

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

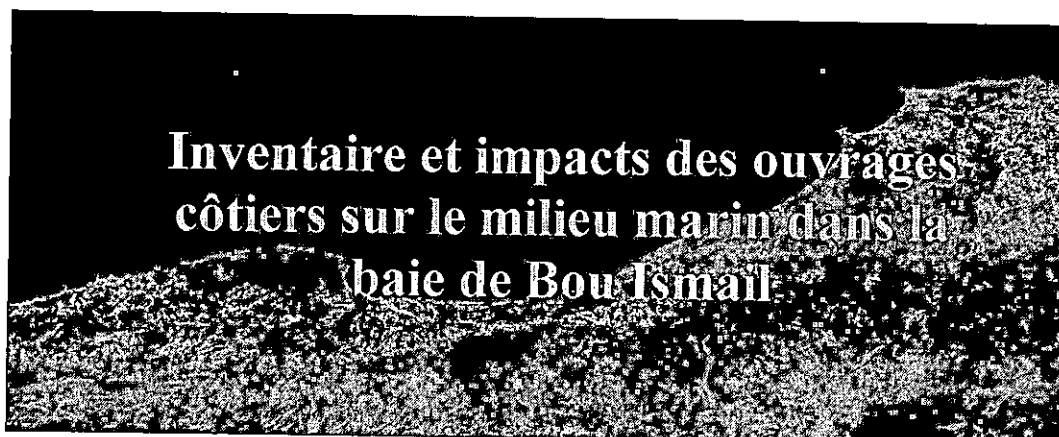
Institut National des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



Mémoire :

*En vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur en sciences de la mer
Option : Aménagement du littoral.*

Thème :



Présenté par :

**Mr. LADJIMI FARID
M^{elle}. ANNANE GHANIA
Mr. KEMILA AMAR**

Soutenu le : 22 juillet 2007

Membre de jury :

-Mme Houma-Bachari. F	Maître de conférence (ISMAL)	Présidente
-Mr Hemden. Y	Docteur (Université de Dunkerque)	Examineur
-Mlle Fezaa. N	Chargé de cours (ISMAL)	Examinatrice
-Mr Belkessa. R	Maître de conférence (ISMAL)	Promoteur

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE	1
Chapitre I : GENERALITES	
I. INVENTAIRE DA LA BAIE DE BOU ISMAIL	2
I. 1. Situation géographique de la baie de Bou Ismail	2
I. 2. Morphologie sous-marine	2
I. 3. Sédimentologie	3
I. 4. Hydrodynamique	5
I. 4. 1. Réseau hydrographique	5
I. 4. 2. Données naturelles	5
a. Vents	5
b. Température	7
c. Pluviométrie	7
I. 4. 3. Facteurs hydrodynamiques	7
a. Houle	7
b. Les courants généraux	8
I. 5. Géomorphologie	8
I. 5.1. Le massif d'Alger	8
I. 5. 2. Le Sahel d'Alger	8
a. La plaine de la Mitidja	8
b. Le cordon littoral dunaire	8
c. Le massif de Chenoua	8
I. 6. Géologie	10
I. 6. 1. Géologie régionale	10
II. LES OUVRAGES COTIERS	11
II. 1. Les épis	11
II. 1. 1. Définition	11
II. 1. 2. Rôle	11
II. 1. 3. Mise en place	12
a. Dimensionnement	12
b. Espacement	12
c. Orientation	12
d. Champs d'épis	12

II. 1. 4. Avantages	13
II. 1. 5. Inconvénients	13
II. 2. Les brise-lames	13
II. 2. 1. Définition	13
II. 2. 2. But	13
II. 2. 3. Mise en place	13
a. Dimensionnement	13
b. Espacement	14
II. 2. 4. Types	14
II. 2. 5. Avantages	14
II. 2. 6. Inconvénients	14
II. 3. Les ports	15
II. 3. 1. Définition et fonctions des ports	15
a. Sur le plan économique	15
b. Sur le plan physique	15
II. 3. 4. Le dragage portuaire	16
II. 3. 4. 1. Définition dragage	16
II. 3. 4. 2. But	16
II. 3. 4. 3. Les phases du dragage	16

Chapitre II : IMPACT DES OUVRAGES CÔTIERS SUR L'ENVIRONNEMENT DANS LA BAIE DE BOU ISMAIL

I. Tipaza.....	19
I. 1. Le port de Tipaza	19
I. 1. 1. Etat du port	19
a. L'ancien port	19
b. Problèmes du port.....	20
c. Les travaux de réaménagement du port	20
d. Les caractéristiques du projet	20
e. Travaux de dragage du port de Tipaza	22

II. Bou Haroun.....	22
II.1. Le port de Bou Haroun	22
II.1.1. L'infrastructure du port	23
II.1.2. Etat du port de Bou Haroun	24
a. Le dragage du port	24
II.2. Impact du port de Bou Haroun sur le littoral.	24
III. Khemisti	25
III.1. Le port de Khemisti	25
III.1.1. L'infrastructure du port	25
III.2. Etat du port de Khemisti	26
III.3. Impact du port de Khemisti sur le littoral	27
IV. Front de mer de Bou Ismail	27
IV.1. Etat du site	27
IV.1.1. Transit sédimentaire	27
IV.1.2. Erosion et recul du linéaire côtier	27
IV.2. Ouvrage de protection du front de mer de Bou Ismail	28
IV. 3. Impacts des ouvrages de protection contre la mer sur le littoral	29
V. Zéralda	29
V.1. Etat du site	30
V.1.1. Recul du trait de côte	30
V. 2. Ouvrages de protection de la plage de Zéralda	30
V. 3. Impact des ouvrages de Zéralda sur le milieu côtier	31
VI. Sidi Fredj	32
VI. 1. La partie ouest de la presqu'île de Sidi Fredj	32
VI. 2. Le port de Sidi Fredj	34
VI. 2. 1. L'infrastructure du port	34
VI. 2. 1. Etat du port	35
a. L'ensablement du port de Sidi Fredj	35
b. Le dragage du port	36
c. La pollution dans le port.....	36
V. 2. 2. Impact du port de Sidi Fredj sur le littoral	36
VI.3. La partie Est de la presqu'île de Sidi Fredj	36

VI.3.1. Etat du site	37
a. Evolution de la plage	37
b. Evolution du trait de côte	37
c. Ouvrages de protection.....	38
d. impacts des ouvrages sur le littoral	39
VII. El Djamila	39
VII.1. Le port d'El Djamila	40
VII.1. 1. L'infrastructure du port d'El Djamila	40
VII.1. 2. Etat du Port	41
a. Les travaux de réaménagement du port d'El Djamila	41
b. L'ensablement du port d'El Djamila	41
VII.2. Réaménagement du site d'El Djamila	42

Chapitre III : DISCUSSION

I. Un nombre élevé des ouvrages côtiers	43
II. L'impact élevé des ouvrages côtiers	43
III. Anarchie dans l'exécution des ouvrages côtiers	43
IV. Propositions d'aménagement et de protection	43
IV. 1. Redimensionnement et modification des ouvrages	45
IV.2. Protection du littoral du type nouveau.....	45
IV.2.1. Brise-lames submergés flottants	45
IV.2.2. Les géotextiles	46
a. Les géotubes.....	46
b. Le système de stabilité des dunes et des plages	47
c. Avantages des géotextiles	48
IV.3. Rechargement artificiel des plages.....	48
IV.3.1. Caractéristiques du procédé	48
• Topographie de la plage.....	49
• Condition des vagues et des houles dans le cas d'un remblayage	49
• Matériaux disponibles.....	50
IV.4. Le rechargement des plages de la baie de Bou Ismail par agrégats	50

CONCLUSION GENERALE	52
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	
ANNEXES	

LISTE DES FIGURES

Figure.1 :	Situation géographique de la baie de Bou Ismail.....	2
Figure.2 :	Topographie de la baie de Bou Ismail.....	3
Figure.3 :	Sédimentologie de la baie de Bou Ismail.....	4
Figure.4 :	Roses récapitulatives saisonnières et annuelles des fréquences d'apparition du ve...	6
Figure.5 :	Géomorphologique de la baie de Bou Ismail.....	9
Figure.6 :	Coupe stratigraphique synthétique du tyrrhénien dans la baie de Bou Ismail.....	10
Figure.7 :	Fonctionnement d'un champ d'épis.....	13
Figure.8 :	L'impact d'un épi sur le littoral.....	15
Figure.9 :	Schéma général d'un port.....	16
Figure.10 :	Fonctionnement des brise-lames.....	17
Figure.11 :	L'impact des brise-lames sur le rivage.....	18
Figure.12 :	Schéma général de l'ancien port de Tipaza.....	19
Figure.13 :	Schéma général du port de Khemisti.....	21
Figure.14 :	Schéma général du port de Bou Haroun.....	24
Figure.15 :	Schéma général du nouveau port de Tipaza.....	26
Figure.16 :	Evolution du trait de côte du front de mer de Bou Ismail entre 1968 et 1996.....	28
Figure.17 :	Les ouvrages de protection du rivage de Zéralda.....	29
Figure.18 :	Recul du trait de côte au niveau de la zone de Zéralda.....	30
Figure.19 :	Ouvrage de protection du Front de mer Ouest de Bou Ismail.....	31
Figure.20 :	Les ouvrages côtiers de la partie Ouest de Sidi Fredj.....	34
Figure.21 :	Schéma général du port de Sidi Fredj.....	35
Figure.22 :	Schéma général du nouveau port d'El Djamila.....	38
Figure.23 :	Ouvrage de la plage Est de Sidi Fredj	39
Figure.24 :	Evolution du trait de côte de la plage Est de Sidi Fredj entre 1921et 1995.....	41
Figure.25 :	Evolution du site d'El Djamila entre 1999 et 2006.....	42

Figure.26 :	Différentes stratégies de réponse à l'érosion côtière.....	44
Figure.27 :	Modification de profil de plage due a une digue flottante immergée.....	46
Figure.28 :	Profil du remblayage d'une plage.....	48
Figure.29 :	Redistribution naturelle sous l'action des vagues d'une plage remblayé.....	49
Figure.30 :	Coupe transversale d'un système de stabilité de plage.....	50

LISTE DES TABLEAUX

Tableau .1 :	Températures mensuelles moyennes de la baie de Bou Ismail pour la période 1976 – 2005.....	7
Tableau .2 :	Fréquence d'apparition de la houle toutes amplitudes confondues.....	7

LISTE DES PHOTOS

Photo.1 :	l'érosion de la plage Est de la jetée militaire.....	33
Photo.2 :	Vue satellitaire de la plage de la thalassothérapie.....	33
Photo.3 :	Positionnement d'un géotube en mer.....	47

LISTE DES ACRONYMES

ANAT: Agence National d'Aménagement du Territoire.
APPL: Agence de Protection des Promotions Littorales.
CNERU : Centre National d'Etude et Recherche en Urbanisme.
DIM : Direction des Infrastructures Maritimes.
DTP : Direction des Travaux Public.
LCHF : Laboratoire Central d'Hydraulique Français.
ONM : Office National de Météorologie.
USNWC: US National Weather Command.

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

Les milieux côtiers sont situés à la frontière du continent et de la mer. Entre des domaines que tout oppose, ils forment une interface particulière qui reste encore mal connue à l'heure actuelle. Ainsi, les processus dynamiques, les constituants du milieu et leurs relations n'ont jamais été intégralement analysés. En fait, il semble que l'étude du littoral constitue un sujet inépuisable tant les côtes sont diversifiées autour de la planète et variables dans le temps.

La compréhension de ces milieux représente donc un vaste domaine d'investigation pour la recherche fondamentale et les sciences naturelles.

Il faut également constater que la zone côtière est un espace d'activités privilégié pour les hommes. On y trouve une grande concentration d'habitations, de plus, la pêche, le tourisme et les activités portuaires sont des domaines économiques majeurs. La zone côtière est donc considérée comme très attractive, mais elle est aussi particulièrement dangereuse. En effet, les évolutions spectaculaires, l'impact des tempêtes et de l'érosion à long terme menacent parfois les activités humaines. Ces risques et surtout la méconnaissance du milieu naturel entraînent légitimement un sentiment de méfiance ou de peur. Malheureusement, les réactions humaines sont trop souvent mal adaptées, très coûteuses et parfois destructrices pour l'environnement.

De nos jours, les littoraux, et les plages en particulier, reculent. Entre les pressions économiques et environnementales, la préservation des milieux côtiers est devenue un enjeu essentiel de ces prochaines années. Il faut pour cela avoir une meilleure compréhension des processus naturels.

En effet la présence d'ouvrages maritimes en dur (jetées, cordons d'enrochement) a au fil des années une influence négative sur l'environnement : en plus de la "pollution visuelle", ces ouvrages ne font que déplacer les problèmes d'érosion de quelques centaines de mètres. Un exemple classique est celui des digues ou des enrochements parallèles à la cote (qui provoquent généralement la formation d'un tombolo) et qui bloquent la dérive littorale et induisent ainsi un déficit d'apport en sédiments en aval de l'ouvrage et donc une érosion locale. Cette érosion locale peut également être observée en l'absence d'ouvrages en dur.

Dans ce présent travail, on a choisit la baie de Bou Ismail, qui est une zone riche avec ses potentiels naturels, où l'intervention de l'homme sur le milieu littoral est très remarquable, nous avons recensé un nombre d'ouvrages côtiers très considérable, entre ouvrages de protection et infrastructures portuaires. Comme on a évalué leurs différents impacts et les modifications qui sont intervenues sur le système littoral.

Pour remédier à ces dommages, on a préconisé quelques propositions d'aménagement sur le milieu marin moins coûteuses, soit par des rechargements artificiels des plages en agrégats, soit par des méthodes de protection dites nouvelles. Ces méthodes consistent à développer des ouvrages qui s'adaptent avec les variabilités du milieu littoral, ou à utiliser des matériaux géotextiles.

**PREMIER
CHAPITRE**

I. INVENTAIRE DE LA BAIES DE BOU ISMAIL

I. 1. Situation géographique

La baie de Bou Ismail (ex-Castiglione) se situe à l'Ouest d'Alger dans la wilaya de Tipaza entre 2° 20' E et 2° 55'E. Elle est délimitée à l'Ouest par le cap du mont Chenoua et Ras Accrata à l'Est (dans la baie d'El Djamil). Elle s'étend du mont Chenoua à l'Ouest à Ras Caxine à l'Est, couvrant une superficie de 350Km². L'ouverture de la baie est de l'ordre de 40Km, elle est orientée du sud Est au nord Ouest. (Fig.1)



Fig.1: Situation géographique de la baie de Bou Ismail (YAHOO. Maps)

I. 2. Morphologie sous-marine de la baie de Bou Ismail

Le plateau continental de la baie de Bou-Ismaïl présente une extension maximale de 11 km (il est très étroit à proximité des massifs : 4 km pour le Chenoua, moins de 2 km pour Bouzaréah). Il a une surface de 509 Km² et une largeur de 55 km. Sa longueur se rétrécit au niveau des caps (2km à 3km) et s'élargit au milieu de la baie (11Km en face du Mazafran).

La pente est douce et perturbée par quelques appointements rocheux localisés au large de Mazafran de Bou-Ismaïl.

Sa déclivité augmente après la première rupture de pente (- 120 m), marquant la limite de ce plateau, au delà la décroissance est également régulière mais avec une pente moyenne (plus de 1%). Une nouvelle ligne d'inflexion à - 400 m apparaît ; elle marque le début du talus continental en pente forte (10 %) menant aux plaines abyssales (- 2500 m) (Leclaire, 1972).

Leclaire (1972) a dressé une carte de la couverture sédimentaire de toute la baie de Bou-Ismaïl (Fig.2), il distingue ainsi trois zones d'affleurement rocheux difficilement chalutables, qui sont comme suit:

1. Le prolongement du massif de Chenoua, lequel rejoint la vallée sous-marine du Ras-Nador depuis la côte jusqu'à l'isobathe 180 m en direction Nord Nord-Est.
2. Entre Bouharoun et Douaouda Marine, depuis la côte jusqu'à l'isobathe 100 m
3. Depuis les fonds de 110 à 150 m au Nord de Bou-Ismaïl jusqu'à la hauteur de Sidi-Fredj.

Au niveau de la baie de Bou Ismail, le rebord du plateau continental débute à environ 100 m de profondeur, qui surplomb un large méplat une entaille dans la pente continentale, l'isobathe 400m est ainsi rejeté à 14 km du rivage dans le Nord – Est du massif du Chenoua.

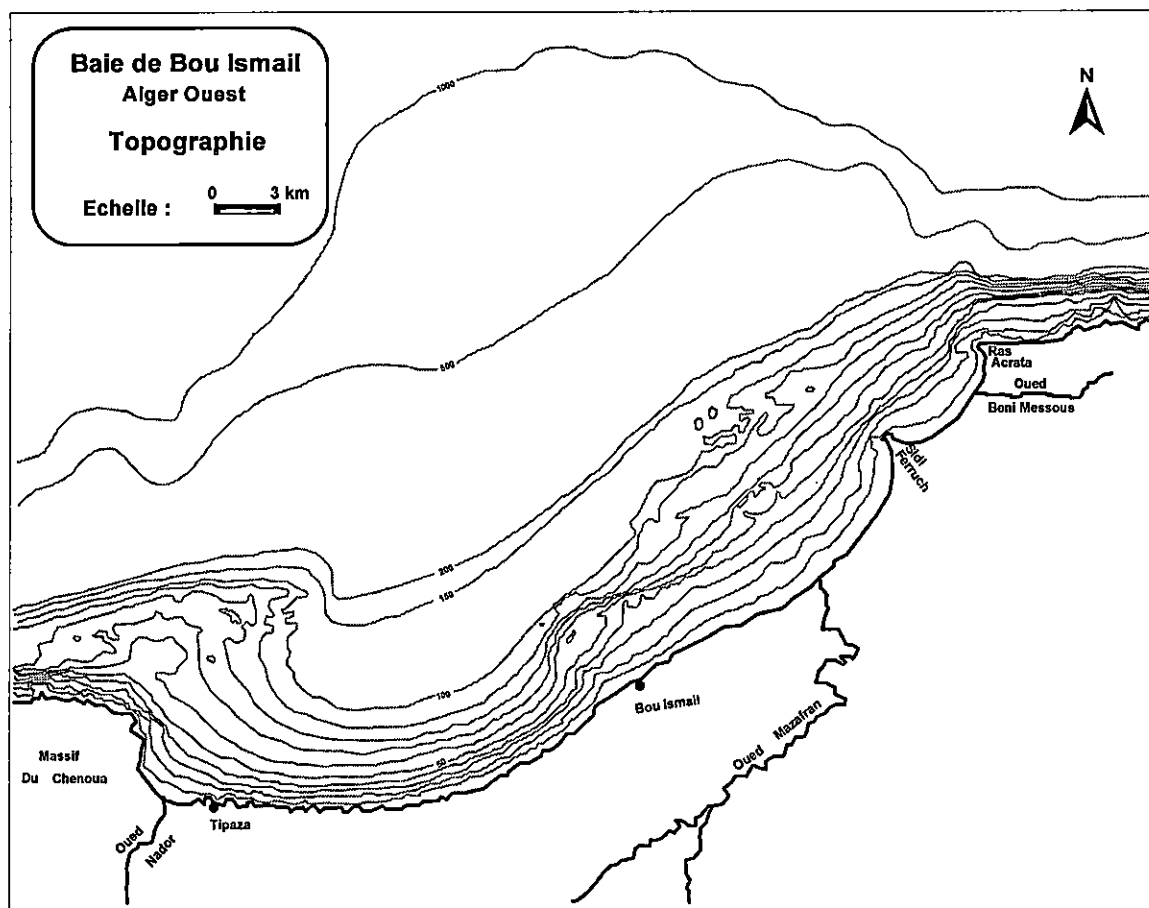


Fig.2: Topographie de la baie de Bou Ismail (Leclair, 1972).

I. 3. Sédimentologie de la baie de Bou Ismail

Vers l'embouchure de l'Oued Mazafran et jusqu'à une profondeur de 2,5m, on retrouve les sables grossiers. Au-delà de ce dépôt fluvio-marin et jusqu'à une profondeur de 10m à 15m, on retrouve les sables moyens, qui ne réapparaissent qu'au niveau de Khemisti sur une zone étroite continue jusqu'à Tipaza.

Une bande de sable fin apparaît au large de Sidi Fredj et à Palm Beach à moins de 2m de profondeur et tapisse le fond de 15m à 25m tout le long de la baie. Parallèlement à ce faciès, on retrouve les sables fins vaseux qui longent la côte entre 25m à 40m de profondeur.

Notons qu'au large de Sidi Fredj (2km à 3km), on retrouve un dépôt de sables moyens, graviers et mærl. (LEM, 1999)

L'analyse des sédiments de la baie de Bou Ismail a permis de mettre en évidence la grande diversité sur le plan sédimentaire des fonds de cette baie, neuf faciès identifiés : les sables fins, les sables fins envasés, les vases sableuses, les sables graveleux, les graviers envasés, les sables grossiers et fins graviers, les vases pures, le faciès rocheux (Fig.3). L'importance et la répartition de ces faciès ne sont pas identiques en tout point de la baie. Ainsi deux régions apparaissent : la région Est ou orientale et la région Ouest ou occidentale. Chaque région

apparaissent : la région Est ou orientale et la région Ouest ou occidentale. Chaque région présente des caractéristiques sédimentologiques propres, fait déjà signalée par Dagorne (1973). Les vases pures et les graviers envasés sont les faciès dominants de la baie de Bou Ismail. Les vases sont très développées dans la région Ouest et forment ainsi une importante vasière littorale, tandis que les graviers envasés le sont dans la région Est. Le faciès des sables grossiers et des fins graviers, le faciès des sables graveleux n'est présent que dans la région orientale; les sables graveleux se limitent au secteur oriental.

