

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل

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



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

**Contribution à l'étude de l'expertise
du brise-lames du port de Bethioua
en vue de son confortement**

Présenté par:

- **AMERAOUI Saliha.**
- **KHALFALLAH Houda.**

Soutenu le 20/07 /2010 devant le jury suivant :

M^{lle}. AMROUCHE	Présidente	ENSSMAL
M^r AMARI. M	Promoteur	ENSSMAL
M^r HAMDI	Examineur	ENSSMAL
M^{me} FEZAA	Examinatrice	ENSSMAL

Promotion : (2010)

Sommaire

Introduction générale	1
------------------------------------	---

Chapitre I : GENERALITES

1. Situation géographique.....	2
2. descriptif du port	2
3. Données naturelles du site.....	5
4. Causes et manifestations des désordres des ouvrages maritimes.....	11

Chapitre II : HISTORIQUE DE L'OUVRAGE ET DESCRIPTIF

1. Construction du port de Bethioua.....	13
2. Description du brise lames.....	13
3. Les dégâts occasionnés par la tempête de 28,29 et 30 Décembre 1980	14
4. La réparation provisoire du brise- lames (1981-1983).....	14
5. Travaux de réparation provisoire (1981-1983).....	15
6. La reconstruction définitive du brise-lames (1986-1994).....	16
7. Travaux de reconstruction définitive	18
8. Les reconnaissances antérieures effectuées par le LEM (1994).....	19
8.1) reconnaissance visuelle aérienne.....	19
8.2) reconnaissance visuelle sous marine.....	20
8.3) levés des profils en travers.....	21

Chapitre III : RECONNAISSANCE ET EXPERTISE DU BRISE LAMES PAR HMI

1. Consistance des travaux	24
2. Matériels et méthode	24
2.1) moyens matériels.....	24
2.2) Méthodologie des levés.....	25
2.2.1) Le levé topographique.....	25
2.2.2) Levés des profils en travers.....	27
2.2.3) L'inspection sous-marine.....	28

3. Etat du brise-lames.....	28
3.2) inspection aérienne.....	28
3.1.1) coté extérieur	28
3.1.2) Coté intérieur.....	31
3.1.3) Postes de chargement	33
3.2) Inspection sous marine coté intérieur	34
4. Résultat et analyse des reconnaissances effectuées	35
4.1) Carapace extérieure.....	35
4. 2) Levé topographique.....	35
4. 3) Coté intérieur (le talus intérieur).....	37
4.4) Les postes de chargement B1, B2, B3.....	37
5. Conclusions	38

Chapitre IV : VERIFICATION DE LA STABILITE DE L'OUVRAGE

1. Pour le profil original (1972).....	40
1.1) Utilisation de la formule d'Hudson pour déterminer	40
Le poids des tétrapodes de la carapace	
Le poids des tétrapodes du musoir	
Le poids d'embrochements de la butée	
1.2) Vérification de l'épaisseur de la carapace	42
2. Pour le profil de la reconstruction définitive (1983).....	42
2.1) Utilisation de la formule d'Hudson pour déterminer	42
Le poids de bloc (BCR) de la carapace	
Le poids de bloc (BCR) du musoir	
Le poids de bloc(BCR) de la butée	
2.2) Utilisation de la formule de Ven der Meer pour déterminer	43
Le poids de bloc (BCR) de la carapace	
Le poids de bloc (BCR) du musoir	
Le poids de bloc (BCR) de la butée	
2.3) Vérification de l'épaisseur de la carapace.....	45
3. vérification des autres paramètres de l'ouvrage	46
(La cote d'arase, la largeur de la dalle de roulement.....)	
4. Conclusion	46

Chapitre V : ETUDE DES VARIANTES PROPOSEES POUR LE CONFORTEMENT DE L'OUVRAGE

1. Description des variantes de confortement	46
1.1) La première variante.....	47
1.2) La deuxième variante.....	48
2. Coût des travaux des deux variantes de confortement du brise-lames.....	49
3. Comparaison entre les deux variantes	55

Chapitre VI : DESCRIPTION DETAILLE DE LA VARIANTE RETENUE

1. Description de la variante retenue	56
1.1) Confortement de l'ouvrage coté extérieur.....	56
A. 1 ^{er} zone (carapace en BCR de 40t) L = 940 ml	56
B. 2 ^{eme} zone (carapace en tétrapodes de 48t) L = 920 ml.....	57
1.2) Confortement de l'ouvrage coté intérieur	57
1.3) Rattrapage de niveau de la dalle de roulement.....	58
2. Réparation des superstructures (postes de chargement B1, B2, B3).....	58
A. Méthodologie de réparation des surfaces de béton de couronnement dégradé des 3 postes de chargement B1, B2 et B3.....	58
B. Passerelles métallique pour piétons des postes de chargement	59
3. Quantités des matériaux de confortement pour la variante n°1 retenue	59
4. solutions proposé pour améliorer la stabilité de l'ouvrage.....	60
Conclusion générale.....	61

Bibliographie

Annexes

Annexe 1 : liste des figures, tableaux, photos dans le texte.

Annexe 2 : Métrés des travaux de confortement.

Annexe 3 : Profils en travers (P 1880 – P 140 – P 940).

Annexe 4 : a album photos.

Dédicaces

A mes chers parents pour qui aucune dédicace ne saurait témoigner de mon profond amour, mon immense gratitude et mon plus profond respect.

A ceux qui m'ont offert la plus noble des éducations et les plus riches principes.

A ceux qui ont été pour moi à chaque instant, avec tous les sacrifices qu'ils ont fait pour moi

A ceux qui m'ont donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance.

Je les remercie pour toute l'aide, la patience, la compréhension, la tendresse, l'amour et le dévouement dont ils font preuve, et par lesquels ils m'entourent depuis mon enfance, merci mes parents.

*A ma petite ange qui m'est très chère, ma très chère fille **Mayssane** (02 ans), qui a supporté mes sautes d'humeur durant les années de mes études, je la remercie pour tout cela, et puisse dieu tout puissant la protéger et la faire grandir dans la joie et le bonheur.*

Mme AMERAOUI Salîha

Remerciements

Au terme de ce travail, Nous tenons à adresser nos sincères remerciements à Dieu Tout Puissant pour la volonté, la santé et la patience qu'il nous a donnée fin de réaliser ce mémoire de fin d'études de la 5^{ème} année Aménagement du littoral à l'ENSSMAL.

Nous tenons aussi à exprimer notre fidèle gratitude à :

Notre promoteur : Mr AMARI Mohamed, notre enseignant et directeur de HMI, qui a accepté de nous encadrer, de nous suivre, de nous guider, et tout l'honneur est pour nous d'être parmi ses disciples, et hommage pour ses qualités morales, à qui nous nous exprimons ici notre profonde gratitude pour l'attention portée afin d'élaborer ce mémoire, sa patience, ses précieuses aides, conseils et son soutien permanent et pour tous ses efforts. Nous tenons à le remercier pour avoir veillé au bon déroulement de notre travail.

** A tous les membres du bureau d'études HMI, pour leur aide, pour nous avoir procuré et mis à notre disposition tous les documents et les renseignements nécessaires à notre travail, envers qui nous éprouvons beaucoup de respect pour leur qualité morale et pour leur dévouement : Messieurs : Abdi Rachid, Haouchine, Ouabbas , Tirouche, Senouci, Idris bey, Challal, Amari Rayan.*

** Monsieur Khellef, Dr chargé de cours en Hydraulique à l'USTHB, Monsieur MECHTI, chef de département suivi de chantiers (LEM), pour nous avoir répondu à nos interrogations et envers qui nous avons eu beaucoup de respect pour ses qualités morales. Ainsi que tous ceux qui nous ont aidés au niveau de l'USTHB et du LEM.*

** Tous nos amis qui étaient présents pour nous aider, qui nous ont soutenues et surtout qui nous ont supportées.*

** Mr Toualbi Mohamed et Le personnel de la bibliothèque de l'ENSSMAL pour leur aide et leur extrême gentillesse.*

** Madame AMROUCHE d'avoir accepté de présider le jury.*

** Monsieur HAMDI et Madame FEZAA d'avoir accepté d'examiner et de corriger ce travail.*

** L'ensemble du corps personnel de l'ENSSMAL de nous avoir offert cette richesse qui est le savoir.*

** Et enfin Monsieur ZOUAKH.D Directeur de l'ENSSMAL, Monsieur SEFIANE Directeur des études ainsi que d'être toujours présents pour nous les étudiants.*

*AMERAOUI Salîha
KHALAFALLAH Houda*

Dédicaces

A mes chers parents pour qui aucune dédicace ne saurait témoigner de mon profond amour, mon immense gratitude et mon plus profond respect.

A ceux qui m'ont offert la plus noble des éducations et les plus riches principes.

A ceux qui ont été pour moi à chaque instant, avec tous les sacrifices qu'ils ont fait pour moi

A ceux qui m'ont donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance.

Je les remercie pour toute l'aide, la patience, la compréhension, la tendresse, l'amour et le dévouement dont ils font preuve, et par lesquels ils m'entourent depuis mon enfance, merci mes parents.

*A mes frères qui me sont très chers, ma sœur **Soundousse**, mes frères **Sif-eddine** et **Abd-elghani**, qui m'ont prodigué des enseignements, suivis pas à pas, se sont donnés la peine de me soutenir, je les remercie pour tout cela, et puisse dieu tout puissant les protéger.*

KHALAFALLAH Houda

Lexique

Termes techniques en souligné :

BL : brise lames.

BCR : bloc cubique rainuré.

NGA : nivellement général de l'Algérie.

COVADIS : logiciel de topographie.

TXT : format texte.

D.A.O : module dessin (Autocad)

P : profil.

B : postes de chargement.

Termes administratifs en gras :

HMI : hydro marine ingénierie.

DTP : direction des travaux publics.

LEM : laboratoire d'études maritimes.

IDH : institut Danois d'hydraulique.

NEDECO : bureau d'études Hollandais.

CNTS : centre national des techniques spatiales d'Arzew.

Les unités :

m : mètre.

ML : mètre linéaire.

m³ : volume.

Ha : hectare.

Cm : centimètre.

T : tonne.

P : abréviation pour la profondeur.

L : abréviation pour la largeur.

H : abréviation pour la hauteur.

***INTRODUCTION
GENERALE***

Introduction générale :

La baie d'Arzew est exposée à un risque permanent d'accidents maritimes, car elle est soumise aux vents de dérive dominants. Cette baie qui est située dans un abri fermé englobe des infrastructures portuaires de grande importance pour l'économie du pays, donc la surveillance et l'entretien de ces ouvrages s'avère nécessaire pour assurer la sécurité des personnes et des biens.

Les ports d'Arzew et de Bethioua assurant 70% des exploitations d'hydrocarbures de l'Algérie.

Dans cette optique, le travail que nous allons présenter dans ce mémoire porte sur une contribution à l'étude de l'expertise du brise-lame du port de Bethioua en vue de son confortement, effectuée par le Bureau d'étude HMI de Décembre 2009 à Avril 2010.

Le mémoire comporte 06 chapitres principaux :

- ❖ Le premier chapitre consiste à rassembler les indications générales des conditions naturelles sur la zone d'étude.
- ❖ Le deuxième chapitre sera consacré à l'étude de l'historique et la description de l'ouvrage.
- ❖ Le troisième chapitre comporte l'essentiel de notre travail, il s'agit d'une étude de reconnaissance et d'expertise du Brise-lames dans laquelle on a montré les moyens matériels utilisés et les résultats obtenus.
- ❖ Le quatrième chapitre sera consacré à la vérification de la stabilité de l'ouvrage par les deux formules empirique d' **Hudson** et **Van Der Meer**.
- ❖ Le cinquième chapitre présente les deux variantes proposées pour le confortement de l'ouvrage.
- ❖ Enfin dans le sixième chapitre nous allons exposer la description détaillée de la variante retenue et les différentes solutions pour le confortement de l'ouvrage.

Notre mémoire est illustré par des plans et des schémas de l'ouvrage et un album photo illustrant les travaux exécutés lors de l'expertise et les dégradations occasionnées à l'ouvrage par les différentes tempêtes.

