouvrage.
2. Le dragage du fond pour la construction de l'ouvrage.
3. la fourniture des enrochements et des agrégats de la carrière Bourkika.
4. Assurer le suivi et le contrôle technique dès le début des travaux par une équipe d'ingénieurs du bureau d'étude (CTH).

5. la mise en oeuvre des ouvrages en commençant par la réalisation du noyau, le filtre et enfin la carapace.

D'après notre suivi, le chantier a accusé un grand retard qui s'explique par des problèmes d'ordre : financier, naturel et le manque d'enrochements. Le taux de la réalisation est estimé à 25% et ceci explique bien le retard de l'Algérie à l'égard des travaux maritimes, surtout par le manque des moyens de réalisation et le professionnalisme dans le génie côtier.

La réalisation du système de défense a provoqué des impacts considérablement importants sur l'environnement littoral du site et on peut citer entre autres:

- L'influence de l'ouvrage sur la naturalité du site par l'artificialisation du littoral surtout qu'il présente un capital du point de vue touristique, car la présence des enrochements dénature le décor pittoresque de la côte.
- La mise en oeuvre de ces immenses structures directement en mer participe à la déstabilisation de la vie de la faune et de la flore marines, mais aussi au changement du fond et l'influence sur les paramètres dynamiques.

Afin de diminuer quelques impacts dus à cet ouvrage, nous proposons des actions s'articulant autour des points suivants :

- reprofilage éolien par l'orientation des ganivelles en face des vents dominants.
- mise en place des phares pour assurer une meilleure sécurité surtout durant la nuit.
- mise en place du système « BY PASSING » pour remettre en circulation les sédiments bloqués en amont de l'épi dans le sens le plus dominant de la dérive littorale.
- mise en place des émissaires au niveau des canalisations pour éviter la prolifération algale.

Enfin la décision de protéger un site côtier, le choix de type de défense de protection, son implantation et son dimensionnement résultent d'une triple analyse :

1. Justifier l'opportunité de la protection envisagée par rapport à la valeur des biens dommageables.
2. Connaître l'évolution du milieu littoral, souvent influencé par des actions anthropiques
3. Apprécier les contraintes économiques qui pèsent sur la mise en place des dispositifs de protection par rapport au fonctionnement du milieu physique, surtout du point de vue environnemental.

Seule une démarche allant dans ce sens permettra d'aboutir à une réduction des impacts consécutifs que cause la construction d'ouvrages en mer et intégrer la défense contre la mer dans un aménagement global.

Références bibliographiques

1. AMARIM. (2004), *cours de modélisation 5^{ème} année aménagement du littoral*.
2. BELKSSA.R.(Juin 1978), *Etude de la dynamique sédimentaire du Mazafran*. Thèse 3^{me} cycle.
3. BENAÏSSA.Z, HAOUCHINE.F. (2001), *Etude de la protection de la plage du complexe touristique de Zéralda : étude en modèle réduit physique*, L.E.M.
4. CAILLOT A, *Action de la houle sur les fonds marins*, Rapp. De synthèse SCTPMVN.CEA, 105p.
5. CENTRE RÉGIONAL D'ETUDES COTIERES (1992), *Notice d'impact en vue des travaux de protection contre la mer*, guide méthodologique université de Caen.
6. CHAPON J. (1984), *Travaux maritimes, le milieu marin, le navire, la navigation, les côtes, les ouvrages extérieurs des ports maritimes*. Edition EYROLLES, paris, 365p.
7. CHENOT J.-L.(1975), *Calcul du mouvement des structures en mer et des efforts dus à la houle*, revue de l'ingénieur ETP,73,sep-oct.
8. Direction technique du complexe (2005), *documents non publiés*.
9. EUROSION.(2004), *Vivre avec l'érosion côtière en Europe : espace et sédiments pour un développement durable*.
10. KHERROCHE Y. (1988), *La dynamique sédimentaire en baie de Tipaza, relation morphologique et sédimentaire*.
11. LARID M. (1992), *cours d'aménagement du littoral I*.
12. LARID M. (2003), *cours 5^{ème} année, approche méthodologique dans l'étude d'impact sur l'environnement*
13. LECLAIRE.L.(1972), *La sédimentation holocène sur le versant méridional du bassin Algéro-baléares (pré-continent Algérien)*.Edition MUSEUM ,paris.
14. L.E.M.(1997), *Etudes sédimentologique par province (étude de l'établissement de la baie, carte sédimentaire du littoral algérien)*.
15. L.E.M. (2001), *Etude de protection de la plage de Zéralda : Avant projet sommaire*.
16. L.E.M. (2001), *Cahier de prescription spécial (CPS)*.