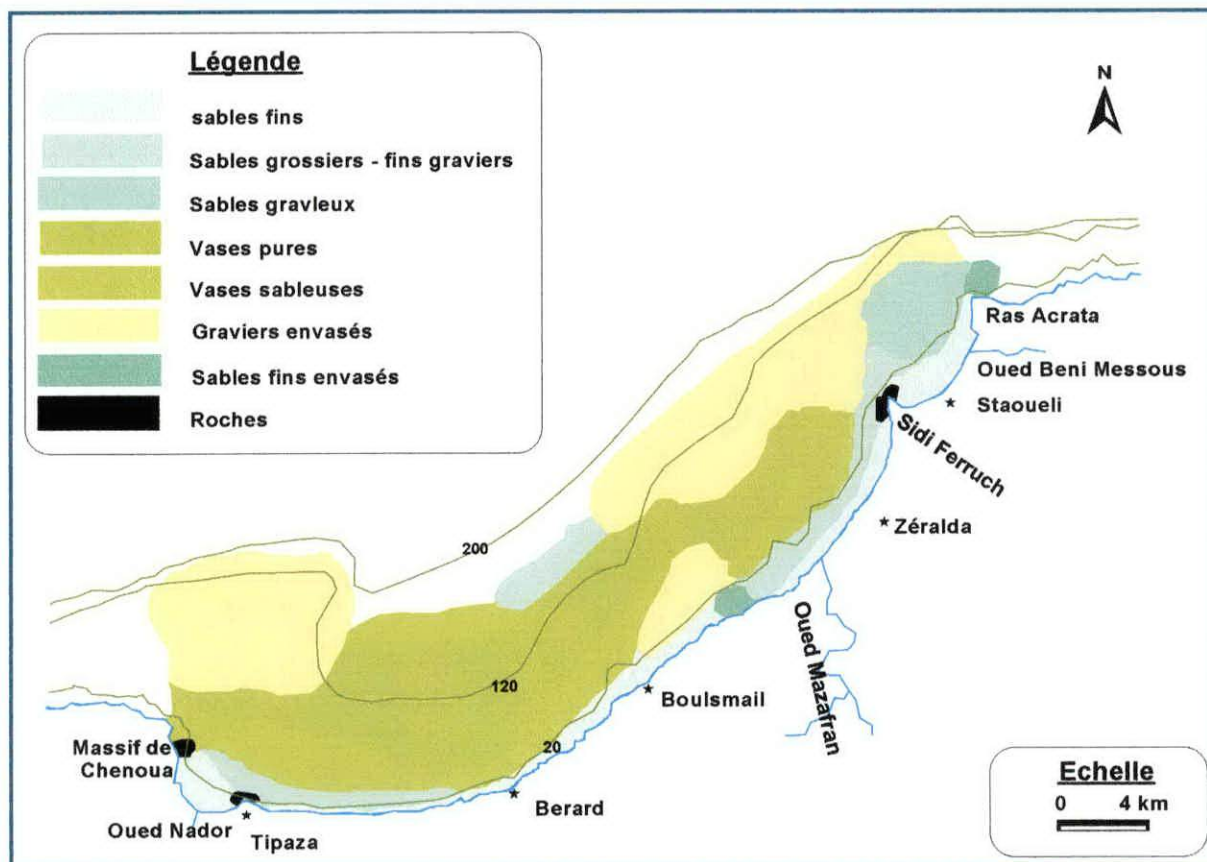


Fig.3: Sédimentologie de la baie de Bou Ismail (Pac, 2005)

I.4. Hydrodynamique

I. 4. 1. Réseau hydrographique

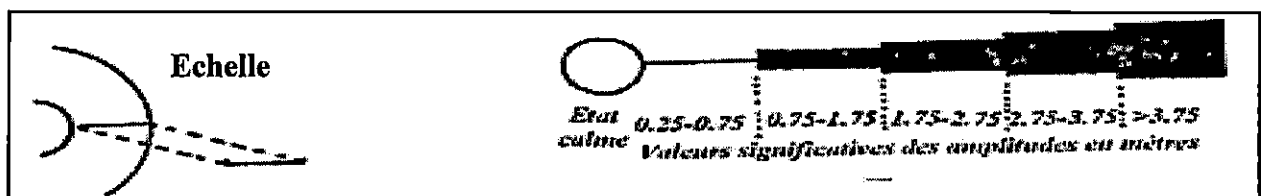
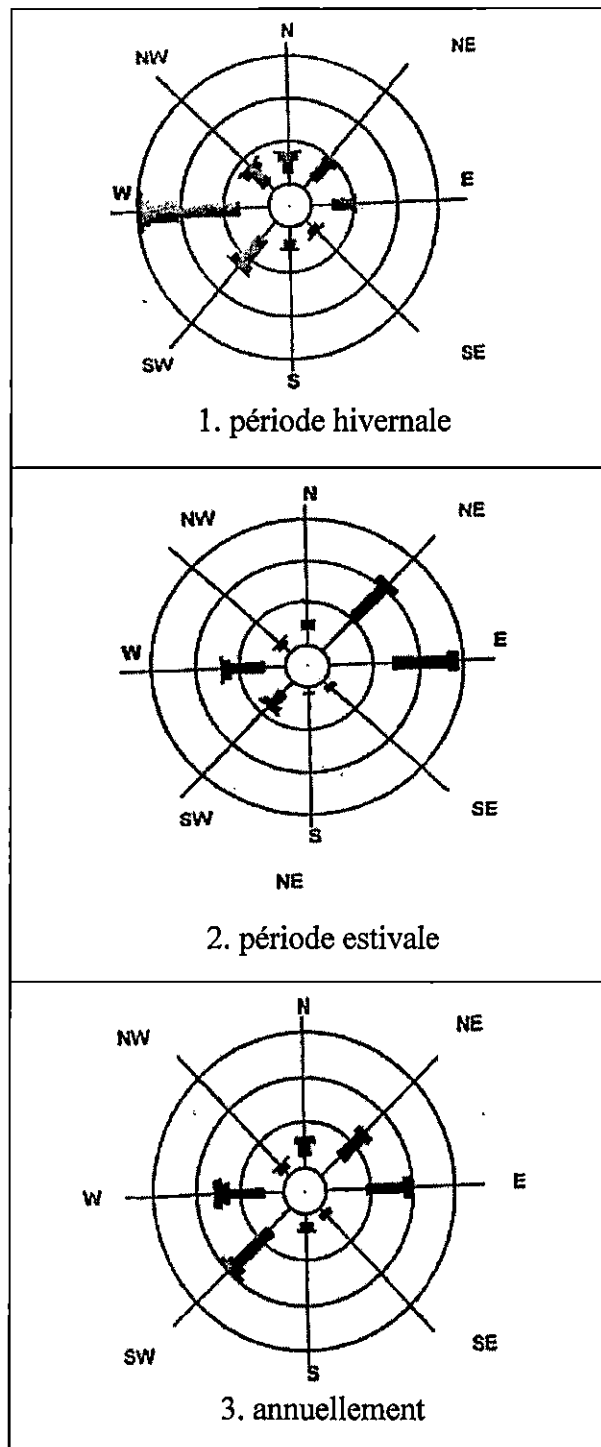
La baie de Bou-Ismaïl est le réceptacle d'oueds à régime irréguliers :

- **L'oued Mazafran** : est considéré comme étant le plus important des oueds qui débouchent dans la baie. Il est formé des oueds Chiffa, Djer et Bouroumi. Le régime hydrographique de cet oued est marqué par un long étiage de juin à début décembre avec des débits représentant 17.38% du débit liquide annuel. Entre décembre et avril, ces débits sont de 82.61%, débouchant au niveau d'une plage sablonneuse entre Douaouda et Zéralda.
- **L'oued Nador** : Présente un bassin versant d'une superficie de 200 et 300 Km², il regroupe les oueds Bou Yersen, Bou Haroun, et oued Merad. Son débit est de 0.89 m³/s débouchant entre Djbel Chenoua et Tipaza.
- **L'oued de Beni Messous** : est situé entre El Djamila et « Club des Pins », traversant la commune de Beni-Messous et Chéraga au Nord, de Bouzéréa au niveau d'une agglomération appelée « la Tribu » au Nord-Est. Dely Ibrahim à l'Est, Ain Benian à l'Ouest et débouche au niveau d'une plage appelée « les Dunes » qui fait partie de la baie de Sidi Fredj. Son débit est faible par rapport aux débits des oueds précédemment cité et estimé à 0.245 m³/s

I.4. 2. Données naturelles

a. Vents

Pour faciliter l'analyse des vents, les données sont traitées de tracés sous forme de rose des vents. (Fig.4)



Source : U.S Naval Weather Command pour la période de 1963 à 1970

Fig.4: Roses récapitulatives saisonnières et annuelles des fréquences d'apparition du vent. (L'US Naval Weather service, de 1963 à 1970)

b. Température

Sur le littoral, la température ne descend pratiquement jamais en dessous de 0°C et elle peut dépasser 40°C (en été). Les températures moyennes dans la région d'Alger varient entre 24°C pour les mois chauds de l'été (juillet, Août) à 12° pour les mois les plus froids (décembre à février).

Tableau n° 1 : Températures mensuelles moyennes de la baie de Bou Ismail pour la période 1976 – 2005

Mois		Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juillet	Août	Sep	Oct	Nov.	Des
T(C°)	Min	5.5	5.9	7.1	8.8	12.3	16.1	18.9	19.8	17.6	14.2	9.8	7.2
Moy.	Max	16.7	17.4	19.2	20.9	23.9	28.2	31.2	32.2	29.6	25.9	20.8	17.9

Source : ONM

c. Pluviométrie :

D'après des données de pluviométrie durant la période 1995 à 2004 fournies par l'office national de la météorologie (ONM), on peut déduire que la zone d'Alger est parmi les zones arrosées. Cette zone est sous mise à un climat méditerranéen connu par ces deux saisons bien distinctes :

- Une saison pluvieuse durant le mois d'Octobre jusqu'au mois d'Avril.
- Une saison sèche de Mai à Septembre avec des pluies très rares dues aux orages notamment en Août.

I. 4. 3. Facteurs hydrodynamiques

a. Houle

Les données de houles ont été reprises auprès de l'US Naval Weather service intitulé « Summary of Synoptique Meteorological Observation (SSMO) pour une période de huit ans (de 1963 à 1970), regroupant 45000 observations au large des côtes algériennes.

Tableau n° 2: Fréquence d'apparition de la houle toutes amplitudes confondues USNWC, 1963-1970. (US National Weather Command)

Mois	Directions			
	Nord	Nord-est	Nord-ouest	Ouest
Janvier	8.1	12.9	7.3	28.8
Février	8.8	10.3	5.6	35.6
Mars	11.3	12.6	9.2	30.5
Avril	11.7	15.4	10.2	26.7
Mai	8.2	26.3	6.2	13.9
Juin	9.2	29.1	4.2	16.4
Juillet	5.9	32.5	2	16.3
Aout	8.8	27.7	4.9	13.4
Septembre	6.7	26.4	2.5	14.8
Octobre	7.8	14.1	6.8	28.8
Novembre	5.5	5.8	9.4	40.4
Décembre	10.2	6.2	10	37.1
Annuel	8.50 %	18.30%	6.60%	25.10%

Source : LEM, 2002 d'après USNWC, 1963 – 1970.

b. 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.

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.

I. 5. Géomorphologie

I. 5.1. Le massif d'Alger

Il s'étend sur une longueur de 20 km suivant en axe Est-Ouest et sa largeur maximale est de 6 km, il est orienté vers le Nord.

Ce relief est constitué de roches cristallophylliennes (gneiss, micaschistes, schistes). Sa topographie est très accidentée et son sommet qui culmine à 407m constitue le point le plus haut de la région.

Les piémonts Nord et Est de ce massif formant la côte abrupte et déchiquetée est comprise entre Ain-Bénian et le port d'Alger. Ce massif côtier réapparaît à l'Est au cap de Tamanfoust.

I. 5. 2. Le Sahel d'Alger

Le Sahel d'Alger, anticlinal orienté E-O, a une largeur maximale de 6km et s'étend sur une longueur de 20km. Il comprend toute la zone située entre l'atlas au Sud et la mer Méditerranée au Nord et entre le mont de Chenoua à l'Ouest et le massif de Bouzeréa à l'Est.

Il représente tous les petits reliefs qui s'étendent entre le massif d'Alger au Nord et les rives gauches d'Oued El-Harrach au Sud et au Sud-Est et à droit de l'Oued Mazafran au Sud – Ouest, on y distingue (Fig.5):

a. La plaine de la Mitidja

Elle est allongée suivant un axe général Ouest-Sud-Ouest et Est-Nord-Est, limitée au Nord par le Sahel d'Alger et au Sud par l'Atlas de Blida. Cette plaine est couverte dépôts Quaternaires continentaux d'argile et de graviers altéré. Elle est parcourue par Oued El-Harrach et Oued El-Hmiz et par quelques uns de leurs affleurements.

b. Le cordon littoral dunaire

Il s'agit d'une petite barrière sablo-gréseuse allongée parallèlement au rivage et des développements entre la rive droite de Oued El-Harrach et Bordj-El-Bahri, bordant au Nord la petite des zones basses septentrionales de la Mitidja.

c. Le massif de Chenoua

Il culmine à 905 m d'altitude, témoin d'une activité tectonique ancienne qui se maintient une importance épaisseur du Lumachelle se démarque sur le versant oriental ((Behloul et Benyahia, 2001 *in Saoudi, 1982*)

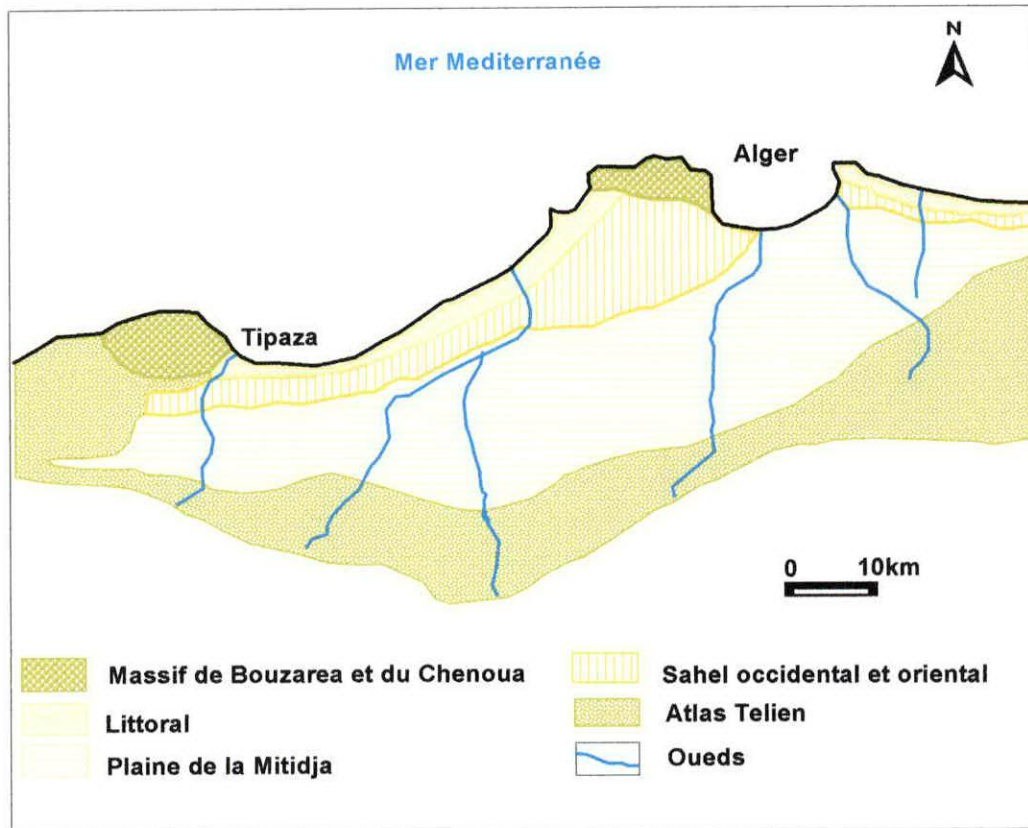


Fig.5: Carte géomorphologique de la baie de Bou Ismail (LEM, 1999)

I. 6. Géologie

I. 6. 1. Géologie régionale

Les terrasses marines pléistocènes dans le Sahel accusent de l'Ouest vers l'Est une importante variabilité altitudinale, ce qui rend ce critère fondamental pour une individualisation stratigraphique.

Le Tyrrhénien correspond dans le Sahel à une lumachelle à pétoncle, il garde le long de littoral une grande homogénéité de faciès et de puissance (50cm à 2m d'épaisseur), il est en contact anormale sur les marnes bleues et grès du pliocène pour la raison que les formations calabriennes et siciliennes ont été soulevées.

La série lithologique synthétique établit par (Betrouni, 1983), correspond de haut en bas à (Fig.6) :

- Grès dunaires supérieurs.
- Limons rouges supérieurs.
- Grès dunaires moyens.
- Grès dunaires intermédiaires.
- Lumachelle à pétoncles rubéfiés.
- Grès dunaires inférieurs.
- Poudingue et grès coquilliers inférieurs.
- Substratum pliocène.

Nous sommes donc en présence d'un littoral dont les couches ne résistent pas souvent à l'impact des houles

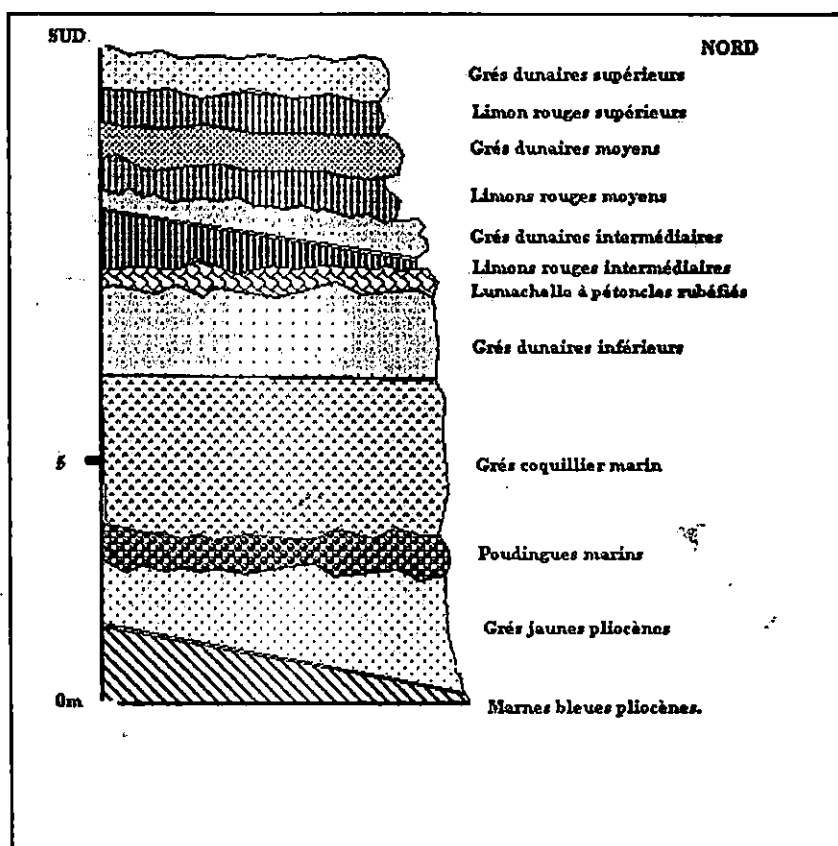


Fig.6: Coupe stratigraphique synthétique du tyrrhénien dans la baie de Bou Ismail (Betrouni, 1983).

II. LES OUVRAGES COTIERS

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

Dans cette partie, on a présenté les ouvrages de défense contre les effets de la mer (épis et brise-lames) et les ports.

II. 1. Les épis

II. 1. 1. Définition

Au XVIII^e siècle, on les a nommé « éperons », et par la suite le nom « épis » s'est imposé. (Miossec, 2004)

Les épis sont des ouvrages de défense transversaux enracinés au trait de côte. Ils constituent des obstacles, pour la dérive littorale qui se trouve freinée, généralement perpendiculaires au rivage, parfois oblique dont l'incidence des houles dominantes est forte (Paskoff, 1993).

Ces ouvrages sont des pièges à sable. En bord de mer, il s'agit de placer un épi en travers d'un courant pour obliger sa charge à se déposer.

L'épi n'a de valeur que dans le cas où existe une dérive littorale suffisante et assez alimentée en sable. Il crée une accumulation de sable du côté exposé au courant et une érosion du côté protégé.

II. 1. 2. Rôle

Leur rôle est de :

- Piéger des sédiments en transit sédimentaire.
- Réduire les pertes de sédiments
- Elargir le segment de plage du côté protégé.
- Protéger la côte contre l'érosion en retenant les sédiments.

Pour surélever et élargir une plage en cours de démaigrissement, il est nécessaire d'aménager une série d'épis échelonnés.

Les épis n'ont pas pour mission d'arrêter totalement le transport longitudinal, mais de retenir, quelles que soient les irrégularités de ce transport, un matelas de matériaux suffisant pour protéger la haute plage et éviter que les matériaux de la zone protégée participent au transit littoral.

II. 1. 3. Mise en place

a. Dimensionnement

Les dimensions de ce type d'ouvrage varient avec les conditions hydrodynamiques et sédimentaires locales ainsi que la bathymétrie. Leur construction est plus un art qu'une science car elle relève avant tout de règles empiriques, d'où des échecs dans les résultats obtenus.

- **La longueur**

La longueur d'un épi devrait logiquement être telle que l'ouvrage barre la zone où des transports importants de matériaux se produisent, c'est-à-dire jusqu'à la ligne de déferlement de la houle à basse mer.

Sur les plages de sable à pente douce, les épis sont plus longs que sur les grèves où les galets se déplacent pour l'essentiel dans la zone du jet de rive, là où les vagues viennent sur l'estran, ils sont plus courts.

- **La hauteur**

La hauteur est plus grande sur les plages de galets que sur celles de sable

b. Espacement

L'espacement entre les épis représente un paramètre important. S'ils sont très rapprochés, le matériel transporté par la dérive littorale risque d'être dévié vers le large et donc être perdu pour le prisme sédimentaire côtier, s'ils sont trop écartés, ils peuvent être déchaussés. D'une façon générale, l'espacement doit être d'autant plus réduit que les houles sont plus frontales et plus puissantes dans la pratique, l'écartement adopté correspond souvent à une distance égale à une fois et demie la longueur des épis (Paskoff, 1993)

c. Orientation

L'orientation dépend de l'incidence de la houle :

- Pour une faible incidence (inférieur à 15°), l'épi doit être perpendiculaire au rivage.
- Pour une plus forte incidence, l'épi doit être légèrement incliné (70 à 80°)

Lorsqu'il existe un sens privilégié de transport littoral, c'est-à-dire une provenance prédominante des houles, les épis doivent être dirigés vers cette provenance.

d. Champs d'épis :

L'implantation d'un champ d'épis a, de manière générale, pour but de limiter le transport sédimentaire et donc de maintenir en place une plage. Il arrive parfois qu'il soit trop tard pour mettre en place un tel dispositif, on a alors recours aux plages artificielles. Lorsque l'accumulation devient trop importante, le sable peut cependant passer par-dessus l'épi, subir l'érosion, s'accumuler sur l'épi suivant, etc Un champ d'épis ne va donc pas empêcher la plage de se déplacer, mais va retarder fortement ce déplacement.