Durant la préparation de notre mémoire nous avons été encadrés par les ingénieurs du Bureau d'études Hydro Marine Ingénierie (HMI) dirigé par Mr AMARI.M, notre enseignant.

CHAPITRE I
GENERALITES

1. SITUATION GEOGRAPHIQUE :

Le port de Bethioua est situé au chef lieu de la daïra de Bethioua (W. d'Oran) à 7.0 Kms à l'Est du port d'Arzew. Il est localisé à 35° 48' 50" de latitude Nord et à 00° 15' 23" de Longitude ouest. (Voir Figure N°1). Ce dernier a été créé pour l'exploitation de :

- Gaz naturel liquéfié(GNL) - pétrole brut - gaz de pétrole liquéfié(GPL)

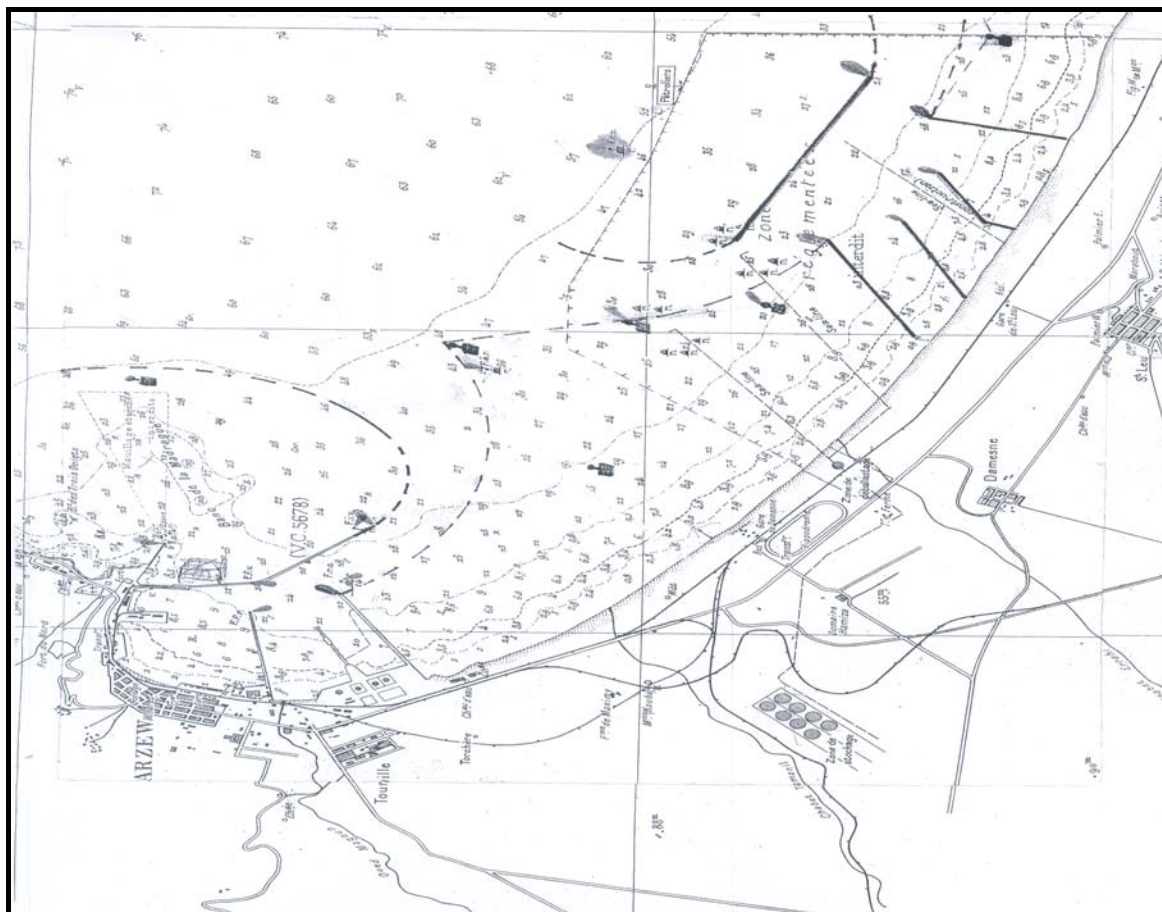


Figure N° 1 : Situation géographique du Brise-lames du port de Bethioua

2. DESCRIPTIF DU PORT DE BETHIOUA

Le port de Bethioua est protégé par un brise-lames de 2.0 Kms environ orienté Nord Ouest – Sud Est, implanté à des profondeurs de 25 m. et deux jetées de 01 Km chacune totalisant un plan d'eau de 192.50 hectares (voir figure N°2). Les deux passes d'entrée Ouest et Est ont une largeur de 400 m.

Il dispose de 10 postes de chargement avec des profondeurs de 13 à 23.5 mètres destinés essentiellement au transbordement des GNL, GPL, condensat et brut.

La longueur totale des postes de chargement est de 4 250 ml.

La superficie des terre-pleins du port est de 36 hectares.

Du côté intérieur du brise-lames se trouve un quai de servitude de 250 ml utilisé pendant les travaux de réparation.



*Figure N°2 : Situation de la zone d'étude (Port de Bethioua)
-à gauche le port d'Arzew-*

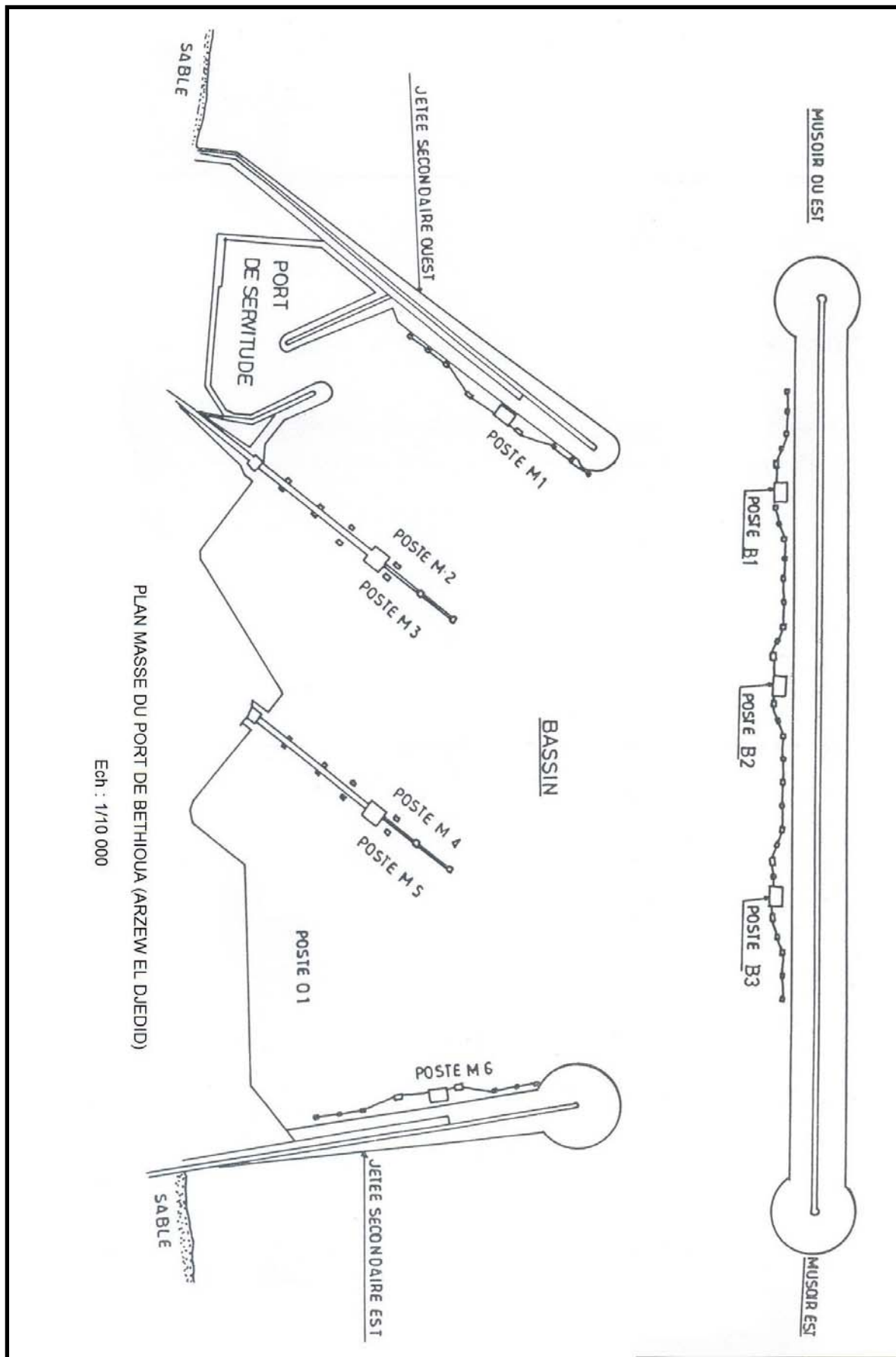


Figure N°3 : Plan Masse du port pétrolier de Bethioua

3. DONNEES NATURELES DU SITE :

➤ Les vents :

Le régime des vents au large du Golf d'Arzew est caractérisé par la prédominance de deux secteurs, l'un centré sur le Nord-Est, surtout marqué pendant les mois d'été, et l'autre centré sur l'Ouest-Sud-Ouest, surtout marqué pendant les mois d'hiver. Les vents les plus forts soufflent pendant la période de l'hiver, de la mi-October à Avril et plus particulièrement en Février et en Mars. Les vitesses de vent atteignent les 25 m/s. (90 Km/h).

Les vents dominants à Bethioua sont centrés :

- sur le Sud-Ouest, avec un déplacement vers l'Ouest-Sud-Ouest et l'Ouest avec des vitesses supérieures.
- Et sur le Nord-Est, avec un léger déplacement vers le Nord-Nord-Est aux vitesses supérieures.

➤ Les houles :

Le site est exposé aux houles de secteur Nord Ouest à Nord Est.

Le secteur de houle déterminant pour les conditions du site a été retenu à N 325° - N 55° avec deux sous-secteurs : N 325° - N 15° et N 15° - N 55°.

Les résultats des extrapolations statistiques des données obtenus pour les amplitudes de houles significatives au large en fonction de la période de retour sont donnés dans le Tableau N°1.

Tableau N°1: Conditions des houles au large du port de Bethioua (Hs)

SECTEUR	PERIODE DE RETOUR (ans)					
	3	5	10	25	50	100
N 325° - N 55°	6.3 m	5.7 m	7.4 m	8.4 m	9.1 m	9.9 m
N 325° - N 15°	5.5 m	5.8 m	6.2 m	7.1 m	7.8 m	8.7 m
N 15° - N 55°	5.9 m	6.4 m	7.2 m	8.2 m	9.0 m	9.8 m