17. MERLIN R, PERRIER M, TENAUD P.(1980), *Recherche d'enrochements naturels pour les travaux maritimes*, STCPMVN, 804, Juin.
18. MONADIER P. (1976), *Conception et réalisation des digues à talus dans les ouvrages de protection récents*. Conf.du CEISICI 24p.
19. ONM de DAR EL BAIDA. (2004), *documents non publiés*.
20. PASKOFF R. (2001), *L'élévation du niveau de la mer et les espaces côtiers*, éditeur institut océanographique.
21. SEBAIL A, OUAHMED M. (1989), *Analyse sismologique des séismes récents du sahel d'Alger*. Mémoire d'ingénieur.
22. SOTRAMEST, ALDIPH. (2005), *documents non publiés*.
23. S.S.M.O. (1963-1970), *Tome II. Zone algérienne*.
24. VAN DER MEER. (1999), *Stabilité statique et dynamique des matériaux non cohérents sous l'action de la houle*. Traduction Mr AMARI M.
25. WILLIAM Kamphing J. (2002), *Introduction to coastal engineering and management*

Annexes

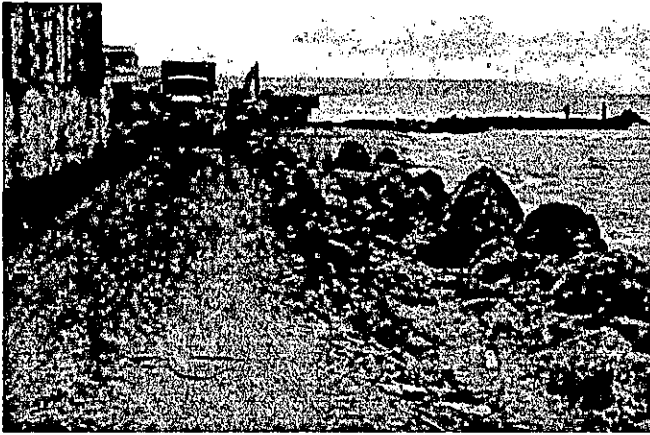
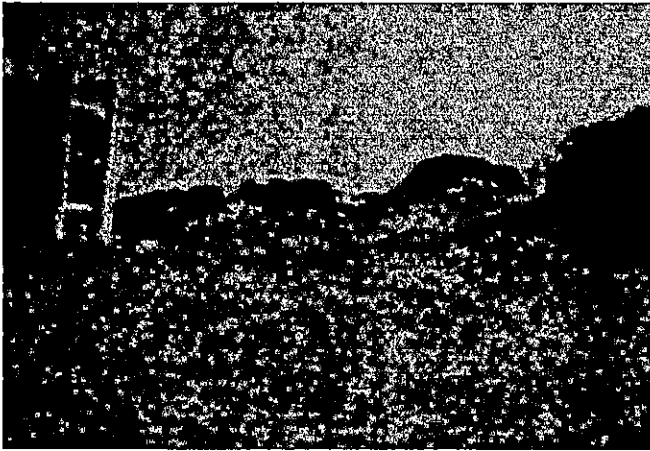