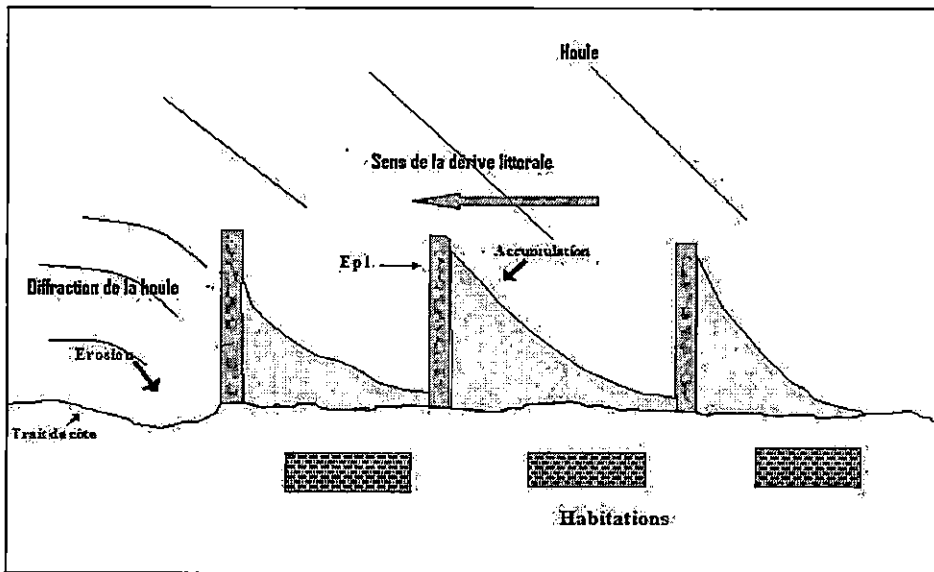


Fig.7: Fonctionnement d'un champ d'épis

II. 1. 4. Avantages

L'épi présente un seul avantage : en bloquant le transit du sable, il engraisse la plage et met ainsi le trait de côte en arrière qui est ainsi plus souvent éloigné du déferlement des vagues.

II. 1. 5. Inconvénients

Les épis ont cependant des effets induits : en bloquant les sables à l'amont de l'ouvrage ; ils provoquent inévitablement une érosion à l'aval, d'autant que l'épi provoque une diffraction de la houle et aggrave alors l'impact des vagues en arrière.

II. 2. Les brise-lames

II. 2. 1. Définition

Les brise-lames sont des ouvrages longitudinaux mis en place sur les petits fonds, donc en avant de la côte, et disposés plus ou moins parallèlement à son tracé (Paskoff, 1993). En général, ils ne sont réalisables que sur des côtes où le marnage est faible.

II. 2. 2. Rôle

Leur rôle est de :

- Casser les vagues avant qu'elles n'atteignent l'estran qui ne subit plus l'impact direct du déferlement lors des tempêtes.
- Permet à la plage de s'allonger tout en empêchant les sables de se diriger vers le large.
- Limiter l'érosion.

II. 2. 3. Mise en place

a. Dimensionnement

S'ils sont trop éloignés du rivage, ils provoquent :

- Une agitation entretenue entre rivage et l'ouvrage

- Un manque d'efficacité de l'ouvrage
- Un effet de retour des vagues

S'ils sont trop rapprochés, ils provoquent une zone à l'abri réduite.

Lorsqu'ils sont hauts, ils bouchent la vue de la mer. Des ouvrages trop bas n'auraient qu'une efficacité limitée lors des pleines mers au moment des tempêtes.

b. Espacement

Pour éviter l'érosion entre deux brise-lames successifs, il faudrait un espacement « E » tel que :

$$E = 0.83 (1.2 + 1/2 L)$$

L : longueur des brise-lames

II. 2. 4. Types

Il existe plusieurs types de brise-lames :

- Les brise-lames à talus en enrochement avec carapace de protection en roche et en béton,
- Les brise-lames à faible crête,
- Les brise-lames à caisson,
- Les brise-lames mixtes,
- Les brise-lames flottants,
- Les brise-lames submergés.

II. 2. 5. Avantages

Les brise-lames présentent l'avantage de :

- Casser l'énergie de la mer en avant de la ligne de rivage (dans les mers à faible marnage)
- Formation des tombolos

II. 2. 6. Inconvénients

L'inconvénient des brise-lames est qu'ils accroissent la sédimentation dans la zone amont qu'ils créent, et provoquent dans le secteur immédiatement adjacent à l'aval, dans le sens de la dérive littorale dominante, un déficit en matériaux qui induit ou accentue des phénomènes d'érosion (Paskoff, 1993). Comme ils favorisent un recul du rivage entre deux ouvrages voisins, contre lesquels il faudra bientôt lutter si des aménagements sont menacés. Ils constituent une zone calme semi fermée favorisant la prolifération des bactéries. (Fig.8)

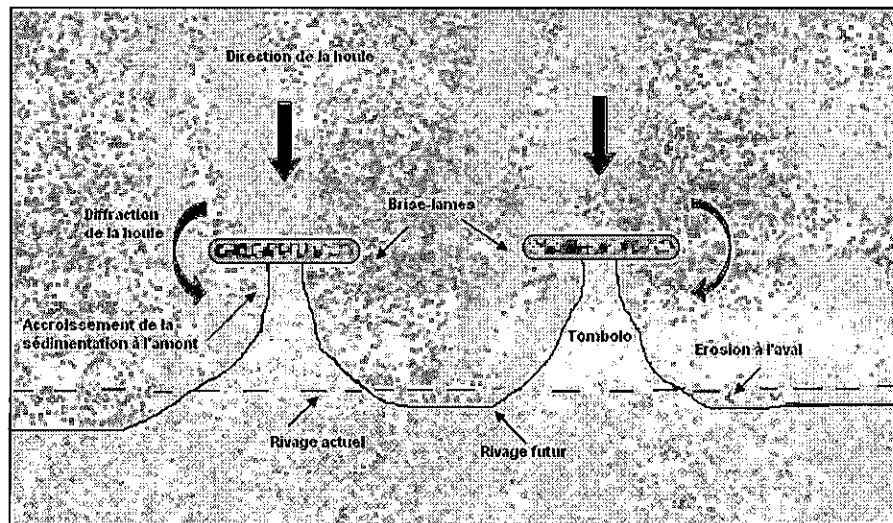


Fig.8: Fonctionnement des brise-lames

II. 3. Les ports

II. 3. 1. Définition et fonctions des ports

Pour le grand public, les ports ne représentent qu'un point sur les cartes. Ils comptent parmi les plus grands pôles économiques d'un pays, par les emplois qu'ils créent et la valeur ajoutée qu'ils apportent. Ils sont destinés à abriter et accueillir les navires de l'action de la houle.

Un port sera protégé par une ou plusieurs digues ou môles. Il pourra être composé de plusieurs darses, bassins, de cales sèches ou flottantes. Le port lui-même est aménagé avec des jetées, des quais et doit être relié à d'autres moyens de transport (routier, ferroviaire...).

Un port peut remplir plusieurs fonctions (Fig.9) :

a. Sur le plan économique

Au point de vue économique, un port est un établissement destiné à la réception des navires en vue d'assurer la continuité des transports entre les voies terrestres et maritimes.

b. Sur le plan physique

Le port doit permettre aux navires de stationner à l'abri de la houle et du vent pour :

- Effectuer leur opération du transit (chargement, déchargement, embarquement, débarquement.) ;
- Effectuer leur avitaillement (eau, combustibles)
- Assurer leur entretien et leur réparation ;
- Etre construits ou démolis ;

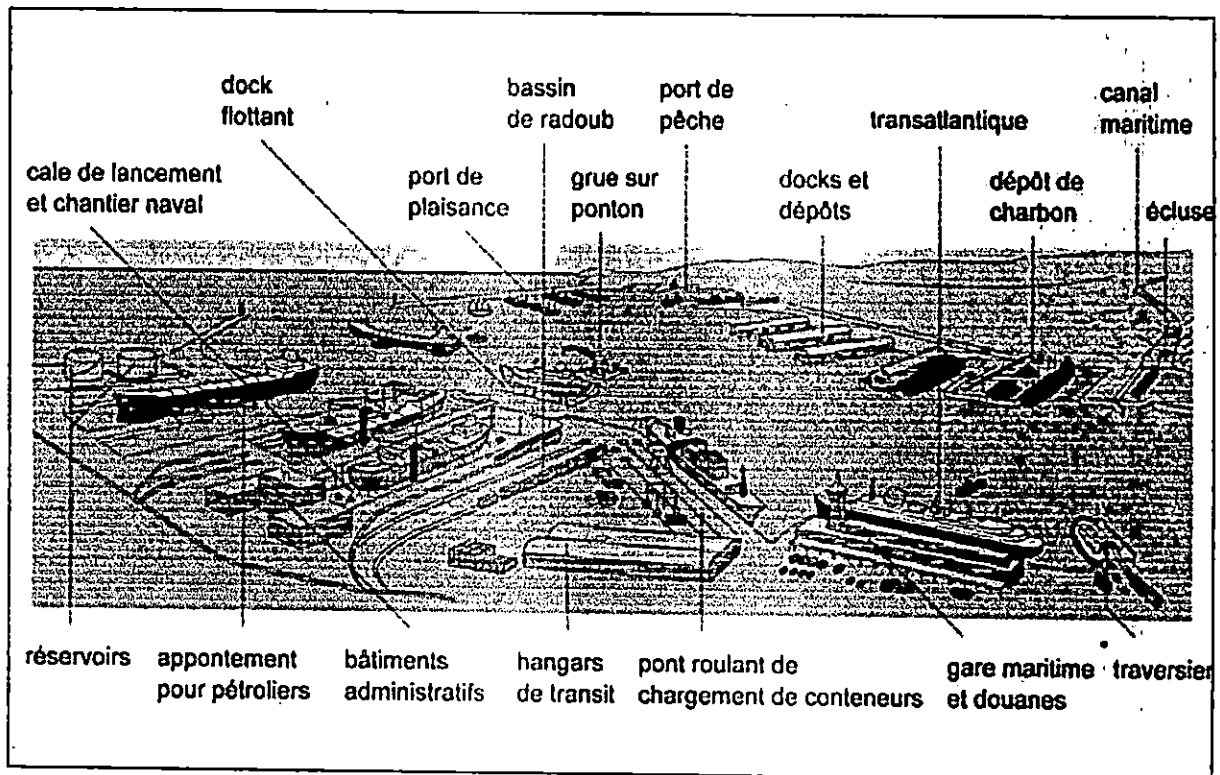


Fig.9: Schéma général d'un port.

II. 3. 4. Le dragage portuaire

II. 3. 4. 1. Définition

On appelle **dragage** l'opération qui consiste à prélever des matériaux du fond de la mer, soit pour les exploiter (granulats marins), soit pour réaliser des travaux de génie portuaire (creusement de bassins ou de chenaux, ou entretien pour les débarrasser des sédiments souvent pollués qui se sont amassés et en diminuant le fond). C'est un terrassement exécuté sous l'eau au moyen d'un engin (drague).

II. 3. 4. 2. But

Le dragage a pour but

- La création des plans d'eau ;
- L'entretien ou l'amélioration des bassins et chenaux portuaires.

II. 3. 4. 3. Les phases du dragage

Le dragage comprend trois phases classiques :

1. l'extraction du déblai ;
2. le transport ;
3. la mise en dépôt.

DEUXIEME

CHAPITRE

Le mouvement ondulatoire venant de la mer renferme une énergie considérable que lors sa dissipation brutale façonne les côtes de manière à changer leur morphogénèse ce qui conduit à une perturbation au niveau des côtes. Ce phénomène est bien visible dans la baie de Bou Ismail qui est considérée comme l'une des plus grandes baie de la côte algérienne. Elle renferme 5 ports de pêche et de plaisance (Tipaza, Bou Haroun, Khemisti, Sidi Fredj, El Djamila), et par des ouvrages de défense contre la mer à Bou Ismail (front de mer), Zéralda et à Sidi Fredj.

Pour défendre le rivage de la baie de Bou Ismail contre la mer, des ouvrages dits « lourds » sont édifiés dans les zones les plus touchées par l'érosion marines (plages, constructions...). Mais ces ouvrages en plus d'exiger des réparations, génèrent une érosion souvent plus importante dans les secteurs adjacents et perturbent le transit sédimentaire à l'échelle régionale.

Les ouvrages de types épi (ouvrages transversaux) réduisent les volumes de sable transportés parallèlement à la côte. Les sédiments ne s'accumulent que sur leur face exposée, alors que leur face protégée -privé de sédiments- se creuse progressivement. (Fig.10).

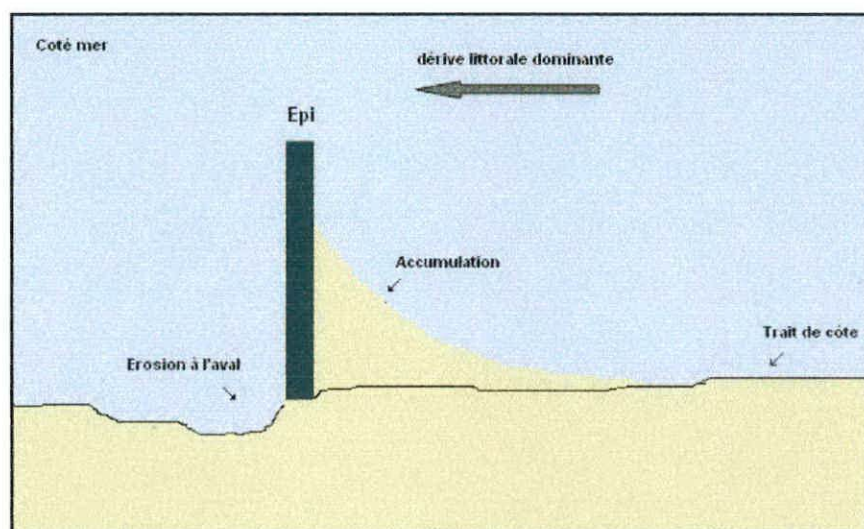


Fig.10: L'impact d'un épi sur le littoral

Les ouvrages de type brise-lames (ouvrages longitudinaux) permettant à la plage de s'allonger tout en empêchant les sables de se diriger vers le large. Entre ces protections, le rivage sera plus en retrait. Lorsque la houle arrive sur le brise-lame, elle le contourne, épargnant ainsi une partie du rivage. Ceux-ci peuvent être associés à des épis pour former des structures en T comme c'est le cas de la plage de Moritti et celle de Zéralda. Ces ouvrages reviennent plus chers que les autres ouvrages de défense. (Fig.11).

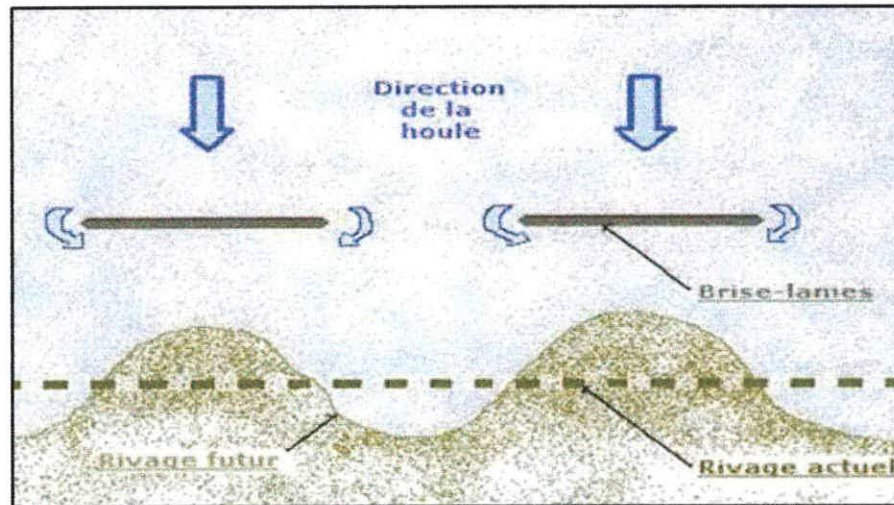


Fig.11: L'impact des brise-lames sur le rivage

Les répercussions de la dénaturalisation du littoral par la mise en place d'infrastructures portuaires telles que les quais et les jetées provoquant une artificialisation du site. Les conséquences de leur disparition ou leur démolition peuvent l'être tout autant (comme le cas des travaux de démolition des jetées au niveau du port de Tipaza).

Les infrastructures portuaires et les équipements accompagnateurs du port vont opérer un grand changement au niveau du site qui se traduit par :

- La perturbation de la dynamique littorale, comme il empêche de maintenir en place d'autres activités économiques.
- Suppression des petites plages aux profits des terre-pleins.
- La dégradation de certains biotopes par l'augmentation de la fréquentation humaine (période estivale).
- Disparition des peuplements animaux et végétaux sur le site d'implantation.
- La pollution des eaux par la diffusion des polluants à l'extérieur du port, entraînant une perturbation des peuplements marins.
- Pollution chimique due à la navigation et à l'entretien des embarcations.
- Modification du paysage et dénaturalisation du site.

L'installation portuaire peut influencer positivement sur le plan socio économiques par :

- Le développement du tourisme et la mise en valeur de la région (hôtels, restaurants...).
- Evolution de l'urbanisation du site.
- L'exploitation halieutique et les activités de pêche de la région (port de Bou Haroun et de Tipaza).
- Développement des activités de plaisance et de loisir (port de Sidi Fredj).

I. Tipaza

Tipaza est une ville côtière située, au pied du mont de Chenoua, à l'extrémité des collines du Sahel, à 68km à l'Ouest d'Alger. C'est une ville qui a le charme que confère la proximité de la montagne et de la mer.

Elle présente une façade littorale qui s'étend sur un linéaire de plus de 33,83km, alors que le linéaire côtier artificialisé représente 25,07% du linéaire côtier total soit 8,48km. La côte s'étend sur près de 26,56Km.

I. 1. Le port de Tipaza

Le port de Tipaza est situé à 75km à l'ouest d'Alger. Il est limité au Sud et à l'Est par les collines du Sahel, tandis qu'à l'Ouest le massif de Chenoua et la pointe du phare le délimite.

Sa situation géographique est:

- Longitude : 2°42'E.
- Latitude : 36° 38'N.

Ce port de par son orientation vers le Nord est exposé aux houles du Nord et du Nord-Est, les houles venant de cette dernière direction sont atténuées quelques peu par la présence d'un îlot.

I. 1. 1. Etat du port

a. Etat de l'ancien port

Le port de Tipaza est délimité par une jetée principale (60ml), une jetée secondaire (100ml), un quai et un bassin de pêche. (Fig.12).

Concernant la bathymétrie du port, les profondeurs au niveau des deux bassins ne sont pas très importantes, elles sont inférieures à 3m. Dans la passe d'entrée, la profondeur varie entre 7 et 8m.

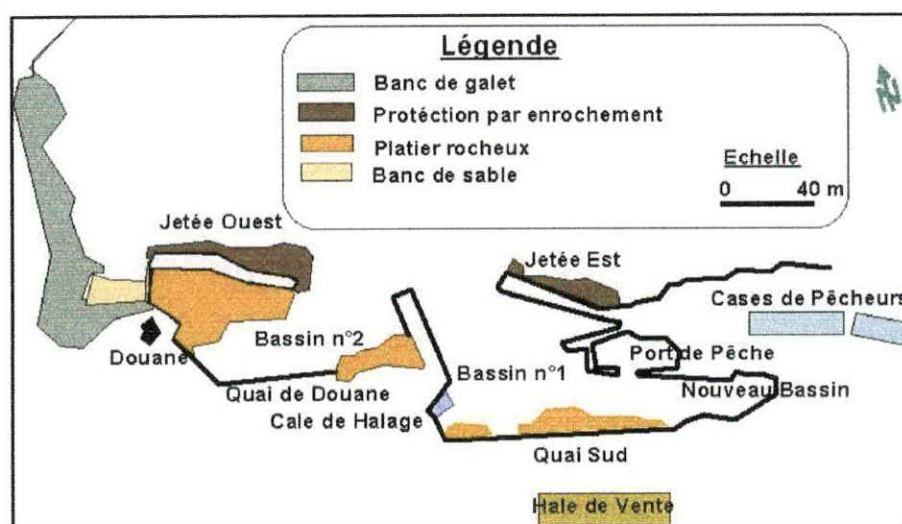


Fig.12. Schéma général de l'ancien port de Tipaza (DTP, 2007)

b. Problèmes du port

Cette partie est traitée à partir des documents fournis par le laboratoire d'étude maritime (L.E.M), le constat de l'action destructrice de la mer sur le port de Tipaza évoque la dégradation des jetées, les affouillements, formation des cavernes, érosion et affaissement des terrains, en plus des différents problèmes que connaît le port on peut citer :

- La passe d'entrée du bassin 1 est très ouverte, ceci provoque une grande agitation à l'intérieur du bassin.
- L'absence des quais d'accostage.
- Le quai Sud est très haut et on note la présence de substratum rocheux qui ne permet pas l'accostage.
- La présence des rejets d'eaux usées.
- L'absence de l'entretien et de maintenance au niveau des cases de pêcheurs.
- Diminution de profondeur dans les deux bassins.

c. Les travaux de réaménagement du port

Malgré sa grande superficie, le port de Tipaza n'est constitué que de deux grandes bassins, mais actuellement, il n'est qu'un abri de quelques petits métiers. De ce fait, des travaux de réaménagements ont été effectués dans le but d'agrandir les deux bassins. Ces travaux ont débuté le mois de Mai 2007, projet qui fait partie du schéma directeur des infrastructures portuaires et c'est la société espagnole (Abrantina s.a) qui les a pris en charge.