Source : KNMI – Institut hollandais de météorologie

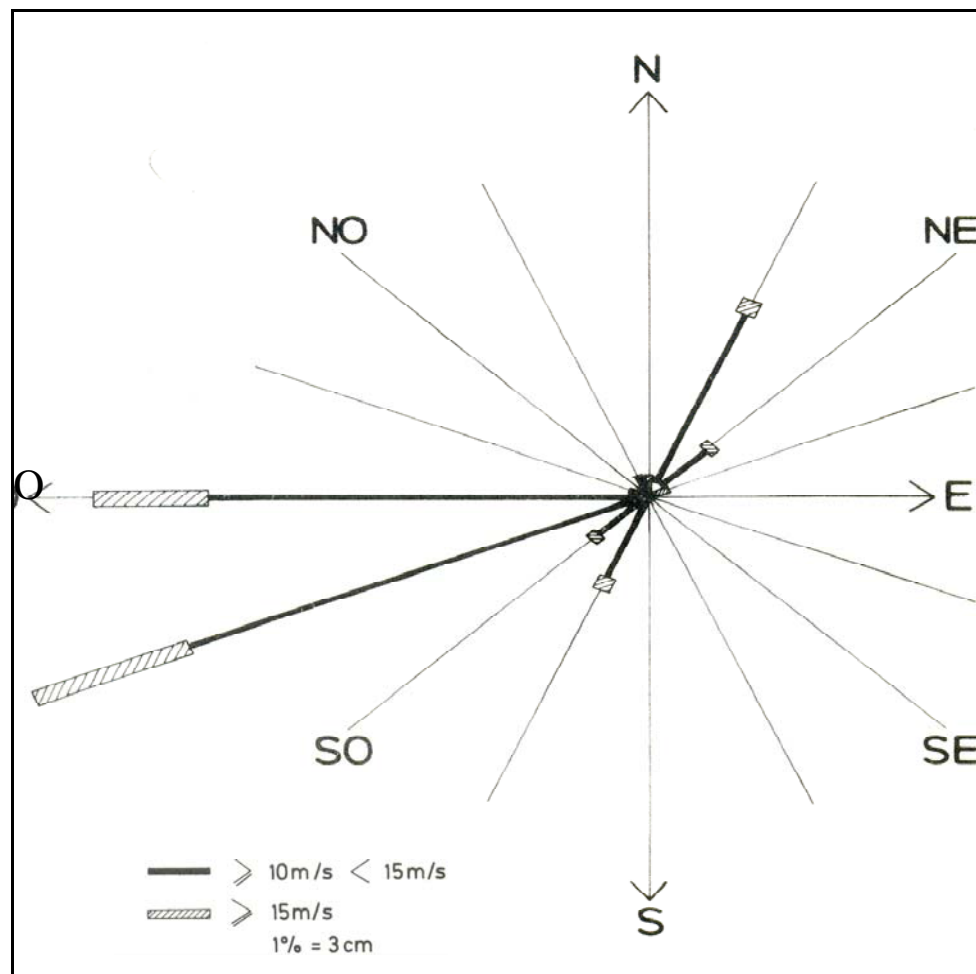


Figure N°4 : La Rose des vents au port de Bethioua

➤ La marée

L'amplitude de la marée est généralement faible en méditerranée, le marnage est de 0,2m marée de vive –eau moyenne.

Les variations de la pression atmosphérique peuvent entrainer une différence maximale de 0,8m entre les niveaux de l'eau.

➤ Les Courants

Des observations, faites avant la construction du port, il ressort que le régime permanent devant Bethioua, et en excluant les effets du vent et des houles, serait celui d'un courant portant vers le Nord-Est, suivant la côte avec une vitesse moyenne de 0.2 à 0.25 nœuds et engendrant des petits tourbillons le long de la côte accidentée ou des fonds. Ces courants peuvent atteindre dans certains cas des vitesses max. de 2 à 3 nœuds.

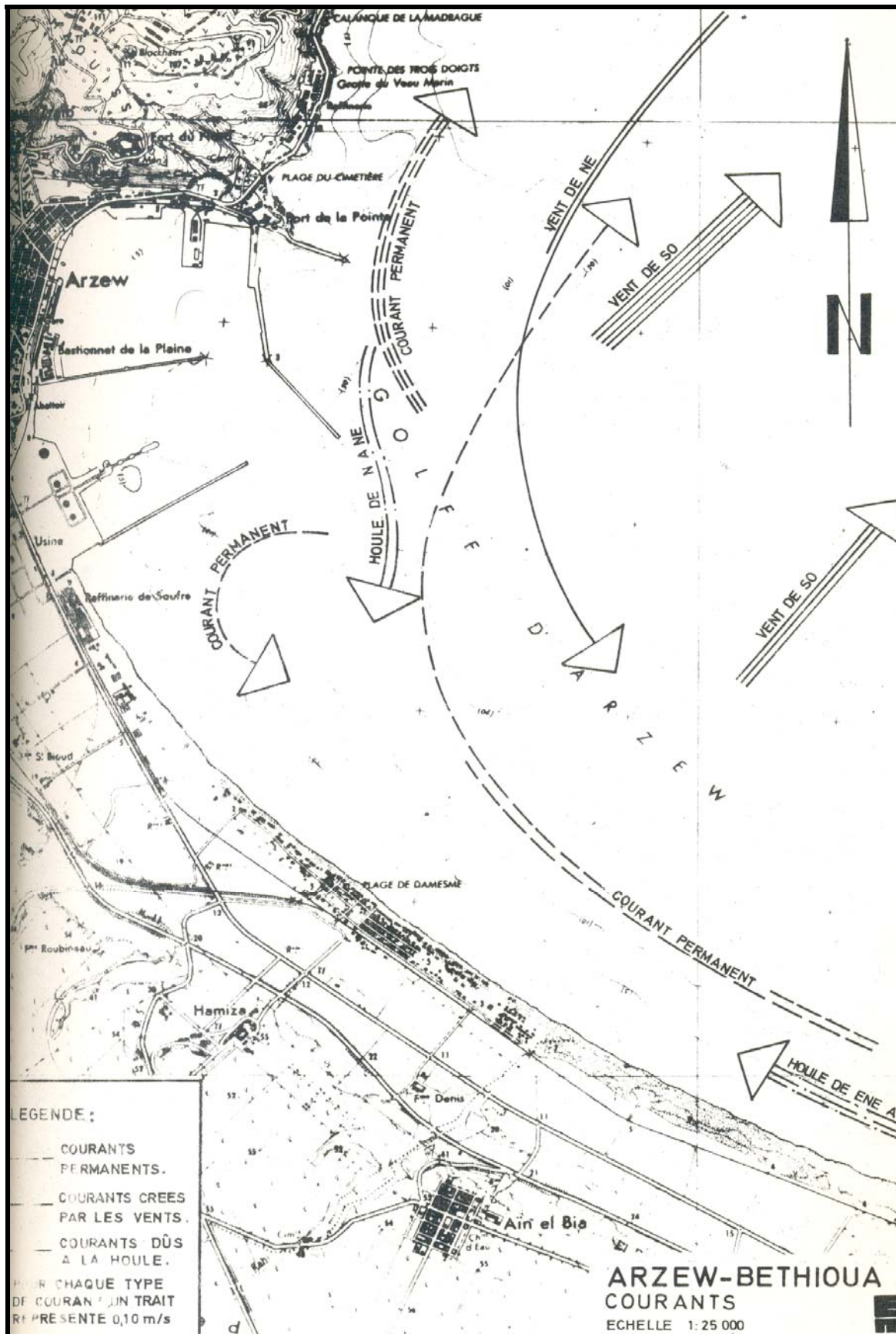


Figure N°5 : Les différents courants marins dans la région de Bethioua .

➤ La sédimentologie

Les dépôts sédimentaires du Golfe d'Arzew, près de la côte comme au large montraient avant la construction du port, une absence totale d'apports terrigènes.

Le bilan énergétique est généralement stable, avec pratiquement aucun apport et aucune perte.

Dans la zone du port, la couverture sédimentaire montre la prévalence de :

- sable détritique jusqu'au isobathes -10 m à -15 m ;
- bioclastique sablonneux de l'isobathe -10 m ou -15m à l'isobathe -20 m ou -25 m. Le bioclastique comprend principalement du coquillier et des débris apparentés (37%), des débris d'algues calcaires (46%) et du sable et sablon terrigène (5%) ;
- gravillons au large de l'isobathe -17 m et au-delà.

➤ La géotechnique

En général, le sous sol dans la région est formé d'une couche superficielle de sable dont l'épaisseur varie de 2 à 6 mètres.

Sous cette couche superficielle de sable se trouve une couche de grès calcaire d'épaisseur variable mais de l'ordre en général de 2 à 8 mètres. Le sous sol profond est formé de marne dont une couche superficielle est altérée.

Au niveau du brise-lames, sur la base des données existantes, les considérations suivantes ont été retenues :

- le fond marin sous le brise-lames est constitué d'une couche de sable d'épaisseur variable de 1.30 m à 4.20 m, et en moyenne de 3.25 m.
- la qualité de sable est décrite comme sable limoneux fin à moyen et très lâche à lâche,
- le sous-sol est constitué de couches de grès calcaire et de marne altérée ou saine. Ces couches sont résistantes et relativement imperméables.

Le sable de la couche supérieure est susceptible du risque de liquéfaction. La densité relative est d'environ 30% à 40% et le sable est relativement imperméable. La liquéfaction peut être provoquée par une augmentation des pressions interstitielles causées soit par l'effet des houles soit par un séisme. Notons que le port de Bethioua est situé dans une zone à forte sismicité, dans le même champ sismique du séisme de Chlef d'Octobre 1980.

Ces surpressions interstitielles dans le sable qui provoque le phénomène de liquéfaction pourrait affecter la stabilité du pied de talus et mettre la carapace en péril. Le matelas de filtre au pied de talus est réalisé dans ce sens pour éviter ce phénomène (matelas de fascines).

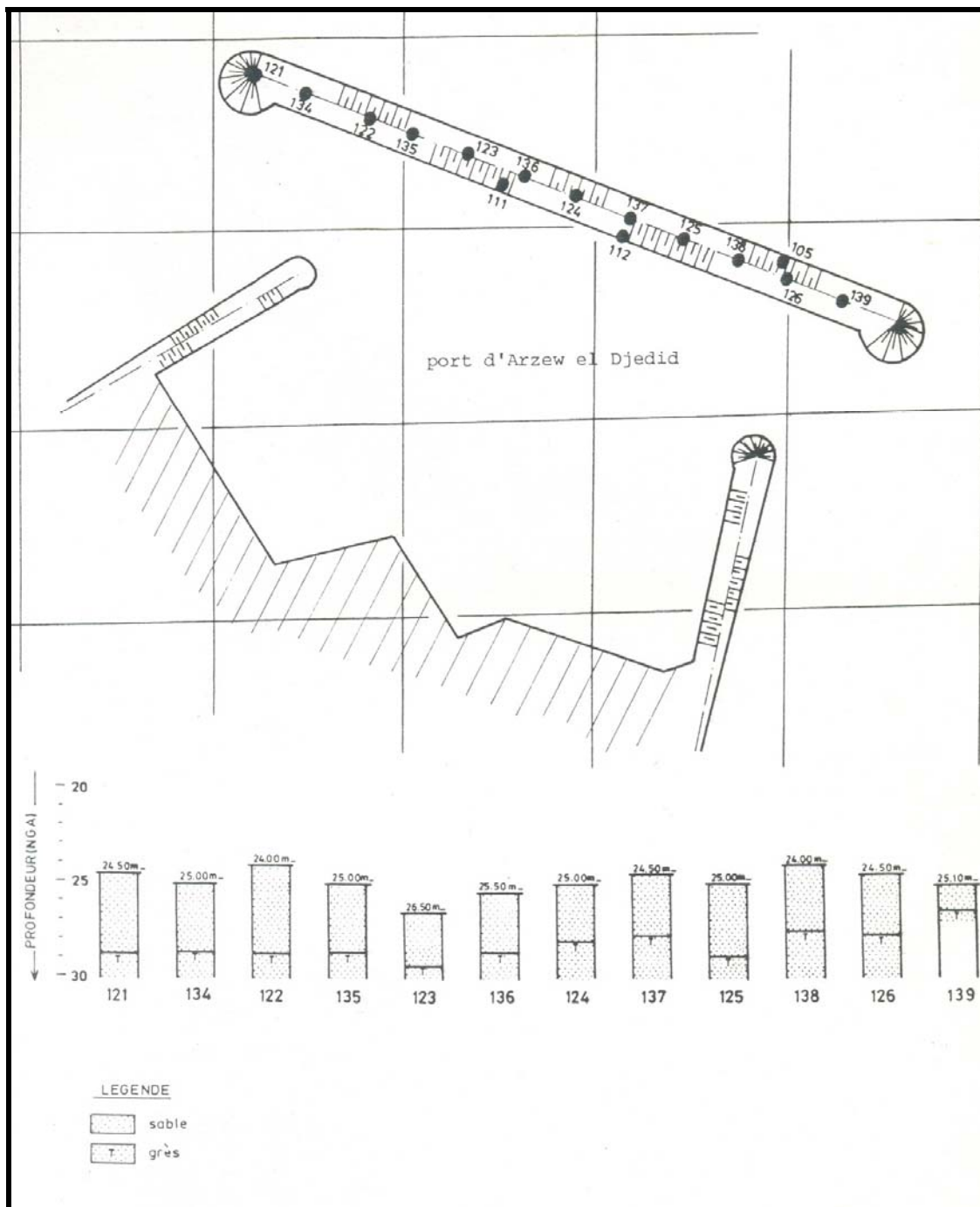


Figure N°6 : plan de port et localisation des forages, l'épaisseur de la couche de sable supérieur

➤ La morphologie

Ce golfe présente un plateau continental très réduit au pied de Djebel Ourousse et Sicioum, c'est-à-dire à cap carbon alors que la pente du plateau continental devient de plus en plus douce à partir de Marsa ElHadjaj jusqu'à l'embouchure de l'oued Chélif.