Photo N°1 : l'influence des travaux sur le profil original de la plage



Photo N°2 : la turbidité engendrée par les travaux



Photos N°3 : arasement des dunes

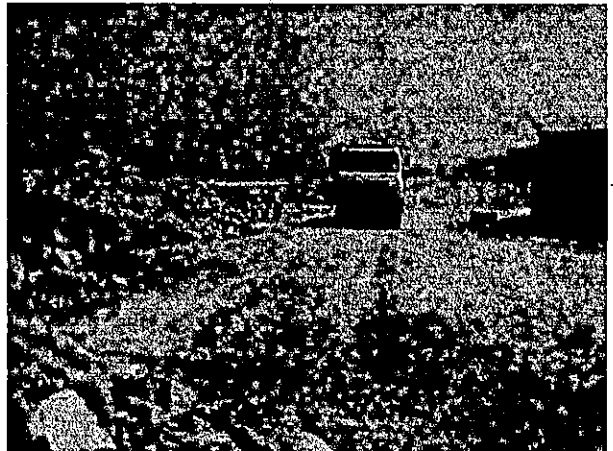


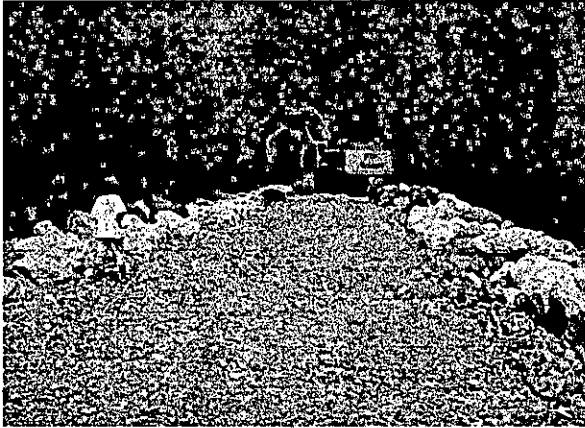
Photo N°4 : perturbation de l'activité touristique par les travaux



Photos N°5 : bruits et vibrations engendrés par les engins utilisés.



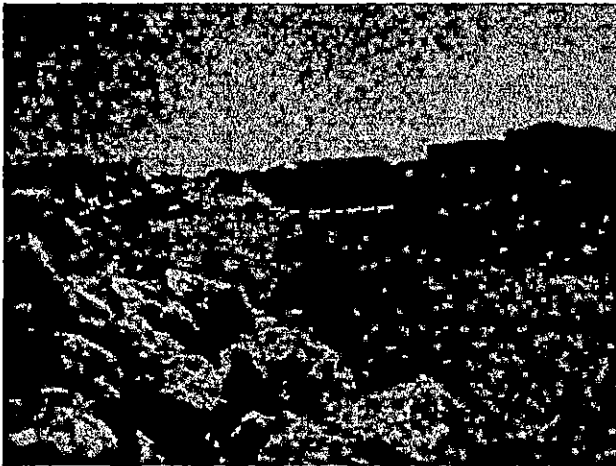
Photo N°6 : La présence des croissants Sur la haute plage



**Photo N°7 : la mise en place des enrochement(1-3t)
Pour la construction de la carapace de l'épi**



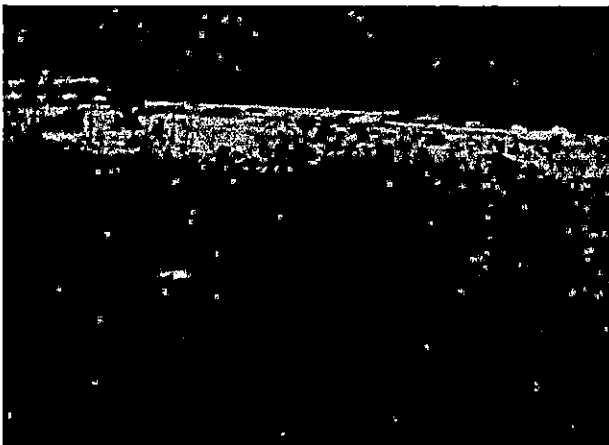
**Photo N°8 : l'accumulation du sable dans
le côté amont de l'épi en sens du
transit littoral le plus dominant**



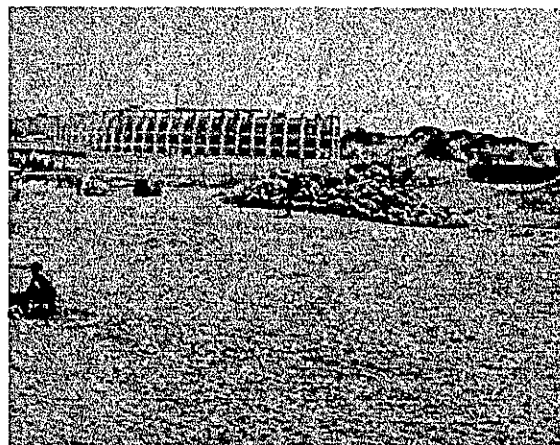
**Photos N° 9: la zone du stockage des enrochements
en différentes catégories sur la plage**



**PhotoN°10 : le début de travaux pour la
construction du cavalier**



**Photos N°11 : faible pente et pauvreté en sable
de la haute à l'extrémité Est du complexe.**



**Photo N°12 : L'occupation des dune par
l'urbanisation**