Afin d'agrandir le bassin de pêche l'opération de déroctage consistant à détruire le massif rocheux sous le quai de la douane (pour installer une cale de halage), positionner ces gravats rocheux tout le long du mur de soutènement. Ces roches contribuent à la protection du port des vagues déferlantes de grandes amplitudes au niveau des deux bassins, sans par ailleurs changer l'esthétique du port. Pour le bassin de plaisance, l'ancienne jetée Est sera démolie ainsi que les quais constituant l'ancien bassin de pêche. (DTP de Tipaza, 2007)

d. Les caractéristiques du projet (DTP de Tipaza, 2007) (Fig.13).

▪ Bassin de pêche

- Superficie de 9443.5 m².
- Jetée principale (Est) 235ml (existant 60ml).
- Ouvrages d'accostages 185ml (existant 70ml).
 - Trois quais implantés horizontalement pour délimiter le bassin de pêche.
 - Deux quais à l'intérieur du port, de longueur de 32.5 m et de largeur de 20 m, pour accoster les chalutiers.
- Surface de plan d'eau 16500m²(existant 1000m²).

- Surface de terre pleine 12000m² (existant 900m²).
- Cale de halage 350m².
- Capacité d'accueil 20 unités (6 unités).
- Production halieutique 400T (42T).
- **Bassin de plaisance**
 - Superficie de 16789 m².
 - Jetée secondaire (Ouest) 145ml. (existant 100ml).
 - Trois quais : un horizontal, un vertical et un Nord.
 - Ouvrage d'accostage 225ml.
 - Surface du plan d'eau 5500m.
 - Surface de terre plein 6000m.
 - Capacité d'accueil 70 unités.

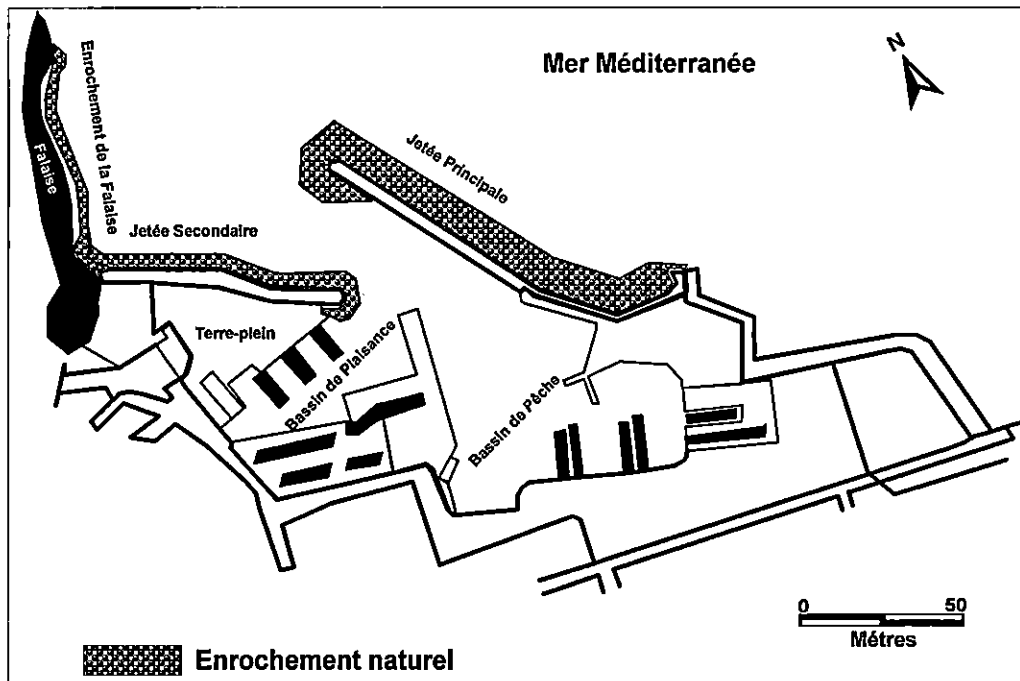


Fig.13: Schéma général du nouveau port de Tipaza. (DTP de Tipaza, 2007)

e. Travaux de dragage du port de Tipaza

Le port a été dragué en 2002 pour les deux bassins. Les côtes à draguer sont : la passe d'entrée (-5.5m), le premier bassin (-5m) et le deuxième bassin (-4m). Le volume total dragué est de 57 860m³, les produits dragués sont de nature vaseuse avec un taux trop élevé en polluants. Ils ne sont pas utilisables que dans des domaines très limités à cause de leur nature. (Moussouni, 2003).

Lors des travaux de réaménagement du port, les produits du dragage et du déroctage des deux bassins du port sont estimés de 30000m³, (DTP, 2007).

II. Bou Haroun

La commune de Bou Haroun est une ville portuaire, elle se situe sur le versant Nord du Sahel, au bord de la mer méditerranée à environ 45Km à l'Ouest d'Alger. Elle est limitée par :

- La commune de Khemisti à l'est.
- La commune d'Ain Tagourait à l'ouest.
- Hatatba au Sud.

Le domaine littoral s'étend sur une superficie de 731 ha appartenant au domaine littoral soit 75,52% de la surface communale, alors que la façade littorale s'étend sur un linéaire de plus de 5,45km. Le linéaire côtier artificialisé représente 31,19% du linéaire côtier total de la commune de Bou Haroun soit 1,7km.

La commune est dotée d'un port de pêche, qui joue un rôle dans le développement économique par l'exploitation des richesses de la mer.

II.1. Le port de Bou Haroun

Le port de Bou Haroun est situé à 40km à l'Ouest d'Alger au centre de la baie de Bou Ismail, orienté Nord-est Sud-ouest, et ne possédant aucun abri naturel. Il a une superficie totale 30.000m². Ces coordonnées géographiques sont les suivantes :

- Longitude Est : 02°39'35''.
- Longitude Nord : 36°37'55''.

Il est classé comme le premier port de pêche dans la région du centre et le deuxième après celui de Beni Saf.

Le port de pêche de Bou Haroun existait déjà pendant la période coloniale comme abri aux petites embarcations de pêche, aux sardinières et petits chalutiers.

En 1947 ce port était constitué d'un plan d'eau d'environ 2,8ha, limité par deux jetées convergentes et bordé à sa partie Sud par une plage sableuse.

Le port a été reconstruit en 1974. Les travaux se sont poursuivis par l'aménagement de terre plein (0.6 Ha environ) en 1960 à l'ouest du port, protégé par des enrochements qui ont été consolidés après la tempête de 1967.

En 1976 le port a connu une extension par un allongement de la jetée Ouest, infléchi vers le Nord-est dans le but d'assurer un abri suffisant des plans d'eau, pour éviter une action directe des houles sur le fond du port, ainsi que la création d'un deuxième bassin à l'Est.

II.1.1. L'infrastructure du port (LEM, 2005).

Les différentes constitutions du port de Bou Haroun sont : (Fig.14).

- Plan d'eau : il représente le port proprement dit, avec une superficie de 29830m².
- 2 bassins d'une superficie totale 30.000m² :
 - Le bassin A (14500m²) est destiné uniquement aux chalutiers.
 - Le bassin B (15500m²) aux sardiniers et petits métiers.
- Jetée Ouest de 270m de longueur et de 1 à 8m de profondeur, protège le port contre les houles du Nord-est à Nord- Ouest.
- Jetée Nord de 375m de longueur et de 1 à 8m de profondeur, protège le port contre les houles du Nord-ouest à Nord-Est.
- 2 môles.
- 4 quais d'une longueur totale de 661ml.
 - Quai pour chalutiers de longueur 272 ml et de profondeur 3m.
 - Quai pour sardiniers de longueur 118 ml et de profondeur 3m.
 - Quai pour petits métiers de longueur 145 ml et de profondeur 2m.
 - Quai de débarquement de longueur 118 ml.
- Tirant d'eau : Variant entre 2 et 5m.
- Terre plein : 50715m².
- La passe d'entrée (orientée vers le Nord-est) :
 - Longueur de 70m.
 - Profondeur de 5.50m.

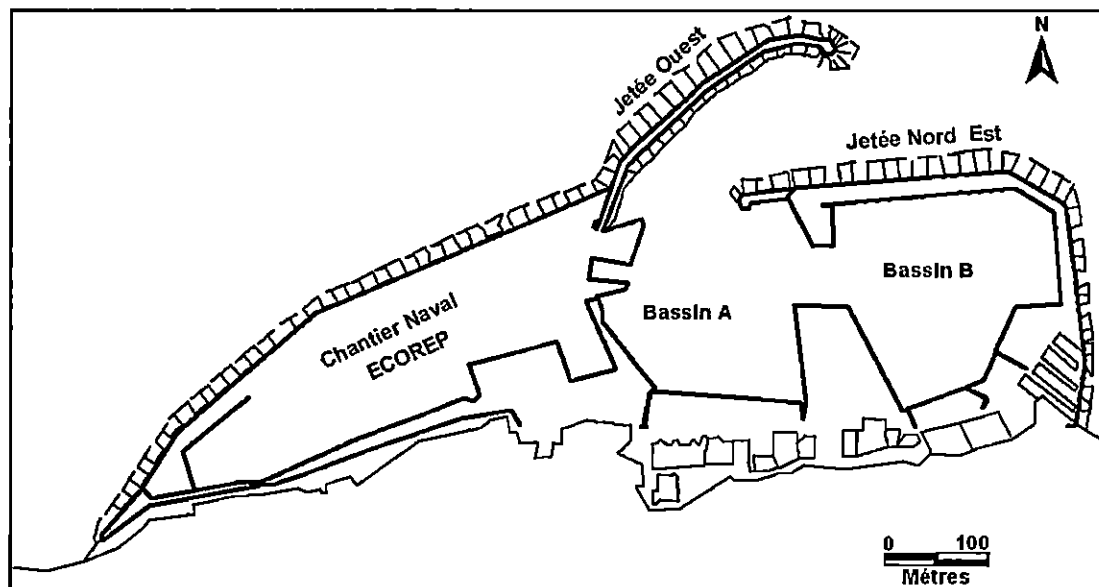


Fig.14 : Schéma général du port de Bou Haroun (DTP de Tipaza, 2007)

III.1.2. Etat du port de Bou Haroun

a. Le dragage du port

Dans le port de Bou Haroun, trois dragages ont été effectués entre 1979 et 1985, avec une quantité totale d'environ 200. 000m³ de sédiment excavés.

La dernière opération de dragage a été établie en 2003 annoncée officiellement par la direction des travaux publics (DTP) de la wilaya de Tipaza. Le volume de l'extraction des matériaux s'élève à 6500m³, sur un total de 35 000m³ prévus pour ce projet. Après l'accord donné par la direction de l'environnement, il a été convenu de jeter les 37 000m³ de matériaux à 5 milles marins au large du port de Bou Haroun.

Après les travaux de dragage, la profondeur des deux bassins du port atteindra 3,5m, tandis que celle du chenal et de la passe d'entrée avoisine les 5m.

II.2. Impact du port de Bou Haroun sur le littoral.

Le côté Est est à l'abri des houles du Nord Ouest alors l'ensemble du port constitue un obstacle atténuant l'énergie des houles ce qui rend cette zone bien protégée, alors on constate un phénomène d'érosion et avancée très lente du trait de côte, et ne présente aucun risque aux habitations situées le long du rivage.

Contrairement au côté Ouest exposé à l'attaque directe des houles dominantes du secteur Nord Ouest alors la houle tape très fort contre les blocs protégeant la jetée Ouest du port. Les habitations surplombantes cette zone est touchée par l'action des vagues ce qui a provoqué la démolition de quelques maisons, et cela malgré l'existence d'un platier rocheux d'une pente très douce qui atténue l'énergie des vagues.

Le port connaît un ensablement par des eaux fluviales durant la période des pluies, et eaux usées, ce qui fait diminuer la profondeur du plan d'eau des 2 bassins (difficulté de la circulation et de

déplacement) et celle de la passe d'entrée. De ce fait, le port a été dragué en 2003, le volume de sédiment à draguer est estimé de 35.000m^3 , le sédiment dragué était très pollué vu la qualité des eaux des bassins du port. Alors les conceptionneurs du projet étaient obligés de transporter le sédiment loin du site et de trouver une solution pour le site de rejet en effet ils ont pensé de recouvrir le sédiment par du sable pour éviter les nuisances d'odeur, qui peuvent toucher les régions avoisinantes du site de dépôt, le volume du sable nécessaire à ce recouvrement est estimé de 32.000m^3 .

La passe d'entrée est marquée par une forte agitation de la houle durant le mauvais temps, par conséquent les bateaux trouvent de grandes difficultés pour accéder à ce port. (D'après un témoignage d'un marin pêcheur, 2007).

Dans le port, la qualité des eaux des bassins du port est infectée par une pollution microbiologique, des eaux usées, des embarcations alitées, une pollution chimique due à la navigation et l'entretien des bateaux (peinture, hydrocarbures), et des macrodéchets flottants.

III. Khemisti

La ville de Khemisti se situe sur la côte ouest à environ 45Km d'Alger et à 22Km à l'Est de Tipaza. Elle est limitée par la mer Méditerranée au Nord, Bou Ismail à l'Est, Bou Haroun à l'Ouest et Chaïba au Sud. La façade du littoral s'étend sur un linéaire côtier de plus de 14km. Son territoire couvre une aire de 850 ha qui se situe sur un plateau de dunes consolidées, donnant sur le bord de mer, s'étalant sur les versants nord des collines du Sahel et se terminant au Nord-est par le port de pêche.

III.1. Le port de Khemisti

Le port de pêche de Khemisti ou encore nommé Chiffalo (Chiffalo était un village de pêcheur italien, il fut construit par ses propres. Le nom de Chiffalo n'est que la déformation de Cefalu en Sicile) (Fig.15).

Les coordonnées géographiques du port de Khemisti sont :

- une longitude de $2^{\circ}42''\text{E}$.
- une latitude de $36^{\circ}38''\text{N}$.

III.1.1. L'infrastructure du port

Le port de Khemisti a une superficie de 13000m^2 . Il est constitué de : (DTP de Tipaza, 2007)

- Quatre quais d'une largeur totale de 190m.
- Jetée principale (jetée Est).
- Jetée secondaire (jetée Ouest).
- Terre-pleins: 15722m^2 .
- Plan d'eau : 13000m^2 .

- Passe d'entrée : 26 m.
- Tirant d'eau : Variant entre 2 et 3 m.
- Cale de halage pour les petits métiers.

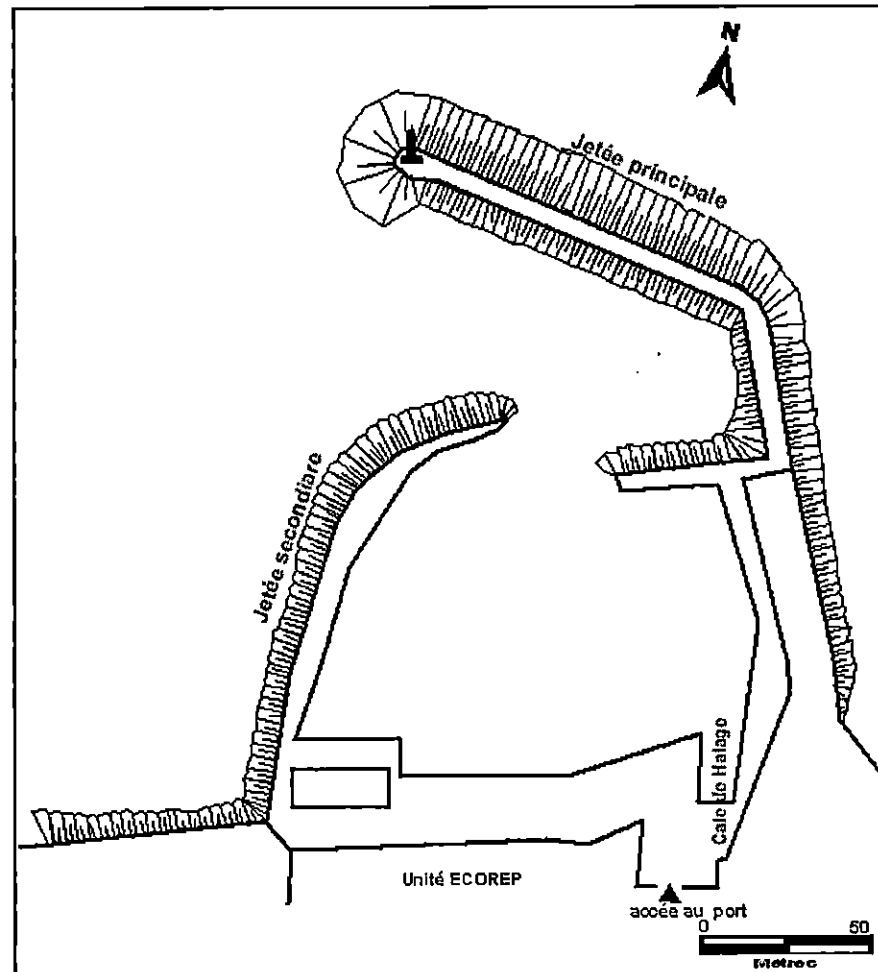


Fig.15: Schéma général du port de Khemisti (DTP de Tipaza, 2007)

III.2. Etat du port de Khemisti

Le port de Khemisti est mal situé, vu son emplacement (centre de la baie de Bou Ismail), ce qu'il le rend exposé directement aux houles du secteur Nord-ouest. Ce port connaît divers problèmes :

- La passe d'entrée est étroite (26m), elle est orientée au sens des houles Nord-ouest marquée par une forte agitation de la houle durant le mauvais temps, par conséquent, les bateaux trouvent une grande difficulté pour accéder à ce port (D'après un témoignage d'un marin pêcheur, 2007).

- La profondeur au niveau de la passe d'entrée est très faible, elle peut atteindre 0.5 m. cette faible profondeur est due à l'ensablement.
- Les jetées sont très hautes, traduisant les fortes énergies dans la région.

III.3. Impact du port de Khemisti sur le littoral

On a divisé la zone d'étude en trois parties distinctes : le port, la partie Est du port et la partie ouest du port.

Durant la sortie, on a remarqué dans la partie ouest du port une zone constituée d'un platier rocheux d'une pente très douce et ouverte au nord-ouest, ce qui laisse les vagues atteindre les habitations (destruction partielle). Cette zone est très érodée.

Par contre, dans la partie Est du port, la jetée Est (jetée principale) constitue un obstacle aux houles venant du nord-ouest, protégeant la petite plage ainsi que les constructions existant.

IV. Front de mer de Bou Ismail

La configuration générale du littoral de la baie de Bou Ismail qui s'ouvre vers le Nord-ouest, lui donne une place privilégiée pour l'attaque des houles et donc d'une érosion importante. Associée à un déficit sédimentaire accru, cette force entraîne une dégradation progressive des fonds marin (trottoir à vermet) et un recul important des plages qui existaient le long du front.

IV.1. Etat du site

IV.1.1. Transit sédimentaire

Une prédominance du transit de l'Ouest vers l'Est due essentiellement à la prédominance des houles du secteur Ouest et Nord ouest caractérisées par les houles les plus élevées. (Abadi, 1995).

IV.1.2. Erosion et recul du linéaire côtier

Le site de Bou Ismail exposé aux facteurs hydrodynamiques constitue une avancée de la côte par rapport à l'allure générale de la baie. Selon la (Fig.16). (Évolution du trait de côte entre 1968-1996, Abadi, 1995) montre un recul important, qui atteint parfois une cinquantaine de mètre dans certains secteurs. Ce phénomène qui caractérise le front de mer de Bou Ismail est du en grande partie à l'intervention humaine, par la construction en haut de plage et les rejets des eaux chargés de polluants, essentiellement la zone Est où se jette l'émissaire principal de la ville de Bou Ismail. Ces constructions constituent un obstacle devant les houles en les réfléchissant, créant ainsi un clapotis, ce qui a causé l'affouillement de ces constructions et l'effondrement de certaines d'entre elles, en hiver surtout lors des tempêtes, les vagues les plus hautes et les plus cambrées, ceux qui dissipent et diminuent leur énergie, gardent toute leur énergie lors du courant de compensation, en érodant la plage et en lui arrachant les matériaux pour les acheminer vers le large. A partir des courants de retours, la plage démaigrît, son profil s'abaisse de plus en plus et les vagues déferlent directement contre les constructions menaçant ainsi leur stabilité.

Le diversement en mer des quantités importantes des polluants sans traitement, ont leurs effets sur les posidonies, ces dernières avaient tendance à diminuer en densité ce qui implique la diminution de la quantité du sédiment piégé et l'accroissement de l'effet de la houle sur la côte (l'herbier qui joue le rôle d'une barrière contre l'hydrodynamisme).

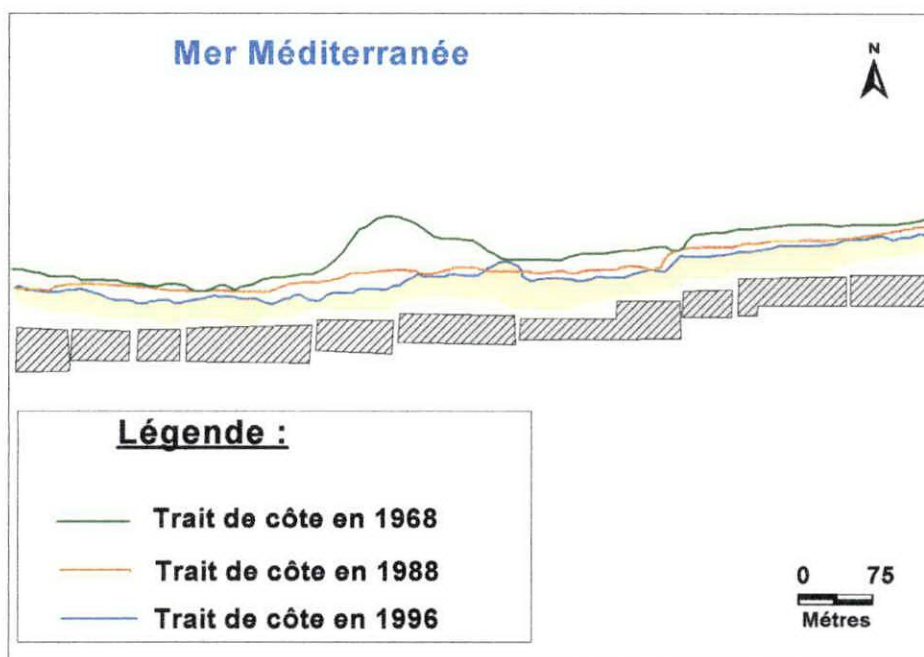


Fig.16: Evolution du trait de côte du front de mer de Bou Ismail entre 1968 et 1996. (Abadi, 1996)

IV.2. Ouvrage de protection du front de mer de Bou Ismail

La zone Est connaît une forte érosion, elle est protégée par un mur de soutènement d'une hauteur de 4m, sur un linéaire de 1200m. Ce même mur est protégé par une dalle en béton d'une largeur de 5m. Et pour renforcer la dalle en béton, on avait rajouté une autre protection en matériaux de carrière, ce matériau est constitué d'un tout venant, sa quantité est estimée de 85 000 tonnes, et un enrochement naturel, ces blocs sont d'un poids qui varie entre 1 et 3 tonnes et la quantité de cet enrochement est estimée de 37 000 tonnes. (DTP de Tipaza, 2007).