Au débouche des plaines de Sig et Mohammedia, le plateau continental est important. Les fonds du golfe d'Arzew sont en pente douce de l'isobathe 0 m à celle de 200 m, la largeur du plateau est d'environ de 25 km.

En particulier entre l'isobathe 50 m et 100 m, les fonds descendent en pente très douce. La distance entre ces deux isobathes est d'environ de 20 km (Bakalem ; 1980).

➤ La sismicité :

La région de port d'Arzew est située dans une zone fortement exposée au danger de tremblement de terre, il faudra donc tenir compte de ce risque lors de l'étude de la stabilité du brise-lames.

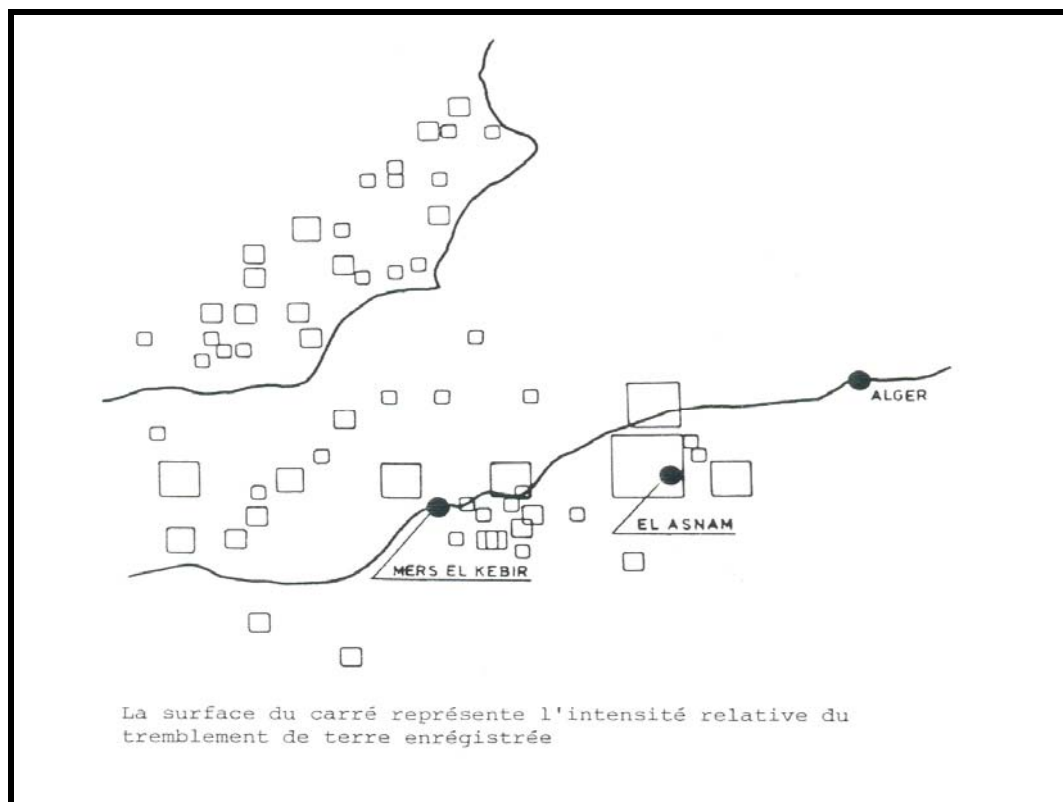


Figure N°7 : localisation des événements de tremblement de terre

4 : Causes et manifestations des désordres :

Les ouvrages en enrochements sont des ouvrages souples, "vivants", qui, dès leur conception, sont prévus pour subir des déformations et des désordres tout au long de leur vie.

Ces désordres peuvent être légers ou importants suivant le dimensionnement des éléments constitutifs de l'ouvrage par rapport aux conditions auxquelles ils sont soumis, mais aussi suivant la durée de vie pour laquelle l'ouvrage a été conçu.

Les principaux désordres constatés sur les digues peuvent dépendre de :

- houles et surcotes exceptionnelles,
- sous estimation des houles de projet,
- blocs de carapace sous-dimensionnés et mis en place de façon incorrecte,
- sous couches de taille et granulométrie non adéquates,
- butée de pied trop petite ou exécutée sans précautions suffisantes,
- mur de garde pouvant être dangereux pour la stabilité de la partie supérieure de la carapace,
- faiblesses structurelles présentées par les blocs à jambes multiples (tétrapodes, acropodes, ...),
- manque de soin et de surveillance des travaux de construction (ou de réparation),
- abandon partiel des entretiens,
- vieillissement des matériaux constitutifs,
- chocs de navires venant heurter la structure de la digue,
- etc.

On peut regrouper la plupart de ces causes sous une seule dans le sens où il faut qu'une énergie soit mise en œuvre pour engager un mécanisme de désorganisation d'une digue.

Tous les désordres affectant un ouvrage se traduisent au travers d'un certain nombre de phénomènes plus ou moins visibles en surface :

- l'usure des blocs,
- des fissures,
- des déplacements,
- des glissements,
- des cavités,
- des tassements,
- des déstructurations de la carapace,
- des défaillances des butées de pied ou des risbermes,
- des brèches dans le couronnement.

Tableau 2 - Causes possibles de désordres sur les digues

Réf.	Désordre	Causes possible
1	Erosion du pied de digue	Agitation trop importante. Courants transversaux trop forts. Sous-dimensionnement des blocs de la butée de pied. Longueur de la butée de pied insuffisante....
2	Tassement du pied de digue	Affouillements. Tassements différentiels....
3	Tassement de l'ensemble de la digue	Stabilité géotechnique du sous-sol. Tassements des matériaux constitutifs (noyau, sous couches,..)..
4	Tassements ponctuels de la digue	Pertes de matériaux. Ruptures de cavités. Hétérogénéité du sous-sol....
5	Déformation de la carapace extérieure	Sous dimensionnement de la carapace. Rupture ou érosion des éléments de la carapace. Tassements différentiels. Rupture de cavités....
6	Déformation de la carapace intérieure	Franchissement de la digue (jet de rive). Agitation trop importante du plan d'eau. Tassements différentiels. Rupture de cavités (effondrement). Circulation d'eau trop importante au travers du corps de l'ouvrage (noyau trop perméable)....
7	Déformation du couronnement	Stabilité et rigidité du couronnement insuffisant Franchissement trop important. Perte de matériaux du noyau. Déformation de la carapace intérieure. Evolution du remplissage. Rupture de cavité....
8	Brèche dans le couronnement	Concentration de la houle. Action d'une tempête d'amplitude ou de direction exceptionnelle..

CHPITRE II
HISTORIQUE DE L'OUVRAGE
ET DESCRIPTIF

1. Construction du port de Bethioua :

Le port pétrolier de Bethioua a été réalisé durant la période de 1974 à 1979 par un groupement de quatre d'entreprises [SONATRAM (Algérie), PHILIPP HOZMANN (Allemagne), DYCKERHOFF/WIDMANN(Allemagne) et VAN MATTUME BLANKEVOURT (Hollande)]

2. Description du brise-lames

Le brise lames du port de Bethioua a été réalisée suivant un profil type d'origine (1972) dans sa partie courante et un profil type au niveau des musoirs, (voir les profils d'origine ci après) (profil N° 1 et profil N° 2)). Ce profil est constitué :

- D'un noyau en tout venant de carrière arasé à la cote -6.50m et fondé à des profondeurs de 25m environ.

Du coté extérieur :

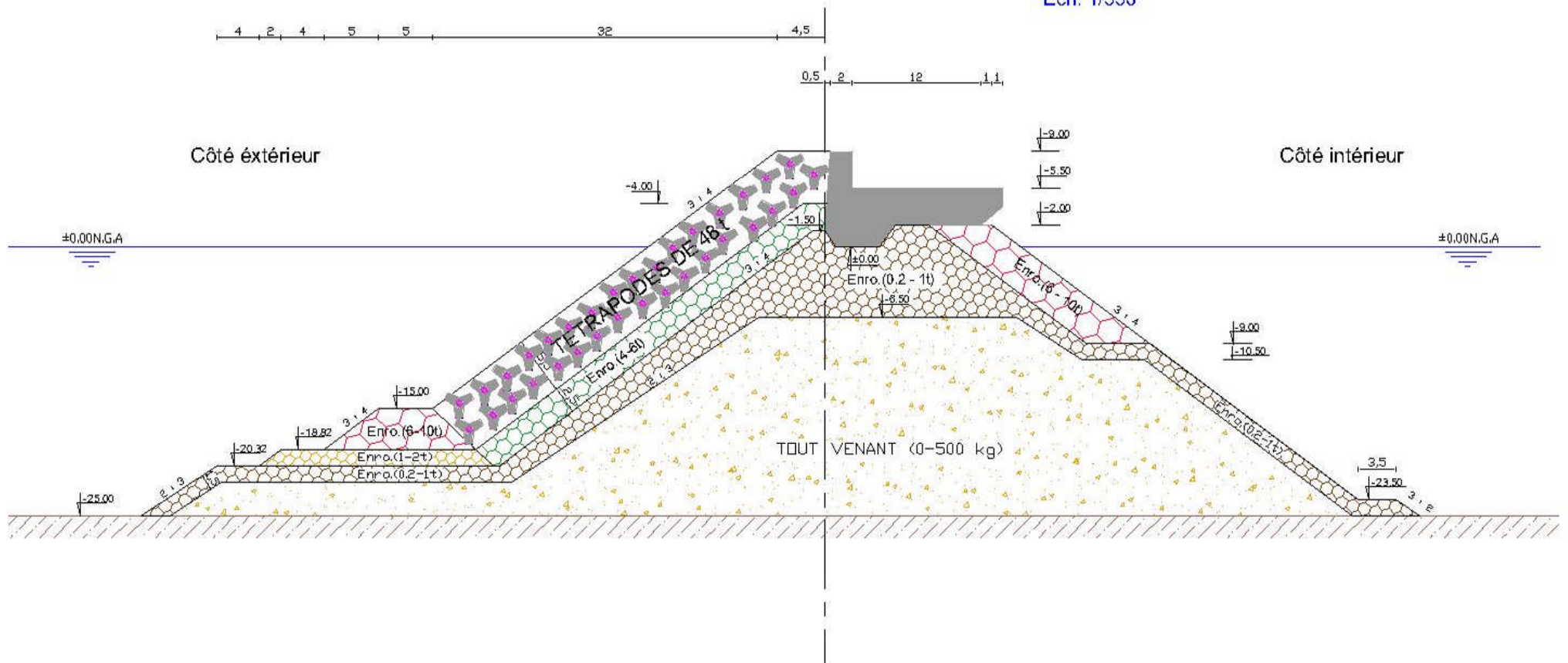
- D'une première sous couche filtre en enrochements de (0.2-1t) d'épaisseur moyenne de 1.5m qui repose sur le noyau avec une berme à la cote -6.50m et continu jusqu'au niveau inférieur du couronnement.
- D'une deuxième sous couche filtre en enrochements de (4 - 6t) d'épaisseur de 2.5m.
- D'une carapace en tétrapodes de 48 tonnes d'épaisseur de 5.5m et d'une pente de 4/3 arasée à la cote +9.0m.
- D'une butée en enrochements de 10t reposant sur une couche filtre en enrochements de (1 -2t) et ayant une berme de 5.0m, arasée a la cote -15m.