Le rivage de la zone Ouest du front est protégé par quatre épis en forme (T), il s'agit d'une combinaison (épi, brise lame), A, B, C, D, dont le dernier a la particularité d'être en appontement sur 85ml accessible, constitué d'une jetée flottante, permettant le passage du transit sédimentaire. Un autre épi (E), à l'extrême Est, droit et perpendiculaire à la côte, se prolonge sur une distance de 60ml. (Fig.17).

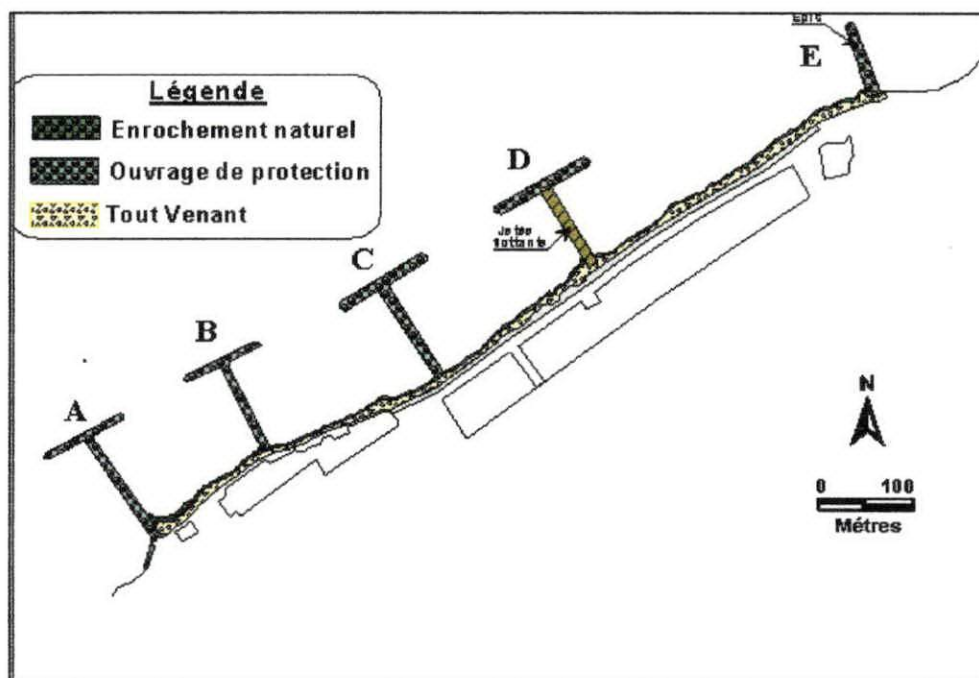


Fig.17: Ouvrage de protection du Front de mer Ouest de Bou Ismail (DTP de Tipaza, 2007, modifié)

IV. 3. Impacts des ouvrages de protection contre la mer sur le littoral

Le rôle principal de ces ouvrages était la protection du boulevard de Bou Ismail contre l'action de la houle et la reconstitution des plages existantes le long du front. Leur premier rôle semble bien être tenu, les vagues ne constituent plus une menace pour le boulevard, tandis que les sédiments qui devraient être piégés à l'intérieur de ces ouvrages ne constituent pas vraiment une quantité intéressante suffisante pour la reconstitution d'une plage, cela est dû aux houles qui pénètrent toujours à l'intérieur des ouvrages et charrient les sédiments accumulés en saison estivale, la charriage des sédiments ne pourrait être expliqué que par la mauvaise conception des ouvrages. L'installation de ce type d'ouvrage sur la côte dénature le site et détériore le paysage, en plus de ça l'ensemble de ces ouvrages constitués d'épis et brise-lames retiennent les eaux usées rejetées en mer, en les empêchant d'aller au large. L'augmentation du taux de pollution des eaux côtières affecte directement et dégrade la densité de l'herbier de *Posidonies oceanica*.

V. Zéralda

La zone de Zéralda fait partie du littoral du sahel occidental d'Alger correspond à une étroite plaine côtière de 500m à 1km de largeur, à une altitude comprise entre 0 et 25m. Elle se trouve également à 30Km à l'Ouest d'Alger et à 50km de l'aéroport international d'Alger. La plage de Zéralda est comprise entre les parallèles 36°43' de Latitude Nord et 2°49' de longitude Est. L'ouverture de cette plage 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.

V.1. Etat du site

La plage de Zéralda est caractérisée par la formation d'une flèche littorale au niveau de l'embouchure de l'oued Mazafran, orientée fréquemment de Nord –Est vers Sud–Ouest. Les houles de secteur Ouest et Est sont les plus fréquemment observées.

V.1.1. Recul du trait de côte

Durant l'intervalle des années : 1959 et 1972, on a constaté un avancement du trait de côte dans la partie Ouest du complexe et un léger recul du trait de côte dans la partie Est.

Un recul généralisé du trait de côte entre 1972 et 1999.

En 2005 le phénomène de recul du trait de côte est bien visible, il a avancé jusqu'aux fondations du complexe où il a provoqué des dégâts importants. (Fig.18).

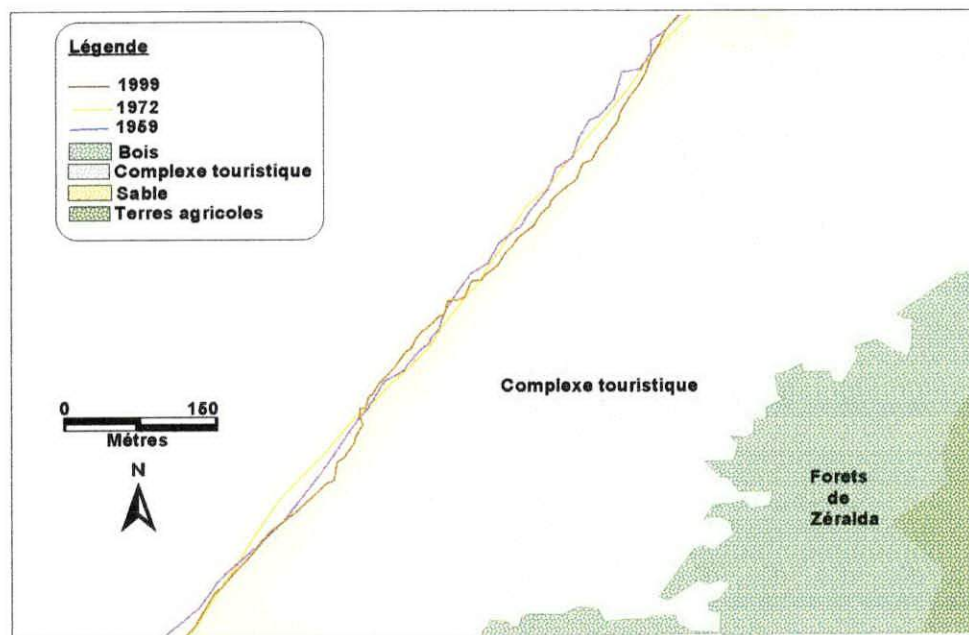


Fig.18: Recul du rait de côte au niveau de la zone de Zéralda (Amari et Guessab, 2005)

V. 2. Ouvrages de protection de la plage de Zéralda

A Zéralda, le phénomène de l'érosion est bien visible surtout sur la côte du complexe touristique qui s'étend sur environ 1.5km d'Est en Ouest dont plusieurs murs de soutènement sont effondrés. Le problème majeur qui provoque cette érosion est lié aux houles frontales provenant du secteur nord-ouest, alors s'il s'agit de protéger la zone contre ces houles, une batterie de trois brise-lames plus un épi ont été implantées. La longueur de ces brise lame est égale à 100m, espacés les un par rapport aux autres d'une distance de 70m et se sont implantés sur une distance de 100m par rapport à la côte qui correspond à une profondeur moyenne entre -3 et -4m, à l'extrême Est de ces brises lames, un épi est implanté orienté à la côte et il s'étend sur une longueur de 138m avec une profondeur variant entre 2.75 à 3.75m (Fig.19).

Ces ouvrages sont implantés récemment dans le but de protéger la façade maritime du complexe touristique (infrastructures hôtelières grâce à l'implantation des ouvrages off-shore (3 brise-lames) (LEM, 2005).

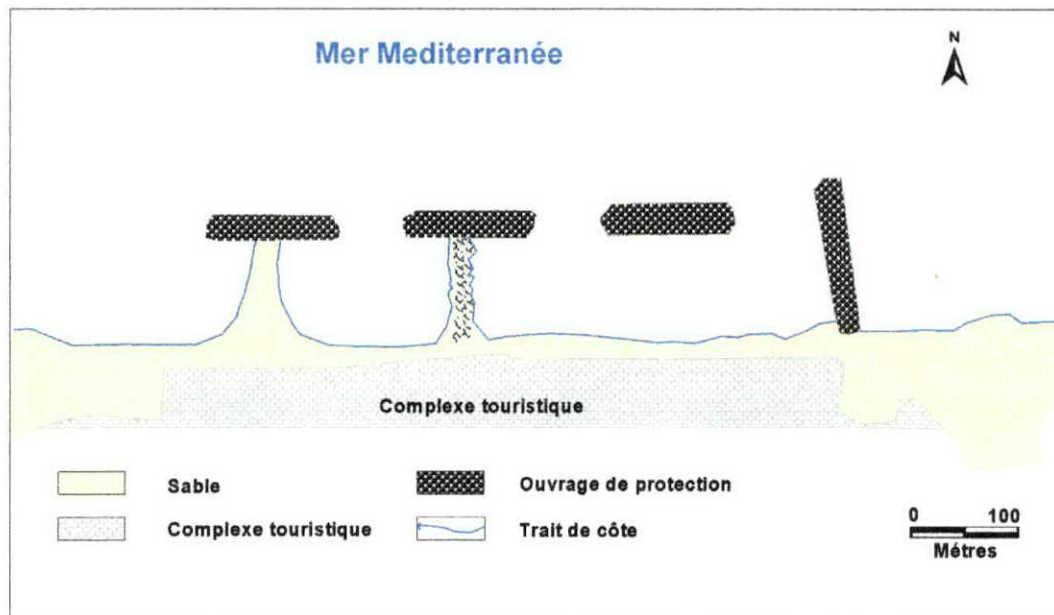


Fig.19: Les ouvrages de protection du rivage de Zéralda (Amari et Guessab, 2005, modifiée)

V. 3. Impact des ouvrages de Zéralda sur le milieu côtier

La zone est complètement dénaturisée; la belle plage qui existait s'est transformée en une bande de sable très étroite et les maisons implantées au bord de la mer sont démolies. Les houles du secteur Nord Ouest se réfractent à l'intérieur des ouvrages et arrachent des quantités considérables de sable lors du courant de compensation en les acheminant vers le large. Elles déferlent jusqu'au mur du complexe provoquant destructions des maisons. Les trois brise-lames du fait de leur fonctionnement réduisent l'agitation de l'eau et gênent sa circulation et son renouvellement.

Avant la construction des ouvrages, la plage offre la possibilité de la pratique de sport nautique, mais après la construction du système, la pratique de ces activités sera gênante à cause de la présence de ces ouvrages. (Amari et Guessab, 2005).

Ce système de défense lourd est consommateur de l'espace, il altère l'harmonie du paysage par la disparition de la quasi-totalité du côté Ouest de la plage et la démolition des maisons.

On remarque aussi la formation d'un tombolo au niveau du brise-lame Ouest, ce dernier construit un plan d'eau calme ce qui favorise le dépôt des sédiments en les piégeant.

Malgré l'implantation d'une batterie de brise-lames (Trois brise-lames), et un épave mais l'érosion reste toujours importante et les houles tapent toujours fortement sur le mur du complexe.

VI. Sidi Fredj

Sidi Fredj est une presqu'île appartient à la baie de Bou Ismail, formant le cap Est de cette baie et la limite ouest de la baie d'El Djamila. Elle est située à 22km à l'ouest d'Alger, délimitée par le cap de Ras Acras à l'est et du mont de Chenoua à l'ouest. Cette presqu'île est orientée vers le Nord-ouest et, située à 1 km au bord de la mer.

Le littoral de Sidi Fredj est caractérisé par la présence d'un promontoire rocheux qui, abrite le port de Sidi Fredj, est soudé à l'arrière pays par un tombolo d'environ 1 km de longueur et 200 m de largeur, dont l'axe est orienté vers le Nord-Ouest. Ce promontoire forme une sorte d'épi naturel, dont l'axe est du sens Sud-ouest, Nord-est débordé des deux côtés du tombolo donnant naissance à deux anses sableuses (l'un situé à l'Est de la presqu'île, l'autre à l'ouest) relativement abritées de part et d'autre de l'extrémité des côtes sableuses.

Dans cette zone, les houles dominantes en période hivernale sont de direction Nord-ouest avec les grandes amplitudes, tandis qu'en période estivale, les houles dominantes sont de l'Est. Le transit sédimentaire est de sens Est vers l'Ouest (44 000 m³/an).

On a divisé la zone de Sidi Fredj en deux parties : la partie Est et la partie ouest. La sortie de la zone ouest s'effectue le 14 Mai 2007, où la mer était un peu agitée.

VI. 1. La partie ouest de la presqu'île de Sidi Fredj

La partie Ouest de la presqu'île de Sidi Fredj est constituée de la plage militaire et la plage de la thalassothérapie (Fig.20). Cette partie présente à l'heure actuelle une situation désespérée. Trois zones bien distinctes dans la partie Ouest de la presqu'île de Sidi Fredj :

Zone 1: la plage militaire présente un linéaire côtier d'environ 750m de longueur (Ghehiouche et Zelmat, 1996) a complètement disparue ne laissant qu'une partie de plage de 150m de longueur au voisinage de la jetée militaire 'jetée en forme de L). La présence de cette jetée militaire, a permis à la plage de s'engraisser à son pied en ayant une largeur de 22km.

Zone 2 : La même jetée militaire, a provoqué l'amincissement de la plage située à l'Est de l'épi et sa largeur décroît au fur et à mesure que l'on s'éloigne vers l'Est pour enfin disparaître complètement ou il y a un contact direct entre l'eau de mer et les murs de constructions faites au bord de la mer Pour protéger ces constructions, des enrochements (poids d'environ 300kg) sont effectués d'une manière anarchique formant ainsi de courtes jetées qui ont aggravé la situation. (Photo.1).



Photo.1: l'érosion de la plage Est de la jetée militaire

Zone 3 : Au niveau de l'anse Ouest de la presqu'île, se situe la plage de la thalassothérapie, elle s'étend de l'épi Sud jusqu'au centre de la thalassothérapie au nord sur une distance de 200m, et de haute plage à l'Est jusqu'au grand rocher à l'Ouest, elle est limitée dans sa partie haute par un mur. (Photo.2)



Photo.2: Vue satellitaire de la plage de la thalassothérapie

Dans cette plage, les houles Nord-Est engendrent une dérive littorale vers le Sud-ouest durant la quasi-totalité de l'année, tandis que les houles Nord-ouest engendrent un transit qui s'effectue du Nord vers le Sud. (Ghehioeche et Zelmat, 1996).

Cette plage se trouve ainsi coincée avec des sédiments piégés entre le complexe de la thalassothérapie et l'épi, ce dernier a provoqué un piégeage du sédiment induisant un dépôt de sable à l'amont et une érosion à l'aval. Il faut noter que des injections de sable ont été effectuées (4 000 à 5 000m³) pour agrandir la largeur de cette plage.

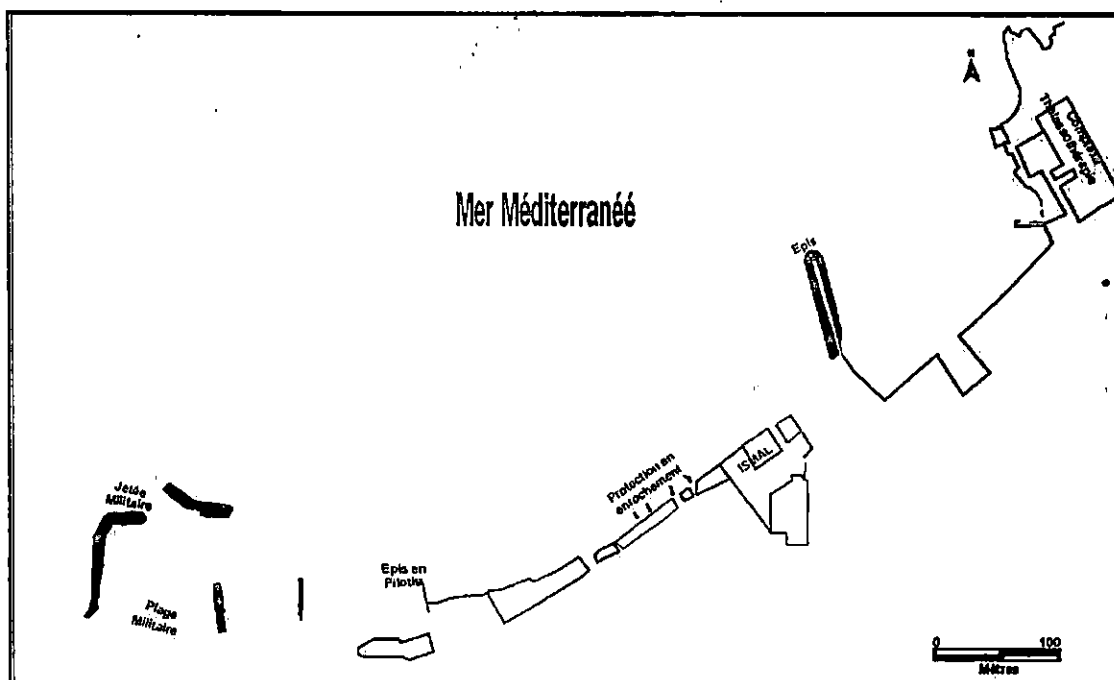


Fig.20. Les ouvrages côtiers de la partie Ouest de Sidi Fredj

VI. 2. Le port de Sidi Fredj

Le port de Sidi Fredj est implanté dans l'anse Est de la presqu'île de Sidi Fredj. Il s'intègre dans les complexes touristiques. Le tout formant une station balnéaire importante éloignée de 24 Km à l'ouest d'Alger dans la commune de Stawali.

Les coordonnées géographiques du port de Sidi Fredj sont :

- 2° 50' longitude Est.
- 36° 45' latitude.

VI. 2. 1. L'infrastructure du port

Le port de Sidi Fredj est le seul port de plaisance en Algérie, il a été construit en 1974. Il remplit une superficie de 35400 m². Il est constitué de : (Fig.21).

- Cinq bassins (pour l'amarrage des bateaux).

- Bassin 1 : 8000m².
 - Bassin 2 : 3000m².
 - Bassin 3 : 5000m².
 - Bassin 4 : 10000m².
 - Bassin 5 : 9400m².
- Grande jetée Nord (jetée principale) : longueur : 260 m. (encochement naturelle).
 - Petite jetés Sud : longueur : 200m. (encochement naturelle).
 - Trois épis.
 - Un quai et un appontement de 777 ml.
 - Une capacité de 400 plaisanciers.

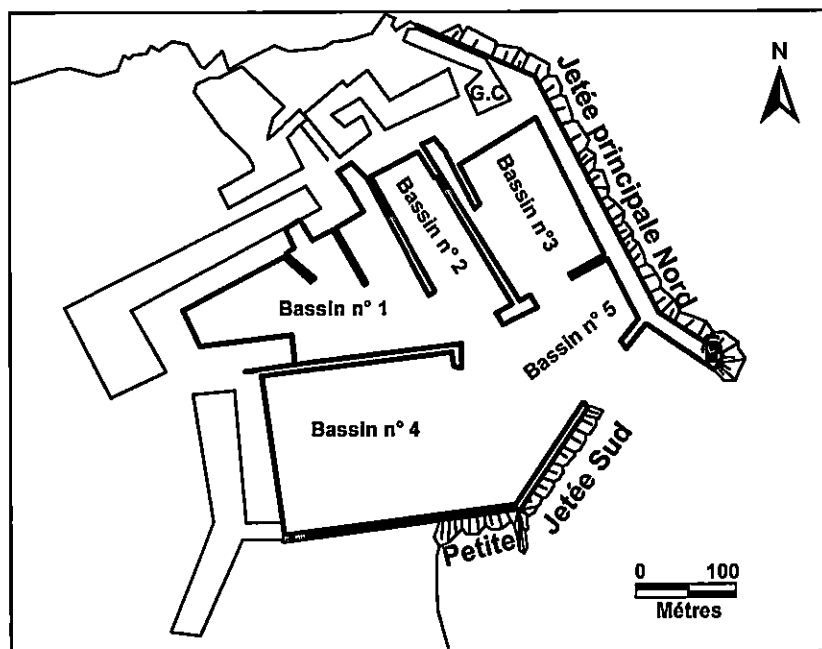


Fig.21 : Schéma général du port de Sidi Fredj (Lazali, 2003)

VI. 2. 1. Etat du port

a. L'ensablement du port de Sidi Fredj

A la fin de la construction du port, des modifications topographiques du littoral ont été constatées ceci c'est traduit par un engraissement progressif au cours des années de la plage situé à labri de la jetée Sud au détriment de la zone de Moretti qu'elle a connu une érosion qui s'accroît avec le temps, devant une telle situation, un champ d'épis en (T) composées par des

ouvrages longitudinaux (brises lames) et des ouvrages transversaux, a été réalisé dans le but de création de deux plages alvéolaires. L'action de la houle provoque un mouvement dans le profil, et un transit littoral d'Est en Ouest, créant ainsi une zone d'engraissement à l'abri de la jetée Est du port. Les houles d'été proviennent du Nord-est et engendrent un courant de dérive littorale Est en Ouest dans la direction du port, provoquant ainsi l'ensablement de ce dernier. (Lazali, 2003).

b. Le dragage du port

Pour dégager les sédiments accumulés dans les bassins du port (problème d'ensablement), plusieurs opérations de dragage ont été effectuées, comme celle du Mai 2003 par CELAR société, le volume du sédiment dragué est estimé de 20000m³. Une dernière opération de dragage a été réalisée au niveau du port, s'était en été 2006, par la société ALDIPH.

c. La pollution dans le port

Le port de Sidi Fredj est apparaît comme un système fermé. Il reçoit des eaux usées domestiques véhiculées par l'égout qui se jette directement dans le bassin 1, ces rejets non épurés (pollution bactérienne).

V. 2. 2. Impact du port de Sidi Fredj sur le littoral

C'est le port qui a le rôle majeur dans le cycle d'érosion dans la région de Sidi Fredj depuis la fin de sa construction (1970). Il a, en effet, entraîné des modifications du régime des houles, des courants et des transits du sédiment, à proximité du site. Ceci c'est traduit par un déséquilibre dynamique de la côte, et la modification du littoral meuble, en bloquant une partie du transit littorale des sédiments, entraînant une accumulation dans la zone au vent, et une érosion dans la zone sous le vent.

Les effets directs liés à la construction de ce port de plaisance, sont ceux créés par la modification de conditions sédimentologues de la zone, à proximité du port, et de la qualité des eaux en dehors de l'enceinte du port proprement dite, par la diffusion des polluants et par la dégradation de certains biotopes par l'augmentation de la fréquentation humaine.

VI.3. La partie Est de la presqu'île de Sidi Fredj

La partie Est de la presqu'île de Sidi Fredj est exposée à l'érosion marine qui ravage les plages et provoque une perte dans le profil. Ce phénomène se manifeste surtout en hiver engendré par les houles Ouest et Nord-ouest.

Pour cette partie, on peut aussi la subdiviser en trois secteurs (S1, S2, S3). Le premier secteur de la plage située à l'embouchure de la jetée Sud du port de Sidi Fredj, le deuxième secteur est limité entre l'hôtel El Riad et l'hôtel El Minzah, et enfin le troisième secteur englobant la frange littorale de Moretti.

VI.3.1. Etat du site

a. Evolution de la plage (Boutiba, 1996)

- **Secteur 1 :** Depuis la construction des ouvrages portuaires en 1970, des modifications topographiques du littoral ont été observées. La plage située à l'abri de la jetée Sud a été soumise au cours des années à un régime d'engraissement progressif au détriment de la zone de Moretti qu'elle a connu une érosion qui va s'accélérer.
- **Secteur 2 :** La plage déjà très réduite disparaît totalement devant El Minzah. Durant l'hiver 1981-1982, une tempête a provoqué la destruction d'une partie du front de l'hôtel EL Minzah. La tempête du 90 Février 1984 a accéléré le processus d'érosion et a causé plusieurs dégâts.
- **Secteur 3 :** En 1966, avant même la construction de chemin de promenade, la plage était déjà très réduite. Au cours de l'hiver 1969, une succession de mauvais temps a provoqué une importante érosion, le chemin de promenade a été sérieusement endommagé surtout à son extrémité Est. Des régimes de houles avec plusieurs tempêtes de directions N.N.W à Nord enregistrées pendant l'hiver 1983-1984 dont celle du 9 Février 1984 a occasionné de très forts dégâts.

Plusieurs facteurs agissent sur l'évolution de la plage Est de Sidi Fredj, le premier est d'ordre naturel, il s'agit de l'action de la houle, pendant la période hivernale sont les houles les plus dominantes proviennent du secteur Nord ouest, elles engendrent une dérive littorale d'Ouest vers l'Est, touchant beaucoup plus la zone de Moretti. Cependant pendant la saison estivale, les houles les plus dominantes proviennent du secteur Nord est, favorisant l'engraissement de la plage située à l'abri de la jetée Sud du port.

La construction du port est considérée comme le facteur principal pour la modification des régimes de la houle, ce qui a accéléré la dérive littorale devant El Minzah, Riad et Moretti, provoquant ainsi une zone d'érosion irréversible. Autre facteur déclanchant l'érosion intense de ce secteur, est l'édification du village Moretti sur la haute, ce qui a entraîné la réduction de l'estran, de plus la construction d'un chemin de promenade soutenu par un muret vertical a provoqué l'intensification de l'attaque de la houle. (Ottman, 1965 ; Bird, 1987 *in* Boutiba, 1996). Ce muret provoque un clapotis causant ainsi un amincissement progressif du profil de la plage et la réduction de celle-ci. Et enfin, les extractions massives des sables à l'embouchure de l'oued Beni Messous et au niveau de l'hôtel El Riad ont contribué au déficit sédimentaire du littoral, d'autant plus que la baie d'EL Djamila ne bénéficie d'aucun apport fluviatile direct.

b. Evolution du trait de côte

D'après les données des levées topographiques effectuées en 1921, 1956 et 1970 (LCHF, 1970 *in* Boutiba, 1996) et ceux de 1993 et 1995 effectuées par Boutiba, ainsi qu'une série de

photographies aériennes (missions de 1977 et 1984 *in* Boutiba, 1996), on a pu faire les constatations suivantes (Fig.22).

De 1921 à 1956, et par rapport à la totalité du trait de côte, seul celui du secteur 1 a subi de très faibles changements en revanche le reste a connu un recul très important.

Cette comparaison fait ressortir aussi l'impact des activités humaines sur le littoral. En effet la construction du port a induit des variations très importantes du littoral est de Sidi Fredj. On a assisté depuis à la formation d'une anse qui s'adosse à la jetée Sud du port, si on le prend comme la référence le trait de côte de 1921, on remarque une avancé d'ordre 80m en 1970 pour atteindre 110m en 1984, soit un gain de l'ordre 2.14m/an en moyenne. Contrairement au secteur 1 le secteur 2 a connu un engraissement de l'ordre de 30 à 40m entre 1921 et 1956, suivi d'une période de recul de l'ordre de 40m entre 1968 et 1984. Le secteur 3, plus touché a connu un recul du trait de côte durant la période de 1968 à 1984. Jusqu'à 1995, la progradation s'est poursuivie au niveau de la plage adossée à la jetée Sud du port, une avancée de 25m, tandis que le trait de côte devant Moretti a continué à reculer provoquant ainsi la disparition presque totale de la plage dans le secteur en 1995. (Boutiba, 1996).

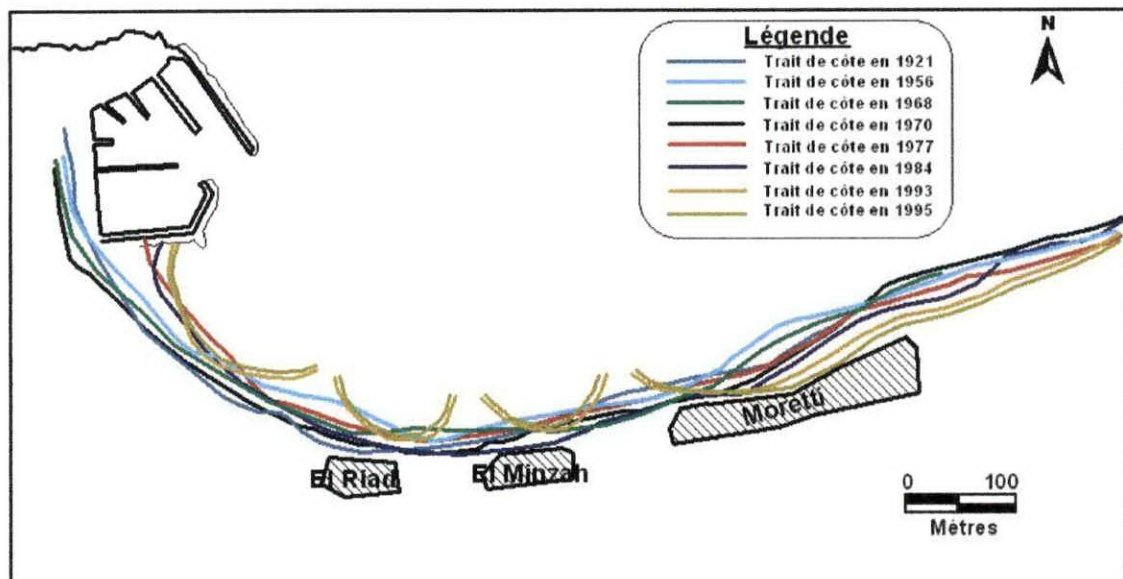


Fig.22: Evolution du trait de côte de la plage Est de Sidi Fredj entre 1921 et 1995 (Boutiba, 1996)

c. Ouvrages de protection

La solution avancée est réalisée par le LEM en 1984, consiste à deux plages alvéolaires fermées par des épis en forme « T » (A, B, C), composés par des ouvrages longitudinaux (brises lames) et des ouvrages transversaux (épis). Les brises lames sont d'une longueur de 60m pour l'ouvrage A et de 130m pour les ouvrages B et C, l'écartement entre ces brises lames est de 100m. Pour les épis sont d'une longueur de 100m (Fig.23).

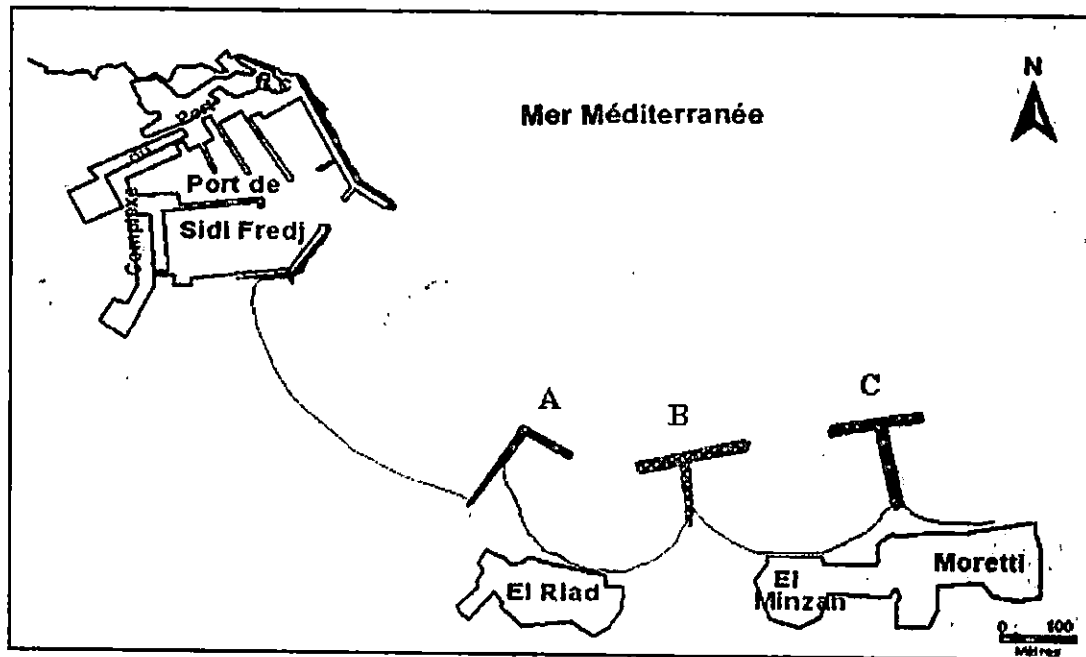


Fig.23: Ouvrage de la plage Est de Sidi Fredj (D'après une image satellitaire, YAHOO. Maps, 2007)

d. impacts des ouvrages sur le littoral

Le port a déclenché une érosion de la plage Est, de ce fait, une série d'épis a été édiflée pour la protéger. A l'emplacement de ces ouvrages de protection, des plages alvéolaires de part et d'autre des épis, se sont reconstituées au détriment du trait de côte situé dans l'axe de la passe qui a connu une érosion de l'ordre 0 à 5m. La quantité du sédiment piégée après l'implantation de ces ouvrages est estimée de 3000m³ entre 1987 et 1995.

Ces ouvrages de protection ont modifié, d'une manière spectaculaire, l'orientation du transit sédimentaire provoquant un ensablement du port, ce qui nécessite de le draguer (dernière opération de dragage du port a été faite en 2006).

VII. El Djamila

La baie d'El Djamila s'étend sur un linéaire côtier de 6km. Elle est limitée à l'Est par ras Acrata, à l'Ouest par la presqu'île de Sidi Fredj et au Nord par la mer Méditerranée. Son rivage est orienté Sud Ouest -Nord Est.

La baie d'El Djamila profite aujourd'hui de la rénovation de son port de pêche et de plaisance El Djamila (ex-La Madrague), qui est implanté à 18 Km à l'Ouest d'Alger, appartient administrativement à la commune d'Ain Banian.

VII.1. Le port d'El Djamila

Le port d'El Djamila est un port de pêche et de plaisance, situé à 18km à l'Ouest d'Alger Il date de la période coloniale, sa principale communauté de pêcheurs était d'origine italienne, il doit son ancien nom « Madrague » à l'ancien engin de pêche Madrague utilisé pour la capture au thon rouge. (Allouani et ramdani *in Abadi*, 2003)

VII.1. 1. L'infrastructure du port d'El Djamila

Le port avec son ancien plan a été conçu pour l'amarrage des bateaux de pêche, il est constitué de : (Fig.24)

- Ouvrages de protection :
 - Une jetée principale de 260ml prolongé de 40ml.
 - Une jetée secondaire de 160ml.
 - Epi Est : 80 m. de longueur
 - Quai : 90ml collé à la jetée secondaire.
 - Môle : 60 ml.
- Plan d'eau : 9000 m³.
- Une passe d'entrée de 30m du coté Ouest.
- Un terre-plein de 17500 m².
- Pour la plaisance :
 - Longueur totale : 75 ml.
 - Surface (accostage des terre-pleins) : 600 m².
 - Un linéaire de quai existant de 23m environ pour la plaisance.
 - Surface de parking : 1250 m².
 - Une cale de halage pour la mise à sec des embarcations de plaisance.

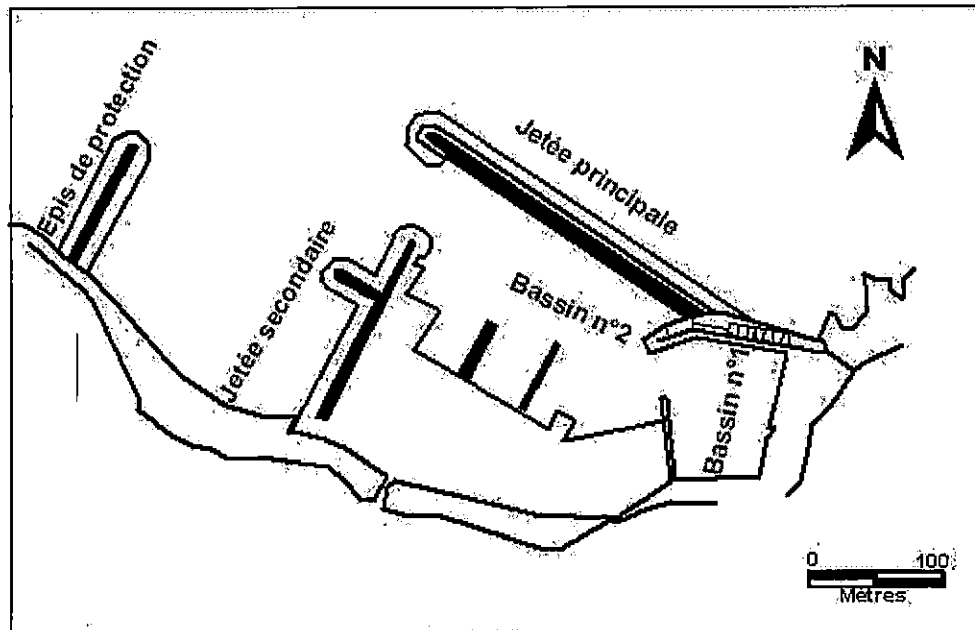


Fig.24 : Schéma général du nouveau port d'El Djamila. (Alliouan ; Ramdani, 2006)

VII.1. 2. Etat du Port

a. Les travaux de réaménagement du port d'El Djamila

Les travaux d'extension du port ont commencé en mai 2002, projet qui fait partie du schéma directeur des infrastructures portuaire, une société égyptienne qui les a pris en charge.

Ces travaux d'extension du port ont, non seulement, dénaturisé le paysage d'El Djamila et, provoque la disparition d'une cinquantaine de mètres de plage située au voisinage du port.

b. L'ensablement du port d'El Djamila

L'ensablement du port d'El Djamila a atteint son stade critique, dû aux apports en sédiments remaniés par les houles du secteur Ouest, les houles obliques de direction Ouest, Nord-ouest, Nord Nord-ouest, qui se propagent vers le site d'El Djamila, créant des courants de houles coulant parallèlement à la côte. Sous l'action des houles d'Ouest, les sédiments se dirigent de l'Ouest vers l'Est, ce courant constitue le sens du transport dominant dans cette zone. Inversement à ce sens, un courant littoral plus faible engendré par les houles du secteur Nord-ouest et Nord Nord-ouest, entraîne une faible quantité du sédiment vers l'Ouest (Fig.25).

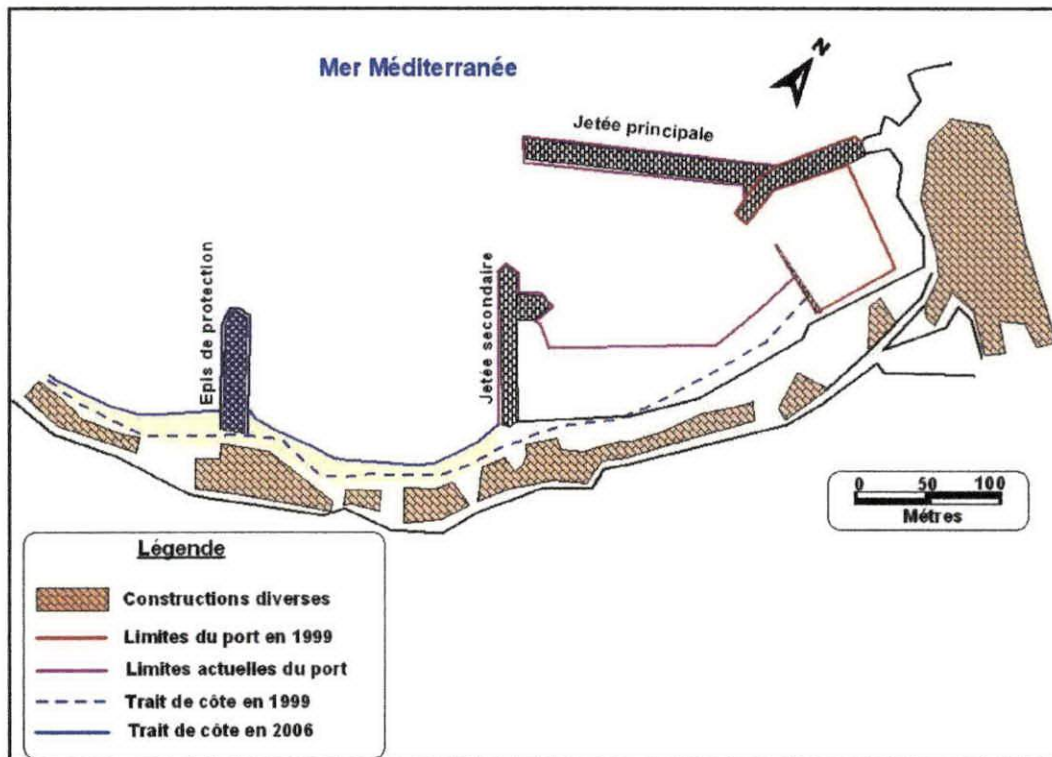


Fig.25: Evolution du site d'El Djamila entre 1999 et 2006. (D'après une image satellitaire INCT, échelle 1/25000, année 1999 et image satellitaire, YAHOO Maps, 2006)

VII.2. Réaménagement du site d'El Djamila

Ce projet consiste à créer une plage artificielle d'une longueur approximative de 300m, 25m de largeur et d'une profondeur de 3.5m (DIM, 2007). Cette procédure d'aménagement a été proposée suite à la situation critique que connaît ce site. Une forte érosion a presque fait disparaître toute la plage. La nouvelle plage va être alimentée par matériau constitué de sable éolien ramené de la zone de Zemmouri, qui ne conviendra pas avec le sable du site. (Dr Belkessa *in* El Watan, 2007). La quantité de sables nécessaire pour le rechargement de cette plage est estimée de 150.00m³, ce qui est énorme, et la zone de Zemmouri ne pourra pas offrir une telle quantité. Pour résoudre ce problème, il faut faire appel à d'autres matériaux tels que les gravillons de carrière.

Cette alimentation en sable sera accompagnée d'installation d'ouvrages en enrochement (brises lames et épis), qui vont atténuer l'attaque de la houle sur la nouvelle plage.

TROISIEME

CHAPITRE

I. Un nombre élevé des ouvrages côtiers

Au niveau de la baie de Bou Ismail qui s'étend sur un linéaire côtier de 40km, il y a cinq ports (Tipaza, Bou Haroun, Chiffalo, Sidi Fredj et El Djamila), et un nombre considérable d'ouvrages de protection implantés dans différents sites tels que ; le front de mer de Bou Ismail, la plage de Zéralda, Sidi Fredj et El Djamila. Ce qui donne une moyenne de deux (2) ouvrages tous les deux kilomètres, un taux très élevé par rapport aux autres régions du pays. Si on prend l'exemple du golfe de Bejaia, on ne trouve qu'un seul port et quelques ouvrages de protection. Les côtes de cette région sont restées à l'état naturel.