Du coté intérieur :

- D'une protection en enrochements de tonnage variable sur la hauteur du profil d'une catégorie (6 -10 t) au niveau de la partie supérieure jusqu'à la cote -9.0m et d'une catégorie (0.2 -1t) au-delà de cette cote jusqu'au fond.
- Le couronnement est constitué d'une dalle de roulement de largeur de 14.0m arasée à la cote +5.50m et d'un mur de garde arasé à la cote +9.0m

PROFIL N° 1 : Profil original 1972 partie courante
Brise lames du port de BETHIOUA

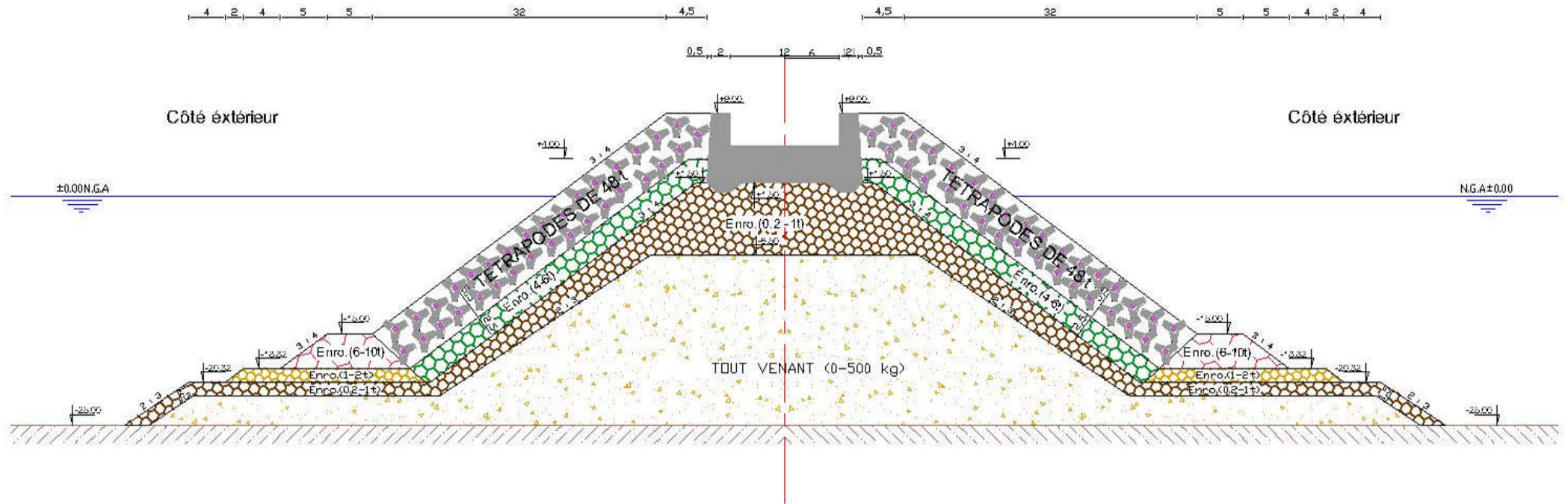
Ech: 1/550



SOURCE : HMI
Amraoui et Khalfallah

PROFIL N°2 : PROFIL ORIGINAL 1972 PARTIE MUSOIR

Ech: 1/500



3. Les dégâts occasionnés par la tempête de 28,29 et 30 Décembre 1980 :

Lors de la grande tempête de 28,29 et 30 Décembre 1980 qui a sévié au port pétrolier de Bethioua, le brise-lames de Bethioua a subi des dommages importants sur environ 900 ml (partie centrale) ces dommages sont comme suit :

a- Au niveau du couronnement :

- des affaissements verticaux ont été constatés ainsi que des déplacements horizontaux d'une partie du couronnement vers le coté port.
- Fissures verticales dans les parties massives du couronnement et des ruptures du mur de garde entière ou partielle.
- Déplacement total du couronnement au niveau des deux musoirs.

b- Au niveau de la carapace :

- disparition totale ou partielle de la carapace sur certains endroits au dessus du niveau d'eau,
- Déplacement et cassure des tétrapodes au niveau des endroits intacts de la carapace.
- Disparition complète des parties supérieures des deux musoirs, Est et Ouest.

c- Sous- couche :

- Disparition des sous- couches dans certains endroits causant des cavernes et des vides sous le mur de garde.

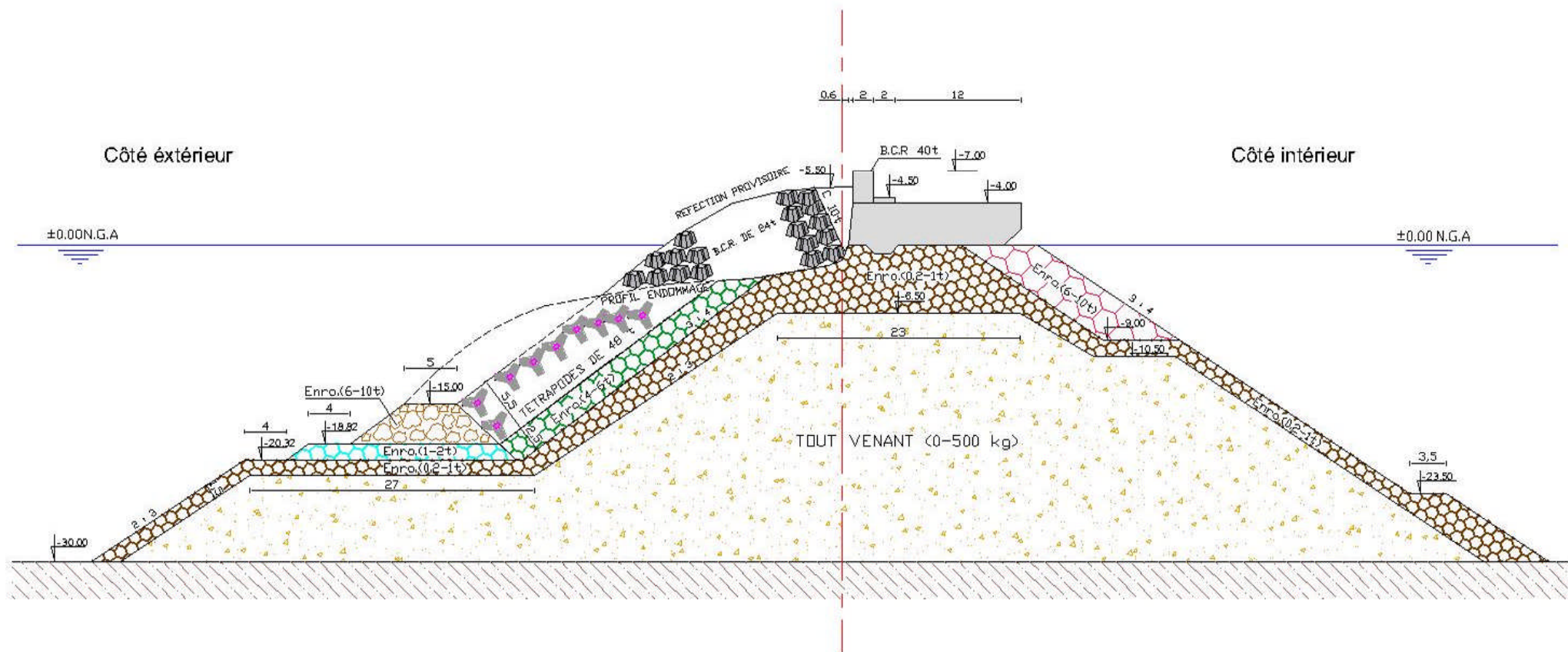
4. La réparation provisoire du brise- lames 1981-1983:

Après les dégâts occasionnés par la tempête de Décembre 1980 la Direction des Travaux Publique d'Oran (DTP) a demandé au Laboratoire d'Etudes Maritimes (LEM) en collaboration avec l'Institut Danois d'Hydraulique (IDH) de procéder a l'étude de la réparation provisoire du brise lames de Bethioua.

Sur la base du profil le plus endommagé un profil type de réparation provisoire a été recommandé par le LEM/IDH (voir profil N°3).

profil N°3 : Profil en travers de réparation provisoire de 1981
(Brise lames port de Bethioua)

Ech: 1/500



5. Travaux de réparation provisoire (1981-1983) :

Les travaux de réparation provisoire ont concerné les sections courantes endommagées, du brise-lames excepté les musoirs. Cette réparation a été réalisée durant la période allant de 1981 à 1983 et à concerné les principaux travaux suivants :

- fragmentation des parties endommagées et érodées du mur de garde pour comblement des cavernes et des vides.
- rechargement du corps du brise-lames en enrochements de (0.2- 1t), (1- 3t) et (4-6t).
- mise en place de sacs de jute dans les vides de couronnement et injection de béton dans les fissures.
- rechargement de la carapace par des BCR (blocs cubiques rainurés) de 24t et BCR de 10t et 12t.
- enlèvement des tétrapodes cassés de 48 tonnes et mise en place de nouveaux tétrapodes de 48 t au niveau des parties relativement intactes.

Les entreprises qui ont participé à ces travaux sont :

SOTRAMO (Algérie) - ADRIAN VOLKER (Hollande) - CONDOTTE (Italie).

Les principales quantités de matériaux utilisés pour la réalisation du confortement provisoire effectué de 1981 à 1983 sont données dans le tableau suivant :

Tableau n°3: la quantité des matériaux utilisés pour la réfection provisoire du BL de Bethioua (1981-1983).

N	Désignation	Unité	Quantité
1	Tout venant de carrière et enrochements toutes catégories confondus.	T	114 435
2	Colmatage des cavernes	M ³	2.029
3	Fragmentation du mur de garde	M ³	5877
4	Tétrapodes de 48 T (20m ³).	U (m ³)	404(8080)
5	Tétrapode de 30 T (12.5 m ³)	U (m ³)	25(312.5)
6	Blocs cubiques rainurés de 24T (10m ³)	U (m ³)	4691(46910)
7	Blocs cubique de 10 et 12 T (4.60 m ³)	U (m ³)	2 220(10 212)

La quantité totale de blocs artificiels en béton mise en place entre tétrapodes de 48t, 30t et BCR de 10t, 12t et 24t est de 65 514 m³

6. La reconstruction définitive du brise-lames :

Dans le cadre de la reconstruction définitive du brise-lames de port d'Arzew- El- Djadid, une étude sur modèle réduit a été effectuée entre Novembre 1982 et juillet 1983 par le laboratoire hydraulique de Delft(Hollande) en collaboration avec NEDECO(Bureau d'étude Hollandais).

▪ Première étude : s'étale de novembre 1982 à mars 1983.

Le laboratoire hydraulique de Delft a effectué une étude sur les conditions hydrographique et une étude sur modèle réduit par rapport à la stabilité et les franchissements du profil original afin de déterminer les probables causes de la destruction du brise-lames lors de la tempête de Décembre 1980.

▪ La deuxième étude : s'étale de mars à juillet 1983

Cette phase comporte une étude sur modèle réduit physique par rapport à la stabilité et les franchissements des variantes pour la reconstruction définitive du brise-lames. Ils ont effectué des essais sur trois variantes différentes.

Les résultats des essais ont montré que **la deuxième variante représente une stabilité suffisante**, pour cette raison elle a été choisie pour être optimisée.

La reconstruction définitive du brise lames a été effectuée suivant deux profils recommandés par NEDECO :

- **Profil A** : pour la partie endommagée pour **940 ml** dans **la partie centrale du brise-lames**
- **profil B** : pour la partie relativement intacte sur **840 ml vers les deux musoirs Est et Ouest.**

Descriptif du Profil A :(voir profil. n°4)**Du Coté extérieur :**

- une carapace est constituée de deux sous couches en BCR de 40 t sur le talus inférieur et une seule couche de talus supérieur.
- la cote d'arase de la berme est de - 3 m, tandis que celle du haut de la carapace est de + 8 m avec une pente de 2 pour 1.
- une première sous couche en enrochements (0,2 - 1t) à partir de la cote de -11,45m.
- une deuxième sous couche en enrochements (4 - 6t) qui sert d'assise à la carapace.
- une buté en BCR de 12 t arasé à la cote de -16 m reposants sur une assise en enrochement de (1 – 3t).
- un matelas de filtre posé sur le fond marin à environ -28 m, ballasté par des enrochements de catégories (10 – 60 kg) et (60- 300kg).
- un cordon de tout venant sur la carapace existante à partir de la cote -13,25 m environ.