II. L'impact élevé des ouvrages côtiers

Le nombre qui est élevé des ouvrages côtiers a un impact négatif sur le littoral, c'est l'exemple, du port de Chiffalo, dès sa construction, a accentué le phénomène d'érosion sur le côté Ouest. Le port de Sidi Fredj, lui aussi a déclenché un phénomène d'engrèvement à l'abri de sa jetée Sud, et une forte érosion dans le secteur de Moretti, dont le recul du trait de côte est estimé de 18m entre 1993 et 1999 (PAC, 2005), ou encore les ouvrages de protection de Zéralda, qui ont dénaturisé le site et ont détérioré complètement le paysage. On peut conclure que la majorité des ouvrages implantés le long des côtes de la baie de Bou Ismail, influe négativement sur le milieu côtier, soit en déclenchant des phénomènes d'érosion (en modifiant les facteurs hydrodynamiques et le sens des transits sédimentaires), soit en détériorant les écosystèmes locaux (herbiers de posidonie), et dégradant ainsi les paysages.

III. Anarchie dans l'exécution des ouvrages côtiers

Au début de années quatre-vingt, on ne connaissait pas encore les impacts de ces ouvrages sur le littoral, il s'est avéré après que les solutions apportées ont eu un impact négatif sur le milieu côtier. En prend l'exemple du secteur Est du Sidi Fredj, après la construction du port de plaisance de Sidi Fredj, une forte érosion s'est déclenchée sur les plages Est du port, et puis une protection en épis et brises lames est réalisé, cette dernière a accentué le phénomène d'érosion au niveau de la plage Est au delà des ouvrages. C'est encore le cas du port de Chiffalo, implanté au milieu de la baie de Bou Ismail, il subit une forte attaque des houles du secteur Nord, Nord ouest. Ceci qui rend ce port non rassurant pour les petites embarcations des marins pêcheurs, et l'accès au port est devenu très dangereux, voir impossible pendant les périodes de tempêtes. Le mauvais fonctionnement des ouvrages côtiers et leurs impacts négatifs sur le milieu côtier n'est que le résultat de l'anarchie dans leur exécution.

IV. Propositions d'aménagement et de protection

Les solutions sont multiples, elles varient en fonction des différents ouvrages et leurs impacts :

- Ne rien faire consiste à abandonner la zone à la nature, soit parce que la valeur des infrastructures existants est trop basse par rapport aux coûts de protection, soit parce que l'habitat naturel est de très haute valeur (exemple de création de parc national, de refuge faunistique ou de sites spéciaux d'intérêt scientifique, culturel ou esthétique).
- Si on choisit de protéger, deux options sont envisageables: adaptation (soit par voie réglementaire, soit par reprofilage des plages), ou défense (soit par des méthodes dites passives, soit par des méthodes dites actives) (Fig.26)

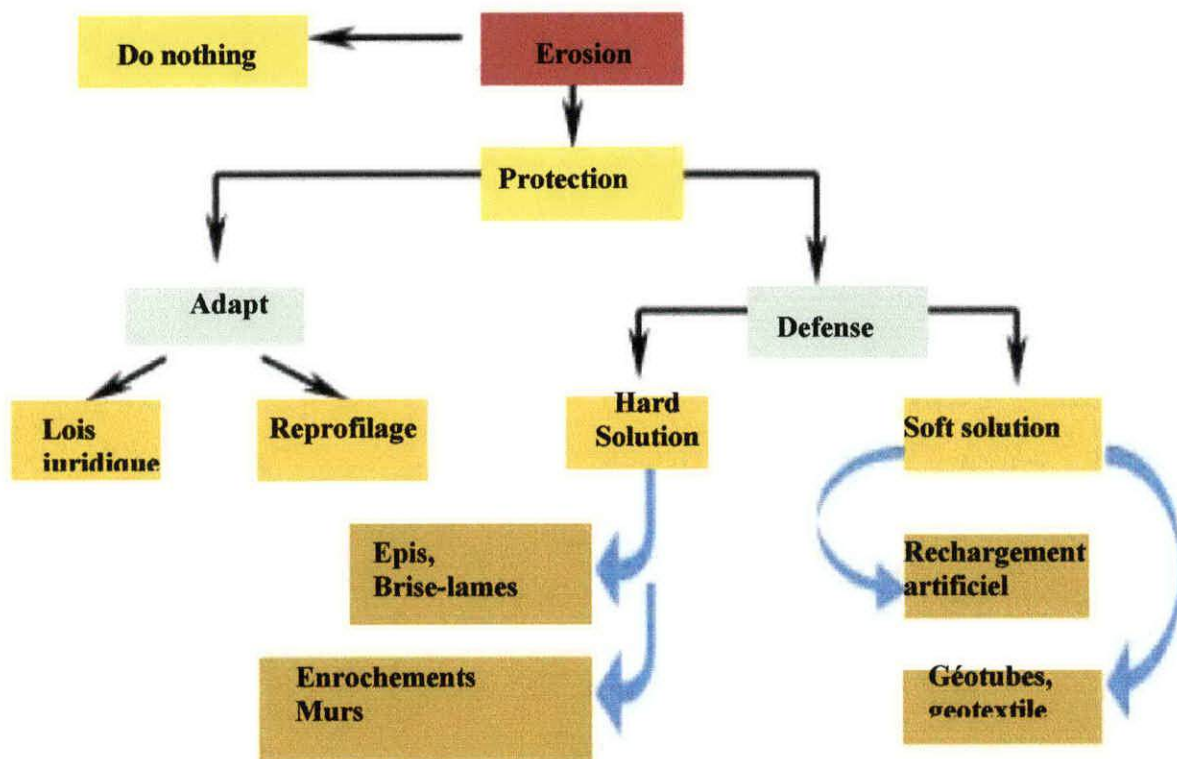


Fig.26. Différentes stratégies de réponse à l'érosion côtière. (CEESM Work Shop, 2002)

IV. 1. Redimensionnement et modification des ouvrages

Actuellement, il n'existe pas de lois ou règles types pour le dimensionnement des brises lames, différentes recherches sont effectuées pour déterminer les paramètres (hauteurs, longueurs, profondeurs d'implantation, distance à la côte et espacement entre les ouvrages) qui vont influencer sur leur dimensionnement et leur implantations, cela dépend des conditions locales, les houles et les conditions économiques de construction. S'ils ne résistent pas à l'action des vagues habituelles dans la zone considérée, ou ils offrent une résistance insuffisante et occasionnent, des dommages considérables, il convient de procéder avec beaucoup de soin à un redimensionnement de ces ouvrages, qui répond aux critères de stabilité et de bon fonctionnement de l'ouvrage.

Si le redimensionnement est avéré impossible ou irréalisable, on procède à d'autres solutions en éliminant les ouvrages existants, et puis faire recours à des méthodes nouvelles plus efficaces et peu agressives vis-à-vis du littoral et de l'environnement. Diverses solutions nouvelles ont été proposées et parfois réalisées un peu partout dans le monde.

IV.2. Protection du littoral du type nouveau

Les systèmes "nouveaux" de protection du littoral ont été classifiés de la façon suivante :

- des systèmes qui agissent sur le milieu hydraulique : tel que les brise-lames flottants.
- des systèmes qui utilisent des matériaux nouveaux de type géotextile en recouvrement de plages ou en enveloppes de conteneurs de formes variées. (Mezouar, 2006)

IV.2.1. Brise-lames submergés flottants

La figure ci-dessous illustre les résultats d'essais, en canal et en cuve, relatifs à l'influence d'une structure flottante submergée sur l'équilibre d'une plage.

Les résultats encourageants doivent être tempérés dans la mesure où le passage des essais de laboratoire aux expérimentations en nature s'accompagne de difficultés supplémentaires liées à la variabilité des conditions océanographiques. (Fig.27)

L'emploi des brise-lames flottants a jusqu'ici été envisagé pour la protection de bassins portuaires vis-à-vis de l'agitation. Toutefois, leur utilisation pourrait être retenue comme moyen de protection du littoral soumis à des clapots de faible amplitude. Ces ouvrages sont maintenus en place soit par des lignes d'ancrage, soit par des pieux. L'avantage de ce procédé, c'est sa mobilité et sa flexibilité, ce qui lui offre une grande résistance aux actions d'hydrodynamismes.

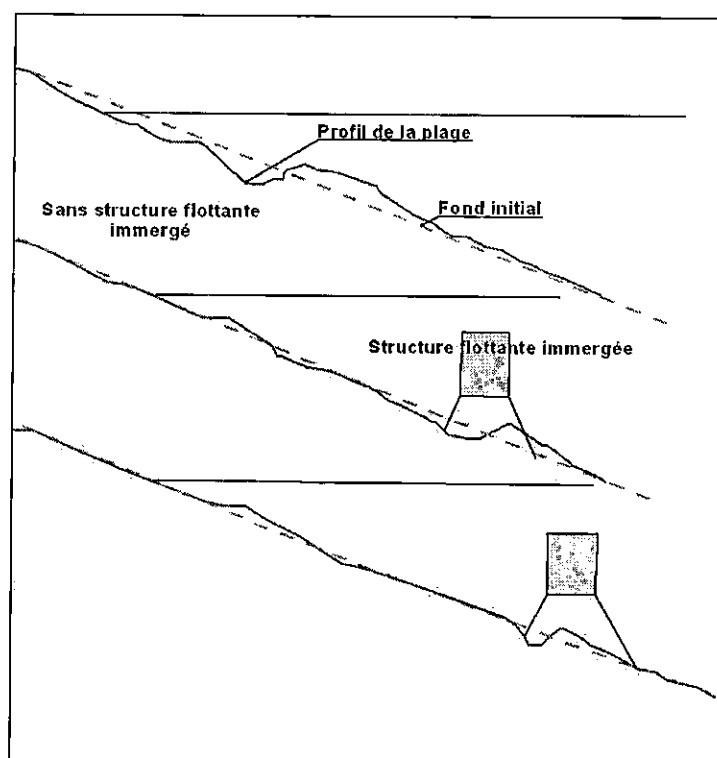


Fig.27 : Modification de profil de plage due a une digue flottante immergée. (Mezouar, 2006)

IV.2.2. Les géotextiles

Parmi les méthodes nouvelles de protection de plages, une large part doit être faite à l'utilisation des géotextiles, soit en recouvrement complet, soit en utilisation sous forme d'ouvrages tels que des épis ou brise-lames.

a. Les géotubes

Il s'agit de tubes ou boudins géotextiles d'une enveloppe géotextile tissé de haute résistance remplie de sable. La structure est réalisée in situ et remplie par pompage hydraulique avec des matériaux locaux, à l'intérieur de l'enveloppe (Koffler et *al* ; 2002). Ceux-ci permettent la réalisation d'épis, la protection des pieds de dune ou la mise en place d'un quadrillage général de la plage à protéger, les éléments dont les diamètres peuvent atteindre 1,8m prennent place sur un tapis géotextile destiné à limiter les érosions. (Photo.3) Les ouvrages en géotextile permettent une mise en oeuvre rapide et économique.



Photo.3. Positionnement d'un géotube en mer

b. Le système de stabilité des dunes et des plages

Utilisé pour stabiliser des dunes et des plages, ce système en vogue est une structure en géo composite à haute résistance, en forme de cylindre plus ou moins aplati, injectée hydrauliquement en matériaux (poreux) qui lui donnent sa forme. Les dimensions retenues dépendent du projet de protection. Certains de ces dispositifs sont positionnés perpendiculairement au trait de côte, d'autres peuvent être parallèles à ce dernier et immergés. (Fig.28)

Il a les mêmes objectifs que les épis réalisés en dur mais la différence essentielle tient dans le "freinage" des houles et non dans une opposition dure, souvent négative à proximité de l'ouvrage (réfractions, etc.). Le freinage du transit sédimentaire associé aux vagues provoque donc une perte de charge (énergie) et donc une sédimentation au contact du système. La "souplesse" de ce dernier (perméabilité) permet d'éviter les risques de déstabilisation liés à un ouvrage rigide.

La forme arrondie permet d'absorber l'énergie des vagues, la résistance étant encore accrue par le caractère monolithique de chaque ouvrage. Les matériaux composant la structure sont, vers l'intérieur, un géotextile non tissé, vers l'extérieur, une carapace en polyester tissé. Ils offrent ainsi souplesse et perméabilité. L'intérieur de cette ossature à deux niveaux est constitué de granulats injectés. L'ensemble présente un poids important variant de 16 tonnes à 70- 80 tonnes au mètre linéaire selon la hauteur de l'ouvrage (1,5 à 5m de haut selon les modèles). L'ouvrage est généralement implanté dans une fouille creusée à profondeur variable mais indispensable pour tout site exposé et à fort marnage.

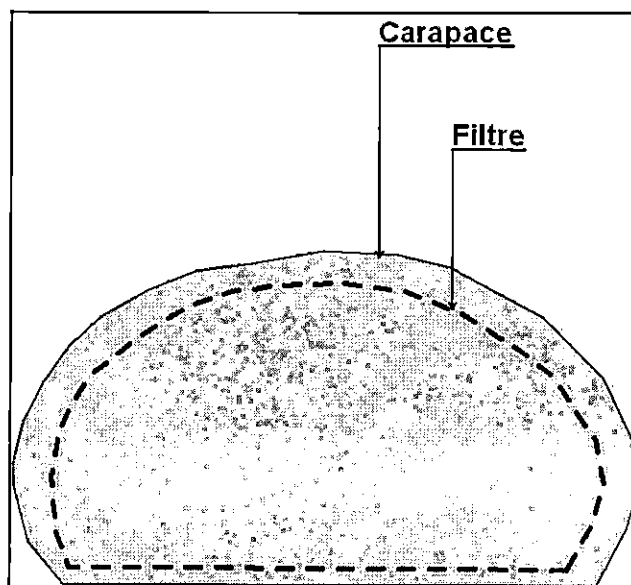


Fig.28 : Coupe transversal d'un système de stabilité de plage (stabiplage, 2006)

Ce genre de protection pourrait être recommandé pour les plages de Zéralda et de Sidi Fredj Est, et pour la plage de Zéralda, il peut remplacer la série de brises lames existants, qui ont dégradé le paysage de cette zone. Pour la plage Est de Sidi Fredj cette protection serait complémentaire aux ouvrages existants. Ces géotubes doivent être implantés à l'Est de ces derniers afin d'assurer la protection d'une bonne partie du complexe Moretti. Ce côté du complexe qui reste toujours exposé aux houles du secteur Nord Ouest et qui connaît une érosion intense.

c. Avantages des géotextiles

Les avantages de ce genre de protection, sont :

- Le rechargement facile des géotextiles en un matériau non spécifique et disponible localement.
- La facilité d'exécution de ce genre de protection qui ne demande pas des moyens humains et techniques considérables.
- Les matériaux géotextiles sont inertes aux acides et bases, donc plus résistants à l'attaque chimique de l'eau de mer, ils peuvent avoir une durée de vie de 100ans.
- L'intégration facile de ce procédé dans le paysage (les matériaux géotextiles existent en couleurs variées, selon les exigences du site concerné).
- Une solution par géotextiles coûtait un cinquième (1/5) du coût d'un ouvrage en enrochement ou en BCR.

IV.3. Rechargement artificiel des plages

Les ouvrages lourds ne sont pas exempts d'inconvénients par leurs effets secondaires (en favorisant par exemple l'érosion de la plage devant un perré trop pentu et / ou trop près de la mer) et par les problèmes que pose leur intégration dans l'environnement. Aussi afin de remédier à ces aspects négatifs et surtout avec l'idée de mettre en œuvre des méthodes peu agressives vis-à-vis du littoral et de l'environnement.

IV.3.1. Caractéristiques du procédé

A l'injection d'agrégats, peuvent être envisagés l'implantation d'ouvrage (brises lames sous marins), pour atténuer l'énergie de la houle. En deuxième lieu, les plages sous mises à une dérive

littorale importante peuvent faire l'objet d'une série de petits épis implantés le long de la plage avec injection du sable.

Ce genre d'intervention devrait s'effectuer sur des plages touchées par le phénomène d'érosion ou connaissent un déficit sédimentaire accrue

Si l'on veut maximiser l'efficacité d'un procédé de remblayage de plage, il est important de comprendre la configuration physique qui caractérise le site, tel que :

- **Topographie de la plage**

La forme de la plage, au-dessus et en dessous du niveau de la mer, donne des informations sur les processus maritimes existant sur le site. La forme de la plage est également un facteur important pour déterminer la quantité de matériau de remblai nécessaire. La forme actuelle du profil de plage du côté de la crête de la berme naturelle tournée vers la mer indique la forme que prendra la plage une fois le remblayage effectué, pour autant que le calibre du grain du sable qui doit être déversé soit similaire à celui du matériau recouvrant naturellement la plage et qu'aucun ouvrage côtier ou un autre élément n'aient une influence sur la forme de la plage.

- **Condition des vagues et des houles dans le cas d'un remblayage**

Les conditions des vagues et des houles sur le site du remblayage sont les principaux éléments à l'origine de la forme de la plage, de même que la propagation latérale à plus long terme du matériau de remblai et la réaction à court terme de l'aménagement face aux tempêtes. L'exposition du site à l'énergie des vagues provenant de directions diverses détermine le taux et la direction prédominants du transport sableux longitudinal. (Fig.29)

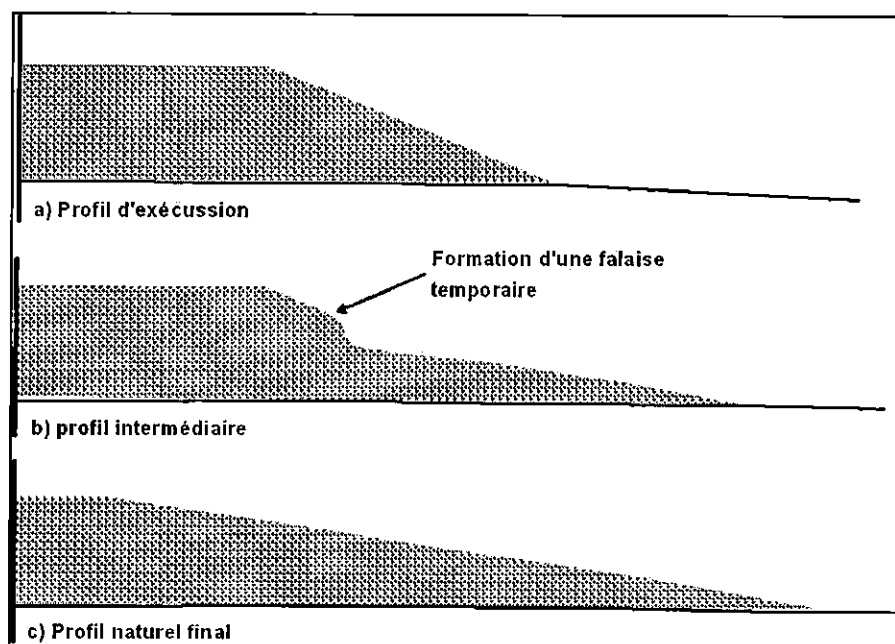


Fig.29 : Redistribution naturelle sous l'action des vagues d'une plage remblayée. (Sabatier, 2001)

• Matériaux disponibles

Le volume du matériau nécessaire pour restaurer totalement ou améliorer un profil de plage peut être considérable. Si le volume requis est important, il y a peu de chances pour qu'une extraction terrestre et un transport du matériau de rechargement soient économiques, ou même acceptables sur le plan environnemental. On peut diviser les sources d'emprunt pour le remblayage de plage en deux catégories principales : terrestre (agrégats des gravières), ou marine (ex ; matériau de dragage, quand il s'agit d'un sédiment sein non pollué). La caractéristique la plus importante du matériau d'emprunt concerne le calibre du grain formant le sédiment.

Le volume total du matériau requis pour le rechargement d'une plage ayant une largeur W peut être estimé comme suit :

$$V = W (B + D_c) \times (\text{longueur}). \text{m}^3$$

V : le volume du sable

W : la largeur de la plage

B : l'épaisseur de la plage

D_c : la profondeur du remblayage

On peut donc estimer le volume de la fourchette du sable requis pour le remblayage des plages. L'épaisseur de la fourchette du sédiment ainsi que sa largeur varie d'un site à un autre, pour une épaisseur de 2m et une largeur moyenne de 200m, on trouve le degré de remblayage est d'approximativement $400\text{m}^3/\text{m}$. (Fig.30)

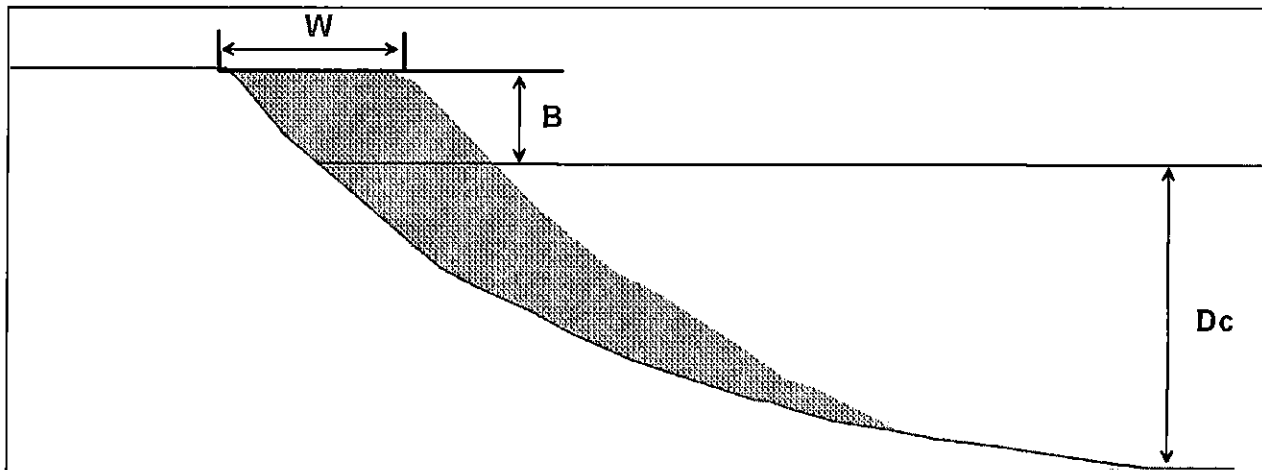


Fig. 30 : Profil du remblayage d'une plage (Mezouar, 2006)

IV.4. Le rechargement des plages de la baie de Bou Ismail par agrégats

La majorité des ouvrages de protection implantés le long des plages menacées par l'érosion marine et qui ont atteint leurs stades critiques, ont montré leur inefficacité, même s'ils arrivent à protéger les constructions et les infrastructures bordant les plages de l'attaque des houles, ils n'arrivent pas à piéger une quantité considérable de sédiment pour compenser les pertes dues à l'érosion marine. Donc pour remédier cette situation, on procède à un rechargement artificiel par agrégats. On peut calculer le volume nécessaire d'agrégat pour le rechargement des plages suivantes :

- **La plage de Bou Ismail** : la longueur de la plage est de 800m et sa largeur est estimée de 100m, ce qui donne ($V = 800 \times 100 \times 2$), alors le volume minimum nécessaire pour le remblayage est de 160000m^3 .
- **La plage de Zéralda** : elle s'étend sur une longueur de 1500m et nécessite un volume total d'agrégat estimé de 600000m^3 .
- **La plage Ouest de Sidi Fredj** : sa longueur est égale à 1800m et sa largeur pourrait atteindre 200m, alors le volume minimum d'agrégat est estimé de 720000m^3 .
- **Le secteur Est de Sidi Fredj** : la quantité totale d'agrégat nécessaire pour le rechargement de ses plages est estimé de 38000m^3 , le premier est le secteur El Riad, le volume d'agrégat est égale à 3550m^3 , avec un profil d'une superficie de 35.50m^2 et d'une largeur de 100m, le deuxièmes est le secteur El Minzah, le volume d'agrégat est égale à 8000m^3 , avec un profil d'une superficie égale à 40m^2 et d'une longueur de 200m. Le dernier est le secteur Moretti, le volume total d'agrégat est estimé de 26455m^3 , avec sa grande superficie estimé de 119m^2 et une largeur de 150m.
- **La plage d'El Djamila** : le volume total d'agrégat nécessaire pour son rechargement est estimé à environ 150000m^3 .