Du coté intérieur :

- un tapis de pied en tout venant (élargissement du talus intérieur horizontalement sur 22 m) à partir de la cote de -20m.
- Pour le couronnement, le mur de garde détruit à été remplacé par une rangée de blocs de BCR de 40 t posée sur la dalle de roulement parallèlement au mur de garde et espacés entre eux de 50 cm.

Descriptif du Profil B : (voir profil. n°5)

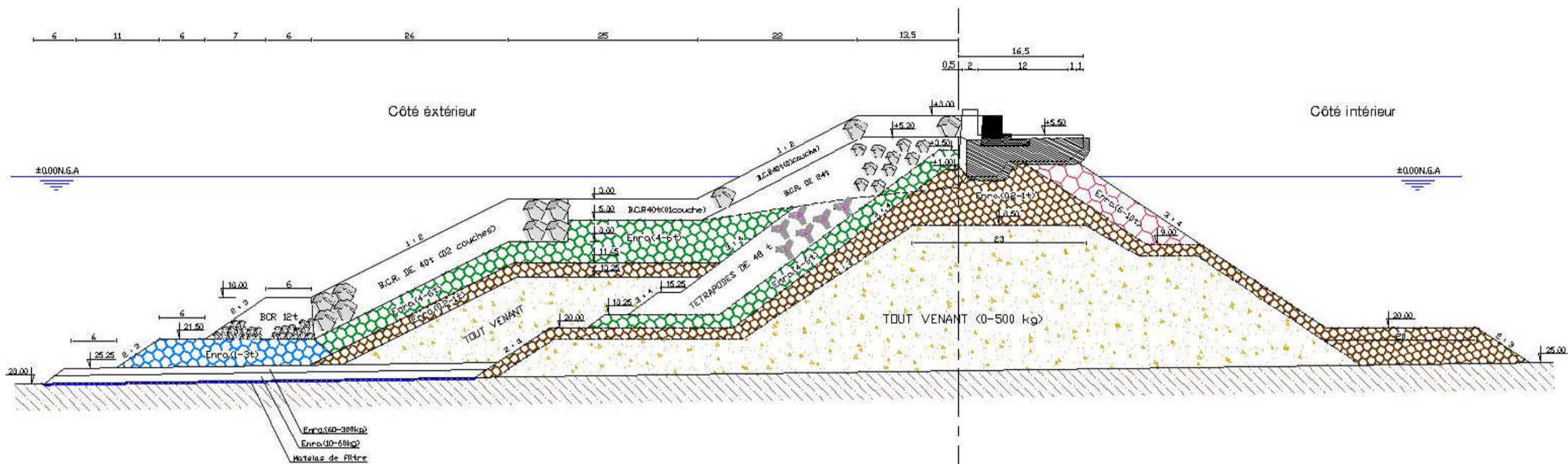
Concerne relativement les parties intactes du brise lames. Il est de même conception que le profil A, à l'exception de la berme horizontale des rangées de BCR et de la carapace du talus inférieur qui sont arasées à la cote -2 m.

La partie supérieure de la carapace est composé de tétrapode de 48 t.

Pour les musoirs qui ont été complètement détruits, ils ont été confortés suivants plusieurs types de profils et avec le même principe de la partie courante mais au niveau de la carapace des blocs de 60 t et 65 t ont été utilisés (voir profil N° 6 et 7).

PROFIL N° 4 : Profil en travers Type A de la reconstruction définitive
(Partie centrale BCR.40t)

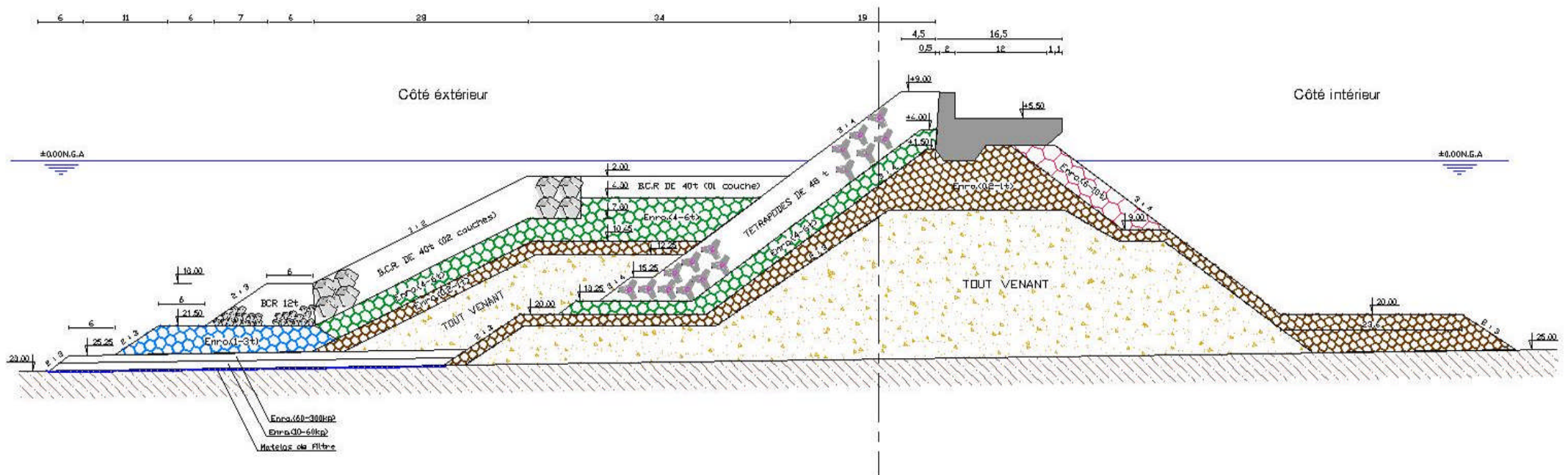
Ech: 1/550



SOURCE : HMI
Amraoui et Khalfallah

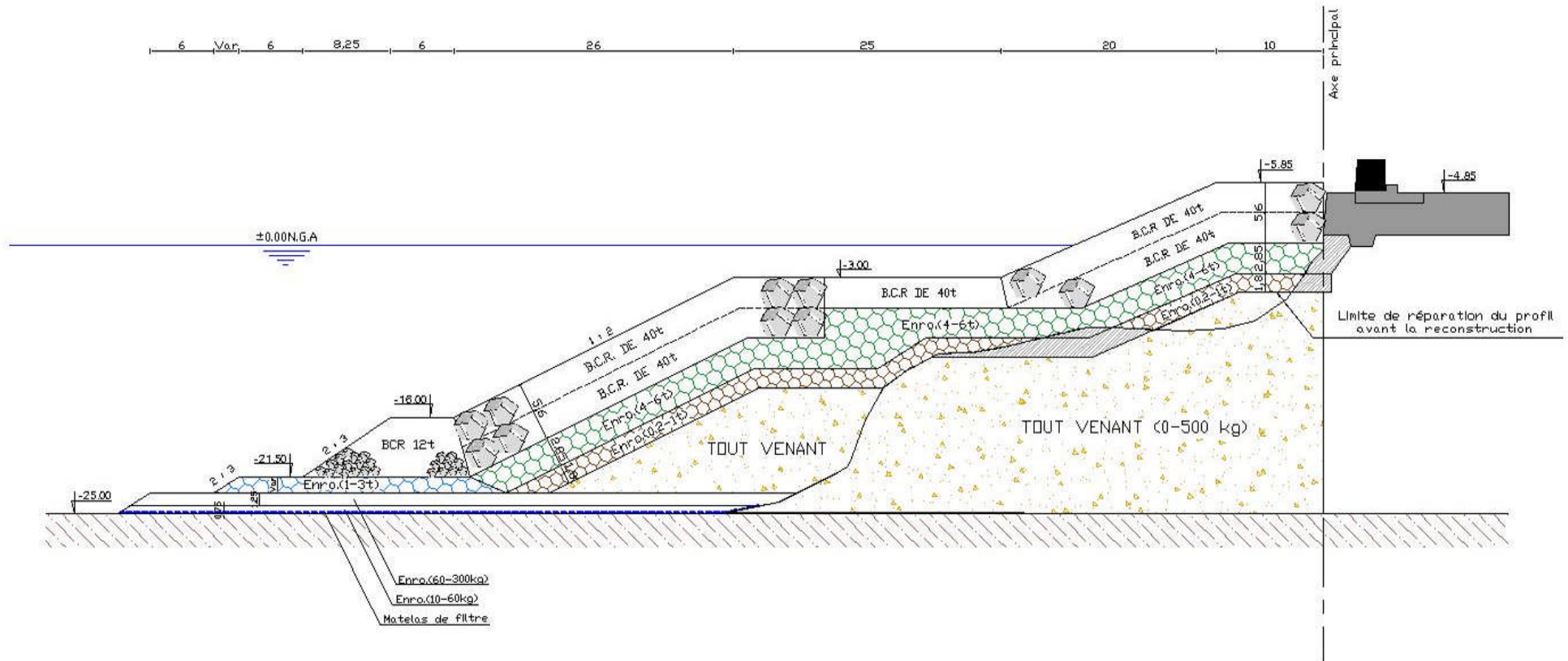
PROFIL N° 5 : Profil en travers type B de la réparation définitive

Ech: 1/550



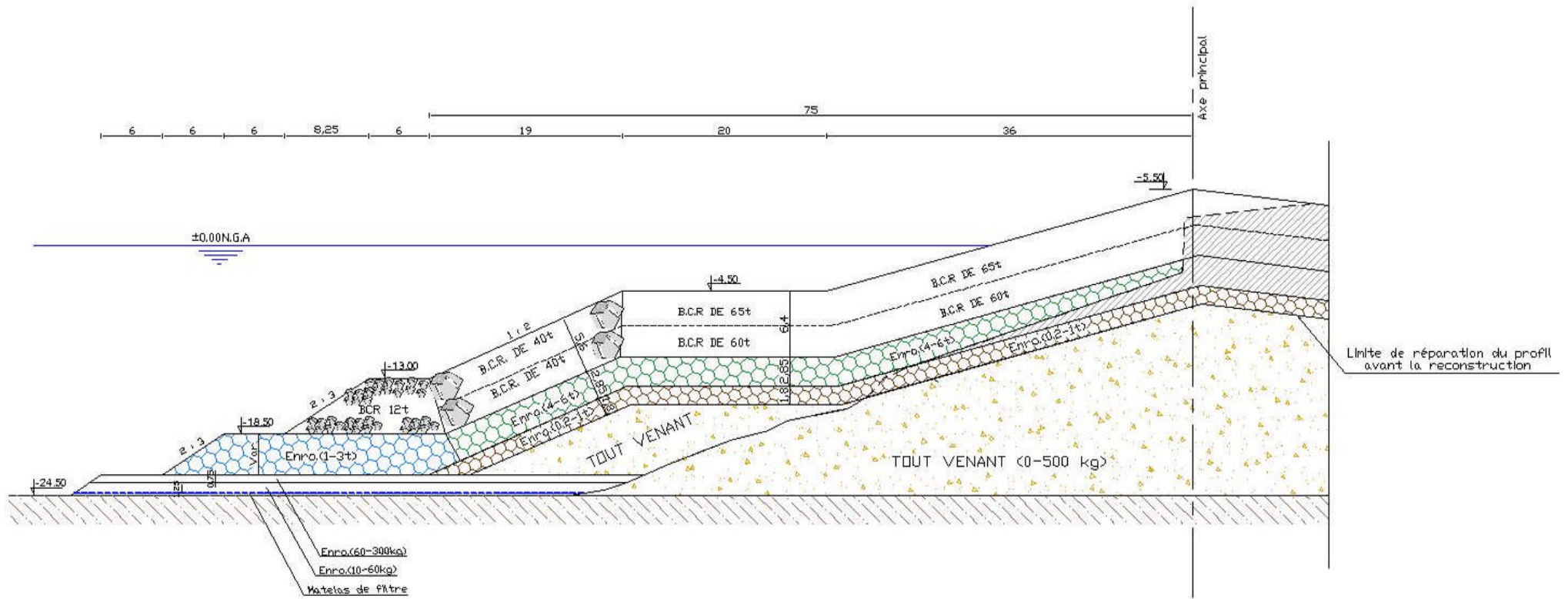
Profil N°6 : Profil du musoir OUEST
 Réparation définitive (1983)

Ech: 1/500



Profil N°7 : Profil du musoir EST
Réparation définitive (1983)

Ech: 1/500



7. Les travaux de la réparation définitive (1985-1994) :

Les travaux de réparation définitive ont été réalisés par les entreprises et groupements d'entreprises suivants :

- **INGRA** (ex Yougoslavie) / **ZINKCON** (Hollande) : de 1985 à 1990
- **ZINKON** (Hollande) / **SOTRAMO** (Algérie) : de 1992 à 1993
- **SOTRAMO** (Algérie) : de 1993 à 1994

Les principales quantités de matériaux utilisés pour la réalisation sont données dans le tableau suivant :

**Tableau N°4: Quantités des matériaux utilisés pour la reconstruction
du BL de Béthioua (1985 – 1994)**

N°	DESIGNATION DES MAT2RIAUX	UNITE	QUANTITE
1	Enrochements (10 – 60 kg) e (60 – 300 kg) pour le filtre	T	310 000
2	Matelas de filtre (fascines en bois)	M ²	114 000
3	Tout-venant de carrière (0-500 kg)	T	837 000
4	Enrochements (0.2 – 1 t)	T	212 000
5	Enrochements (1 – 3 t)	T	248 000
6	Enrochements (4 – 6 t)	T	438 000
7	Blocs cubiques rainurés de 12 T (5 m ³)	U	21 716 (108 580 m ³)
8	Blocs cubiques rainurés de 40 T (16,67 m ³)	U	20 639 (344 052 m ³)
9	Blocs cubiques rainurés de 60 T (25 m ³) (musoirs)	U	1 894 (47 350 m ³)
10	Blocs cubiques rainurés de 65 T (27 m ³) (musoirs)	U	852 (23 004 m ³)
11	Tétrapodes de 48 T (20 m ³)	U	699 (13 980 m ³)
12	Béton pour butée de couronnement	M ³	9 344
13	Acier pour butée de couronnement	T	230

8. Les reconnaissances antérieures effectuées par le LEM (1994) :

Les premières reconnaissances du brise-lames ont été effectuées par le LEM en 1994 en vue de l'établissement des plans de recollement. Ces reconnaissances ont consisté en :

- une reconnaissance visuelle aérienne de la carapace.
- une reconnaissance visuelle sous marine, du talus extérieur et intérieur.
- des levés de 145 profils en travers espacés tous les 20m allant de P20 à P 1880 à partir du musoir ouest. (95 profil pour la partie courante et 25 profils pour chaque musoir)

Les principaux résultats sont :

8.1 Reconnaissance visuelle aérienne :

➤ Sur la partie intacte :

Elle se compose de trois tronçons de la partie courante de l'ouvrage :

- ❖ **Le premier** tronçon : compris entre les profils 70 et 250, soit sur une longueur de 180 ml, ou à l'exception de 37 tétrapodes sérieusement endommagés, il n'y a rien à signaler.
- ❖ **Le deuxième** tronçon : d'une longueur de 70 ml, est situé entre les profils 1020 et 1090. D'une part manque de tétrapodes dû à un tassement et d'autre part la disparition totale de tétrapodes, le nombre de tétrapodes cassés pour ce tronçon est de 03 blocs.
- ❖ **La troisième tranche** : qui est la plus importante, sa longueur est de 590 m, comprise entre les profils 1280 et 1870, elle présente un glissement important de la carapace, talus supérieur, qui a engendré des vides et des différences de niveaux très marqués, entre le mur de garde et les plus hauts tétrapodes. Le nombre de tétrapodes cassés est de 18.

Pour ces trois tronçons, le couronnement est resté intact, qu'il s'agisse des blocs constituant la dalle de roulement ou du mur de garde.

➤ **Sur la partie endommagée :**

C'est la partie centrale du brise-lames d'un linéaire total de 940 ml, elle est située entre les profils 260 et 1270.

Il est noté ce qui suit :

- ❖ Blocs de couronnement endommagés au niveau des profils 540, 550, 640, 740, 750, 820, 840, 860, 970 et 1110.
- ❖ déplacement horizontaux vers le coté port et affaissement verticaux des blocs de couronnement entraînant des tassements de la dalle de roulement qui présente des niveaux très variables entre les profils 730 et 960.
- ❖ blocs cubique rainurés endommagés, 25 blocs cassés situés à divers endroits du profil 50 à 1880.

8.2 Reconnaissance visuelle sous marine :

➤ **Sur le talus intérieur :**

Il a été relevé ce qui suit :

- ❖ présence de corps étrangers et débris du mur de garde éparpillés entre les profils p170 et 1240
- ❖ l'élargissement des profils en tout venant n'a pas été réalisé aux endroits des accès aux postes P390, P780, P1220.

➤ **sur le talus extérieur et musoirs :**

Il a été relevé ce qui suit :

- ❖ Présence de vides au niveau de la carapace ou la butée (manque de 1 à 2 blocs), les deux plus importants qui sont cités concernent la butée sur des surfaces respectivement de 300 m² entre le profil 1350 et 1380 et 195 m² profil 1050
- ❖ présence de blocs hors profils sur le talus ou en bas du talus sur la butée même soit : 59 BCR de 12 T entre les profils 680 et 1430 et 12 BCR de 40 t sur les profils 250, 440 et 1120.
- ❖ au niveau de musoir Ouest (profil 4), présence de 04 blocs de 65 t sur la butée.

8.3 Levés de profil en travers :

145 profils ont été levés, dont 95 sur la partie courante et 50 sur les musoirs (25 profils par musoir) .Les profils sont espacés de 20 m.

À partir de l'analyse des profils, il a été constaté ce qui suit :

3.1 Pour le coté extérieur :

➤ Le mur de garde :

- ❖ Un tassement général allant de profils 80 à 250 et variant entre 50 et 90 cm .
- ❖ le mur de garde est inexistant entre les profils 20 et 610.
- ❖ pour le tronçon compris entre le profils 1020 et 1080 le tassement est de 70 cm , mais plus accentué sur les extrémités (86 cm sur le profil 1020 et 79 cm sur le profil 1080)
- ❖ le tassement est variable entre 40 et 60 cm pour les profils 1280 à 1860.

➤ La carapace :

Sur le premier tronçon de profil 80 à 250, il a été relevé ce qui suit :

- ❖ la présence de quelque affaissement de la carapace en tétrapodes de 48 t au niveau de certains profils (90 cm à 1.75 m entre le profil 180 et 250)
- ❖ le talus inférieur de manière général dégarni.

Sur le deuxième tronçon des profils 260 à 1000 et de 1100 à 1260 totalement en BCR de 40t, il a été relevé ce qui suit :

- ❖ Le pied de talus inférieur est très dégarni sur la plupart des profils
- ❖ la partie comprise entre les profils 1020 et 1080 présente un affaissement allant de 1.20 m à 2.10 m de la partie aérienne de la carapace
- ❖ le talus inférieur et assez chargé

Sur le troisième tronçon de profil 1280 à 1880, il a été relevé ce qui suit :

- ❖ Un bon état de la carapace entre les profils 1280 et 1580
- ❖ présence d'affaissement généralisé entre les profils 1600 et 1880 atteignant parfois 4.50 m profil 1880 et 3.60 m profil 1660

➤ **La butée de pied :**

La butée en BCR de 12 t présente des irrégularités sur environ 30% des profils ,elle est parfois chargée de blocs de 40 t qui ont glissé de la carapace

➤ **Le talus extérieur entre les cotes – 21.0 m et -27.50 m :**

Il a été relevé ce qui suit :

- ❖ une pente irrégulière du talus avec la présence de BCR de 12t et 40t ayant glissé de la butée et de la carapace
- ❖ un dégarnissement en certains endroits et rechargent en autre.

3.2 Pour le coté intérieur :

➤ **La dalle de roulement :**

Pour la partie intacte (avec mur de garde) il a été relevé les affaissements généralisé sur les profils suivants :

- affaissement de 47 à 73 cm du profil 80 à 250
- affaissement de 34 à 45 cm du profil 1020 à 1080
- affaissement de 27 à 60 cm du profil 1280 à 1860

Pour la partie endommagée l'affaissement est de 1 m à 1.80 m entre les profils 260 et 1260.

➤ **La carapace :**

Constituée d'embrochements de 6 à 10 tonnes, elle est en général intacte sauf à certains endroits ou elle présente parfois des profils chargés (560 à 600, 660, 720, 1020, 1040, 1080, 1100 et 1120) et parfois dégarnis (P160 ,1200 ,1220 et 1380)

➤ **La butée du pied :**

Composé d'embrochements de 0,2 à 1 tonne, elle est en bon état à l'exception des profils 80,560, à 660, 720, 840, 1020 à 1080, 1100,1120 et 1840 qui sont chargée et des profils 60, 160,1200 à 1260, 1320, 1340,1380 et 1760 qui sont dégarnis

➤ **La butée de couronnement :**

En ce qui concerne les BCR de 40 tonnes posés en remplacement du mur de garde, et la butée de couronnement, rien n'a été signalé.

3.3 Pour les musoirs 50 profils :

➤ **Le musoir Est (25 profils) :**

- ❖ Le profil est assez bien chargé, sauf quelques profils du côté intérieur qui représentent une carapace avec un talus inférieur légèrement dégarni à dégarni.
- ❖ la butée est normale à l'exception des profils (2, 3, 4, 9, 10, 11, 12) et de côté extérieur où elle est étalée et parfois dégarnie.
- ❖ le talus inférieur présente un mélange de matériaux et il est très étalé avec une pente très douce et irrégulière.

➤ **Le musoir Ouest (25 profils) :**

- ❖ La même observation est signalée que pour le musoir Est. La superstructure semble bien chargée avec néanmoins le talus inférieur de la carapace est assez dégarni sur le côté intérieur du musoir.
- ❖ la butée de pied est bien réalisée sauf les extrémités intérieures et extérieures.

CHAPITRE III
RECONNAISSANCE ET
EXPERTISE DU BRISE LAMES
PAR HMI

1. Consistance des travaux :

Dans le but d'actualiser les données sur l'état du brise-lames en Décembre 2009 du coté intérieur, et au partie, une mission de reconnaissance a été effectuée sur site et qui a porté sur :

- Une inspection visuelle de brise-lames et des postes de chargement avec prise de vues.
- Un levé topographique du brise-lames couvrant une aire de 10 ha .
- Un levé de 37 profils coté intérieur espacés tous les 50 m.
- Une inspection sous marine avec prise de photo sur environ 1774 m du coté intérieur.

2. Matériels et méthode :

2.1 Moyens matériels :

Les moyens utilisés pour la reconnaissance sont comme suit :

- Une station totale de marque Leica, modèle TCR 407 avec accessoires (photo N° 1)
- Trois équipements complets de plongée sous marine
- Un appareil photo numérique type Canon
- Un log de 60 m équipé de flotteurs et gradué tous les 2 m
- Une sonde manuelle
- Une paire d'émetteurs-récepteurs type (talkies-walkies) Motorola porté 5 km
- Un ordinateur portable
- Un complément divers (décamètre, peinture,...etc.)



Photo N°1 : l'installation de la station totale Leica (HMI)

2.2 Méthodologie des levés :

2.2.1 Le levé topographique :

Le levé topographique du brise-lames de Béthioua a concerné le levé du couronnement de l'ouvrage et les postes de chargements (B1, B2, B3)

A- Canevas de base :

Un canevas de points de polygonation est réalisé afin de définir un système de coordonnées devant servir de base au levé exécuté .le canevas se compose de 06 points, matérialisés et répartis de façon homogène sur l'ensemble de la zone à lever.

Le tableau suivant montre les coordonnées de chaque station.

**Tableau N°5: Stations topographiques implantées au niveau
du brise-lames du port de Bethioua**

Station	X (local)	Y (local)	Z(NGA)
ST1	748797.223	3967597.762	+ 7.997
ST2	748455.025	3967678.563	+ 7.241
ST3	748427.855	3967685.636	+ 7.239
ST4	747848.319	3967833.361	+ 8.323
ST5	749162.712	3967508.248	+ 5.016
ST6	747692.976	3967871.216	+ 5.180

B-Rattachement altimétrique :

Les cotes altimétriques des travaux de levés sur site sont rattachées au NGA grâce à l'exploitation des stations matérialisées par le Centre National des Technique Spatial (CNTS).