Le volume net de matériau de rechargement requis pour des projets de remblayage de plage varie en fonction du degré de dégradation des plages, et le tau de recul du linéaire côtier dans cette zone.

Ce genre d'intervention est largement moins coûteux, sachant qu'un mètre cube d'agrégat coûte deux milles Dinars (2000 DA), si on prend l'exemple de la plage de Zéralda, la dernière installation d'ouvrage de protection (quatre brises lames plus un épi), Le montant globale des travaux est estimé à environ 235.000.000 DA, alors que un rechargement par agrégats ne va coûter que 120.000.000 DA. Alors une telle intervention serait plus économique et plus facile à exécuter, vu la taille du matériau utilisé (un agrégat qui ne dépasse pas quelques centimètres de diamètre).

**CONCLUSION
GENERALE**

CONCLUSION

Le littoral algérien connaît une forte pression (plus de 50% de la population algérienne est concentrée sur le littoral). Les pressions dues aux activités humaines causent des dommages considérables aux écosystèmes et aux paysages côtiers. L'occupation anarchique des espaces littoraux et la surexploitation de ses ressources, sont également à l'origine des problèmes de l'érosion et de la dégradation des milieux marins.

La baie de Bou Ismail qui s'étend sur un linéaire côtier d'environ 40km, n'est pas exempte de cette forte pression. La plupart de ses belles plages et de ses paysages paradisiaques, sont actuellement dénaturés, trop artificialisés et marqués par l'implantation d'un nombre considérable d'infrastructures portuaires et de complexes touristiques sur la côte, ainsi qu'une extraction abusive du sable, ceci a perturbé l'équilibre sédimentaire lequel a aggravé le phénomène d'érosion sur toutes les plages de la baie (Zéralda, Bou Ismail, la Madrague et Sidi Fredj).

Pour remédier à ce problème Les autorités algériennes, ont souvent fait appel à des solutions lourdes et très coûteuses, consistent à installer des ouvrages de protection en enrochements (Brise-lames, épis). Ce système de protection est très archaïque et souvent très lourd. Une simple erreur de protection se traduit souvent par une cascade d'erreurs sur la protection, ceci implique le nombre impressionnant de moyen de protection au km linéaire sur le littoral de la baie de Bou Ismail. Ce genre d'intervention à un effet secondaire négatif sur le milieu côtier, en dénaturant le site et en déclenchant une érosion dans les zones avoisinantes.

Dans l'objectif de faire progresser davantage les techniques de protection du milieu marin, on propose de mettre en œuvre des méthodes innovantes telles que les brise-lames submergés flottants, les géotextiles et le rechargement des plages en agrégats. Ces méthodes dites "douces" sont souvent utilisées en Europe. Ce type d'intervention caractérisé par une meilleure prise en compte des aspects environnementaux et socio-économiques.

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

- ABADI, 1995.** Erosion du front de mer de Bou Ismail (causes, conséquences et perspectives d'aménagement). Mémoire d'ingénieur en aménagement du littoral, ISMAL 101p.
- ALLIOUANE et RAMDANI, 2006.** Aménagement des ports de Zemmouri et d'El Djamila. Mémoire d'ingénieur en aménagement du littoral, ISMAL. 59p.
- AMARIS et GUESSAB, 2005.** Travaux de protection du complexe touristique de Zéralda contre l'érosion marine. Mémoire d'ingénieur en aménagement du littoral, ISMAL 54p.
- BETROUNI M ; 1983.** Le pléistocène supérieur du littoral ouest algérois. Thèse de doctorat de 3^{ème} cycle. Université d'Aix, Marseille II.2002p.
- BOUTIBA M ; 1996.** Etude en vraie grandeur du mode de fonctionnement des ouvrages de protection de la plage Est de Sidi Fredj (W algérois). Thèse de Magister. Option aménagement du littoral. 123p.
- BOUZID et NEHAD, 2006.** Reconnaissance bathymétrique de la baie d'El Djamila à partir des données statistiques. Mémoire d'ingénieur en aménagement du littoral, ISMAL.55p.
- BRAIK D ; 1985.** Étude de la dynamique sédimentaire devant Bou Ismail ; sédimentologie, morphologie, problèmes d'érosion du littoral et aménagement. Thèse de magister. Institut de science de la terre, USTHB, Alger, 174p.
- FEZOUI S et MEHDID N ; 1991.** Contribution à l'étude de l'extension du port de Tipaza, Mémoire de TS, ISMAL. P.
- GHEHIOUECHE et ZELMAT ; 1996.** Cartographie biomorphosédimentologique de la plage de la thalassothérapie. Mémoire d'ingénieur en aménagement du littoral, ISMAL 66p
- HERRIDA et RAIS ; 2006.** Aménagement du port de Tipaza et de Cherchell, Mémoire d'ingénieur en aménagement du littoral, ISMAL. 57p
- KOFFLER, BENDRISS et ZENGERINK ; 2002.** Les géosynthétiques en protection contre l'érosion des berges et en construction d'ouvrages hydrauliques et maritimes. Paris.

LAZALI Y ; 2003. Qualité et quantité des sédiments a dragué dans le port de Sidi Fredj et le port d'El-Djamila, Mémoire d'ingénieur en aménagement du littoral, ISMAL, 88 p.

LECLAIRE L, 1972. La sédimentation holocène sur le versant méridional du bassin Aléro-Baléaire. (Précontinent algérien). Mémoire du muséum national d'histoire naturelle. Série C. Tome 241, 391p

MEZOUAR K ; 2006. Rapport de doctorat « erozium si protetia littoralui romanesc ». Univ technique Bucarest, Roumanie. 105p.

MIOSSEC A ; 2004. Les littoraux : entre nature et aménagement, Ed Armand Colin, Paris. 192 p.

MOUSSOUNI G ; 2003. Aménagement du port de Tipaza, Mémoire d'ingénieur en aménagement du littoral, ISMAL. P

OUKAZI H ; 1993. Le port de plaisance de Sidi Fredj : approche critique à travers son fonctionnement et son impact sur l'environnement immédiat, Mémoire d'ingénieur en aménagement du littoral, ISMAL. P

PASKOFF R ; 1993. Côtes en danger. Ed Masson. Paris 250 p

PASKOFF R ; 2003. Les littoraux : impact des aménagements sur leur évolution. Ed Armand Colin. 257p

SABATIER F ; 2001. Fonctionnement morphosédimentaire du littoral du delta du Rhône. Thèse de doctorat. Univ d'Aix marseille.

Rapports

CEESM Work Shop serie 2002. Erosion littorale en Méditerranée occidentale : dynamique, diagnostic. Ic et remède Tanger.

LEM ; 1984. Etude de protection de rivage Sidi Fredj – Club des Pins Août 1984)

LEM ; 1999. Etude de l'établissement de la carte sédimentaire du littoral algérien (1^{ier} tranche). Rapport de synthèse (mission 6). Wilaya de Tipaza.

LEM ; 1999. Etude de l'établissement de la carte sédimentaire du littoral algérien (1^{ier} tranche). Rapport de synthèse (mission). Wilaya d'Alger.

LEM ; 2005. Dragage et aménagement des ports de pêche de Bou Haroun et Khemisti

Fiches techniques

Caractéristiques techniques du port de Tipaza (DTP de Tipaza, 2007)

Caractéristiques techniques du port de Bou Haroun (DTP de Tipaza, 2007)

Caractéristiques techniques du port de Khemisti (DTP de Tipaza, 2007)

Caractéristiques techniques du rivage de Bou Ismail (DTP de Tipaza, 2007)

Sites web

<http://www.enseiht.fr/hmf/travaux/CD9598/travaux/optsee/hym/nome15/sarlkub/hydro0.htm>

<http://ufcna.com/Etude-impact->

http://www.bape.gouv.qc.ca/sections/mandats/baie_chaleurs/documents/PR3-1_RAP_PRINC.pdf

http://www.ecologie.gouv.fr/article.php3?id_article=5649

<http://www.bretagne-environnement.org/articl-de-la-plaisance-quelle-actions>

<http://ufcna.com/Etude-impact-objectif.pdf>

http://www.bape.gouv.qc.ca/sections/mandats/baie_chaleurs/documents/PR3-1_RAP_PRINC.pdf

<http://www.enseiht.fr/hmf/travaux/CD9598/travaux/optsee/hym/nome15/sarlkub/hydro0.htm>

ANNEXES

Annexe n° 1

Ouvrage	Type d'ouvrage	Longueur	Superficie	Pollution	Impacts positifs	Impacts négatifs	Observations
Port de Tipaza	-Jetée principale (Ouest)	100m		Pollution par des eaux usées	Néant	Néant	Des travaux de réaménagement du port par une société Espagnole Abrantina S.A
	-Jetée secondaire (Est)	60m					
	-Quai Nord						
	-Quai de sud :	90m					
	-Quai de la douané	140m					
	Port de pêche :	100m					
	-Plan d'eau		16500m ²				
-Terre-pleins		12000m ²					
Port de Bou Haroun	Port de plaisance :			Très pollué (pollution microbiologique, eaux usées, métaux lourds et macro déchets)	Abrite le côté Est contre l'érosion marine	Provoque une forte érosion dans le côté ouest	Subit un ensablement par apports terrigènes.
	-Plan d'eau		5500m ²				
	-Terre-pleins		6000m ²				
	-Jetée Ouest	270m					
-Jetée Nord	375m						
-4 quais	661m						
-Le bassin A		14500m ²					
-Le bassin B		15500m ²					
-Terre plein		50715m ²					

Annexe n° 2

Ouvrage	Type d'ouvrage	Longueur	Superficie	Pollution	Impacts positifs	Impacts négatifs	Observations
Port De Khemisti	-4 quais -Terre-pleins -Plan d'eau -Tirant d'eau -Jetée principale -Jetée secondaire	190 ml 2 à 3 m - -	15722m ² 13000m ²	Pollution par des eaux usées	Abrite le coté Est contre l'érosion marine	Provoque une érosion du coté ouest	Il est exposé aux houles de différentes directions son fonctionnement est occasionnel, et subit un fort ensablement.
Front de mer de Bou Ismail	-Mur de soutènement -4 épis (en forme de T)	1200m (hauteur : 4m) (largeur : 5m)	6000m ² 500000m ²	Pollution par des macros déchets	Protège le boulevard de Bou Ismail contre l'action des houles	dénaturalisation du site. Déterioration du paysage. Ils retiennent des eaux usées rejetées en les empêchant d'aller au large.	Mauvaise conception des ouvrages Pénétration des houles à l'intérieur des ouvrages

Annexe n° 3

Ouvrage	Type d'ouvrage	Longueur	Superficie	Pollution	Impacts positifs	Impacts négatifs	Observations
Zéralda	-4 brise-lames	100m (pour chacun)	57000m ²	Pollution par des eaux usées des égouts	Formation d'un tombolo au niveau du 3 ^{ème} brise-lame (à l'est)	Réduction de la largeur de la plage	La moins efficacité de ces ouvrages sur le littoral
	-1 épi	138m				Dénaturalisation du site	
El Djamila	-jetée principale -jetée secondaire -Quai -Plan d'eau -terre-plein	260 ml 160 ml 90 ml	9000m ³ 17500m ²	Pollution bactérienne : eaux usées domestiques	Néant	Néant	Travaux de réaménagement du site d'El Djamila.

Annexe n° 4

Ouvrage	Type d'ouvrage	Longueur	Superficie	Pollution	Impacts positifs	Impacts négatifs	Observations
Sidi Fredj	Partie Ouest : Jetée militaire (forme de « L »)					Forte érosion de la partie Est de la jetée	Dégradation totale de la plage Colonel Abbas
	Le port : -Bassin 1 -Bassin 2 -Bassin 3 -Bassin 4 -Bassin 5 -jetée (Nord) -jetés Sud -Quai et appontement		8000m ² 3000m ² 5000m ² 10000m ² 9400m ²	Pollution bactérienne : eaux usées domestiques		Provoque une érosion de la plage Est	Ensablement du port
	Partie Est : -Epi en « L » -2 épis en « T »	160ml 230ml	70000m ²		Protection de la plage et les installations touristiques	Quantité de sédiments piégés non suffisante pour rétablir les plages et érosion en amont des ouvrages.	L'inefficacité des ouvrages de protection, et la nécessité d'installation d'autres ouvrages de protection

1. Port de Tipaza

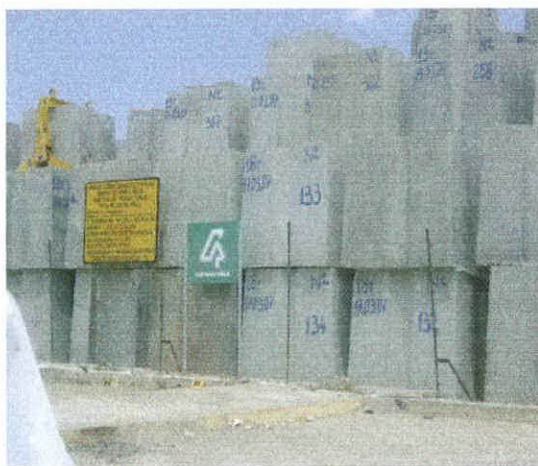


Photo.1. Le stockage des blocs BCR

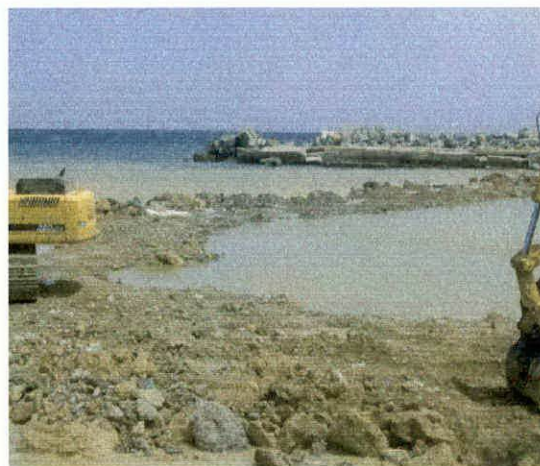


Photo.2. Les travaux du port

2. Port de Bou Haroun

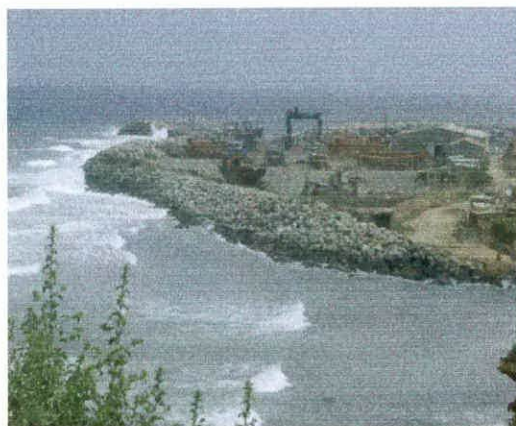


Photo.1. Zone de réparation des bateaux (Radoub)



Photo.2. La plage Ouest du port



Photo.3. Les enrochements de la jetée Est



Photo.4. Côté Est du port

3. Port de Khemisti



Photo.1. Le port de Khemisti vue à partir du port de Bou Haroun.



Photo.2. Côté Ouest du port



Photo.3. La jetée Est

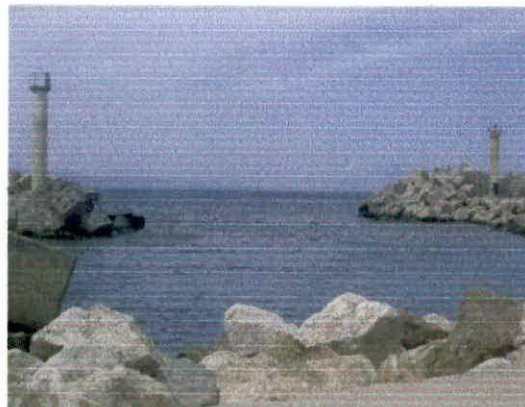


Photo.4. La passe d'entrée



Photo.5. Les embarcations accostées

4. Front de mer de Bou Ismail



Photo.1. Le mur de soutènement



Photo.2. Brise-lame avec digue flottante

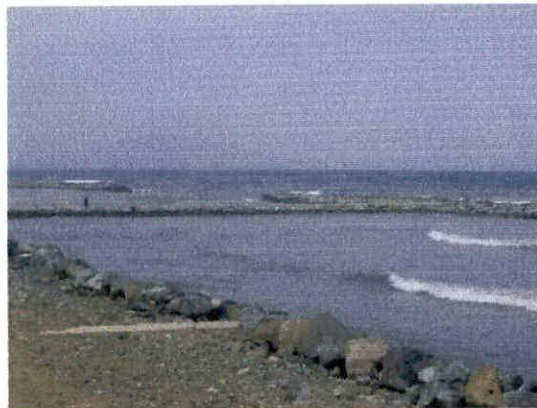


Photo.5. Les ouvrages de protection»
(Épis en « T »)



Photo.4. Un épi en « T »

6. Sidi Fredj (ouest)



Photo.1. L'épi de la plage militaire



Photo.2. L'épi Ouest de la plage de la Thalassothérapie

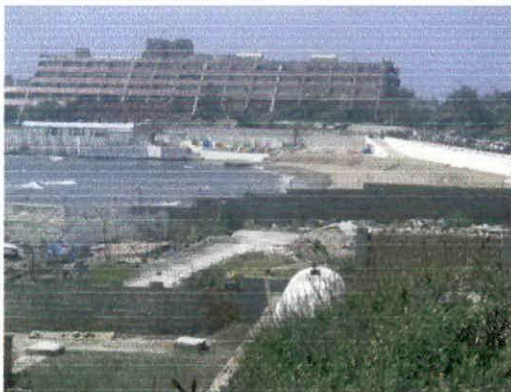


Photo.3. La plage de la thalassothérapie

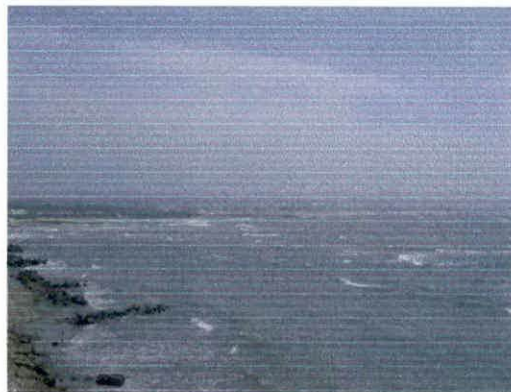


Photo.4. Enrochements devant les maisons touchées par l'érosion marine

5. Zéralda



Photo.1. Tombolo naturel

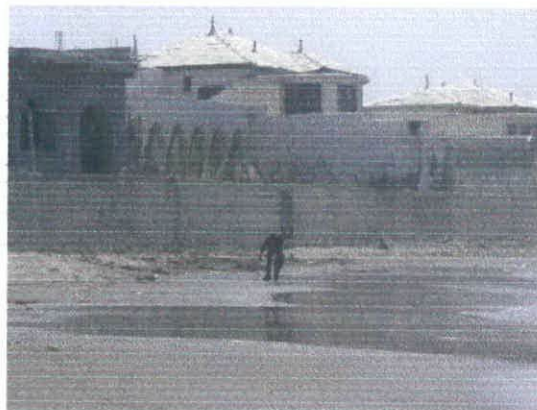


Photo.2. Le mur de soutènement

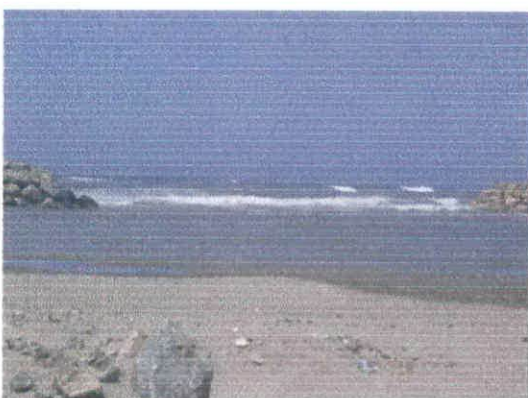


Photo.3. L'espace entre deux brise-lames



Photo.4. Vue d'un brise-lame



Photo.5. La démolition des maisons

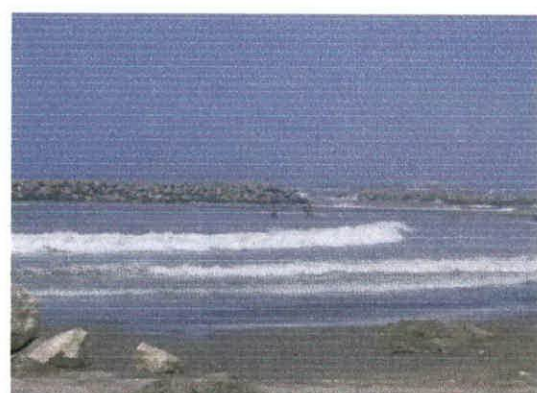


Photo.6. Vue de deux brise-lames