Les coordonnées des repères géodésiques du CNTS sont représentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau N°6 : Coordonnées des repères géodésiques du CNTS

Borne 11	Lambert	233016,528	284366,369	5,972
	UTM Fus-30	747778,798	3967357,099	
	ZI - 77	733015.433	784870.106	
	Nord sahara	Longitude : -0,152662003		Latitude : 35,491810625
Borne 11bis	Lambert	233017,297	284372,66	5,975
	ZI - 77	733016,202	784376,400	

Les deux stations de base utilisées pour les levés sont comme suit :

- **Borne 11**, située sur le musoir de la jetée Ouest du port de Béthioua à proximité du feu vert.
- **Borne 11 bis**, située sur le musoir de la jetée Est du port de Béthioua.

C- Traitement des données :

- transfert :

- Le dépouillement des données est entièrement informatisé grâce à l'utilisation de la station totale de marque LEICA
- Après l'enregistrement des données sur la mémoire interne de l'appareil, le transfert est lancé à travers un câble RS232 vers l'ordinateur grâce au logiciel (Leica géo office outils, sous Windows)
- Le chargement des données issues du transfert est converti au format de base TXT, afin d'être utilisé par le logiciel de topographie COVADIS

- Calcul de semis des points et dessin de plan :

- A l'aide de module de calcul topo métrique, le canevas et le semis de points sont calculés automatiquement.
- Le fichier définitif est ensuite utilisés par le module (D.A.O) pour la sortie du plan à l'échelle choisie (1 /500).

2.2.2 Levés des profils en travers :

A- Levé des profils en travers aériens :

- Les profils équidistants de 50 m sont matérialisés à la peinture sur la dalle de roulement du brise-lames coté intérieur.
- La partie aérienne est levée par l'opérateur à l'aide de la station totale et un porte prisme.

B- levé de profil en travers sous – marins :

L'exécution des levés de profils sous- marins s'est faite de la manière suivante :

- Au niveau de profil choisi, une corde graduée est tendue entre le point le plus bas de la partie du talus située hors d'eau (aux environs du niveau 0,00) et un corps mort posé aux environs du pied du talus suivant une direction donnée et signalé grâce à une bouée.

Cette direction est prise perpendiculairement au brise-lames et indiqué grâce à un appareil topographique en station sur chaque tête de profil marquée au préalable à l'aide de peinture au dessus du mur de garde.

- Les levés en question sont exécutés par un plongeur suivant la corde citée ci- dessus à raison d'un sondage à chaque endroit de flotteur (l'intervalle entre deux flotteurs étant de 2,00 m) et ce grâce à une sonde manuelle de 50 m, repérant ainsi les altitudes des points considérés par rapport au plan d'eau (profondeurs tous les 2m).

En même temps, deux autres plongeurs, munis de leurs ardoises, suivent au fond chaque sonde et notent les matériaux correspondants.

Au début du levé de chaque profil on prend l'heure et ce afin de pouvoir corriger la marée prise sur marégraphe suivant l'horaire correspondant.

2.2.3 Inspection sous-marine (jusqu'à -3,00m) :

L'inspection sous marine du brise-lames sur 1774 ml du coté intérieur y compris les postes de chargement a été effectuée par deux plongeurs prennent avec eux des ardoises pour noter les différentes remarques ainsi qu'un décamètre afin de prendre les mesures nécessaire, toute anomalie constatée est levée et numérotée et un signal est donné par les plongeurs à l'aide d'une bouée à l'endroit de cette remarque.

La même numérotation est reprise par une personne se trouvant sur le brise-lames et note le numéro du profil correspondant.

Des photos sous marine ont été prises également, montrant les affaissements sous le couronnement.

3. Etat du brise-lames :

3.1 Inspection aérienne :

3.1.1 coté extérieur :

A- Carapace en BCR de 40 t (partie centrale) :

La carapace en partie aérienne BCR 40 t semble en bon état dans son ensemble à vue d'œil.

B- Carapace en tétrapodes de 48 t :

Dégarnissage de la carapace coté extérieur à partir du P24 en allant vers le musoir Est et P3 en allant vers le musoir Ouest (Inspection faite à partir du mur de garde).

L'inspection visuelle de la carapace en tétrapodes nous a permis de recenser et de localiser les tétrapodes cassés au niveau de la carapace (photo N° 2)

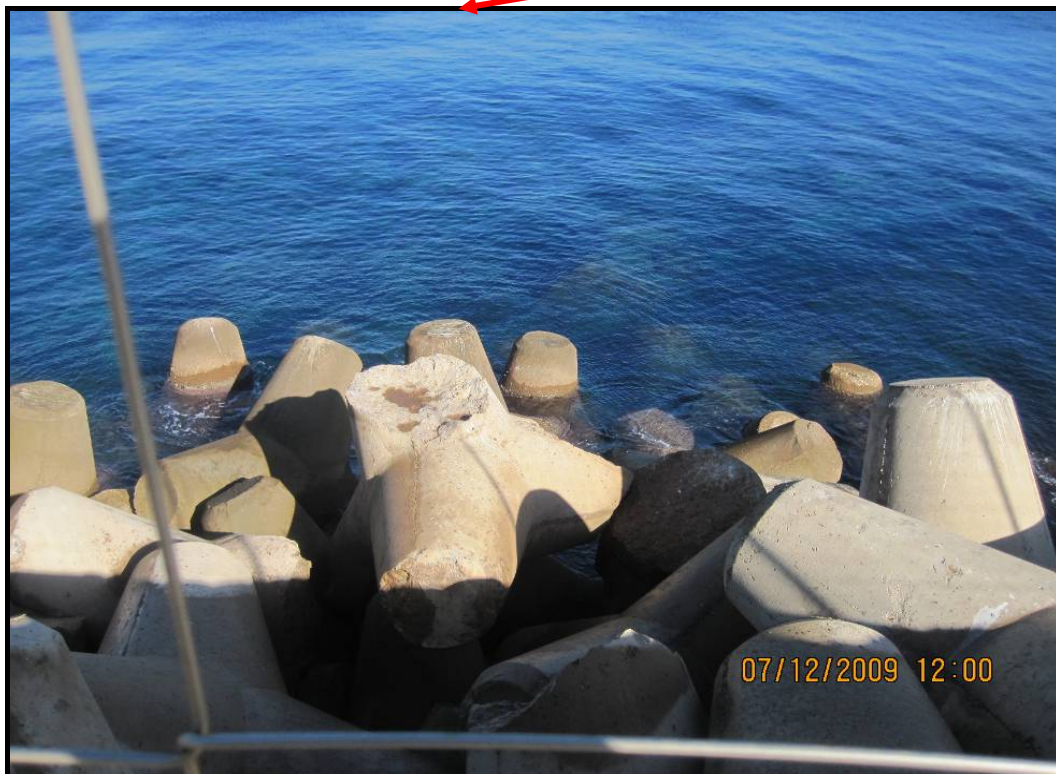
Tableau N°7: Recensement et Localisation des tétrapodes cassés

N°	Désignation	Quantité	Localisation	Observations
1	Tétrapode cassé 48t	1	P26 à 10m vers P27	
2	Tétrapode cassé 48t	1	Entre P27 et P 28	
3	Tétrapode cassé 48t	1	Entre P27 et 28	Voir Photo
4	Tétrapode cassé 48t	1	P29	
5	Tétrapode cassé 48t	1	P29	
6	Tétrapode cassé 48t	1	Entre P29 et P 30	
7	Tétrapode cassé 48t	1	Au niveau du P 30	
8	T 48 cassé	2	Entre P30 et P 31	
9	T 48 cassé	1	vers P31	carapace très dégarnie
10	T 48 cassé	2	vers P31	
11	T48 cassé	2	vers P32	
12	T48 cassé	2	Entre P32 et P 33	
13	T48 cassé	2	Entre P32et P33	
14	T48 cassé	2	P32	
15	T48 cassé	2	P33	
16	T48 cassé	3	P34	carapace très dégarnie
17	Tétrapode cassé	3	P34 – P35	carapace très dégarnie
18	Tétrapode cassé	2	P0 – P1	
19	Tétrapode cassé	8	du poste B1 vers le musoir Ouest	carapace très dégarnie en T48

La photo suivante représente un tétrapode cassé au niveau de la carapace extérieure :



Photo N°2 : tétrapode de 48t cassé par la tempête



3.1.2 Coté intérieur

A- Dalle de roulement :

- Des fissures importantes constatées sur la dalle de roulement (partie centrale du brise-lames), (voir photo N° 3).
- L'escalier au niveau du mur de garde (vers le musoir ouest) est très endommagé.
- La fissure sur le couronnement s'est aggravée au niveau du profil P13.
- L'eau de franchissement a stagné au niveau du poste B1 a cause de l'affaissement de la dalle de couronnement à cet endroit.
- les deux tronçons de la dalle de roulement :
 - le 1er situé entre le musoir Ouest et le pont d'accès au poste B1
 - le 2e situé entre le pont d'accès au poste B3 et le musoir Est,

} Sont dans un bon état.



Photo N°3 : fissuration et tassement très visible de la dalle de couronnement

B-Mur de garde :

- Les joints au niveau du mur de garde se sont ouverts davantage après la tempête de 15 Décembre 2009 (5 à 8 cm).
- 02 Blocs du mur de garde ont bougé vers l'intérieur de 5 cm au niveau du P28 et des fissurations très visibles dues à la friction sont constatées au niveau des joints du mur de garde en béton armé.
- Au P35 l'érosion importante du bloc de couronnement du mur de garde est provoquée par les franchissements.



Photo N°4 : éclatement du béton dû à la friction thermique du mur de garde lors de la tempête du 14 au 15 Décembre 2009.

- L'éclatement de béton du mur de garde calant les BCR (entre P14 et P 15 entre les Postes B2 et B3) ainsi que l'éclatement du béton du mur de garde au niveau du joint dû aux frictions. (Voir photo N° 4).
- L'ouverture des joints de blocs du mur de garde vers le profil P1.
- L'ouverture d'un joint du mur de garde a atteint 10 cm au niveau du profil P35 (près du musoir Est).

3.1.3 Postes de chargement :

Durant l'inspection des postes de chargement on a constaté ce qui suit :

- Corrosion des armatures au niveau des bords de la dalle de compression des ponts d'accès au post B1, B2 et B3 (photo N° 5).
- Les passerelles en charpente métallique pour piétons situées au niveau des trois postes B1, B2 et B3 ont subi une corrosion très visible par manque d'entretien (photo N° 6) .
- L'inexistence ou la dégradation totale des gardes corps métalliques sur l'ensemble des postes a été constatée.
- Les passerelles en charpente métallique pour piétons n'ont fait l'objet d'aucun entretien depuis leur réalisation en 1978.
- Les pieux des postes B1, B2 et B3 et en l'absence de protection cathodique continuent de subir la corrosion.

Photo N°5 : Corrosion des armatures au niveau du poste de chargement B1.

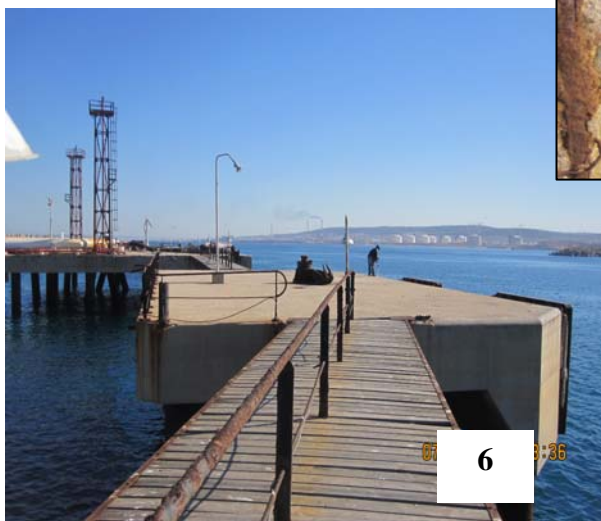
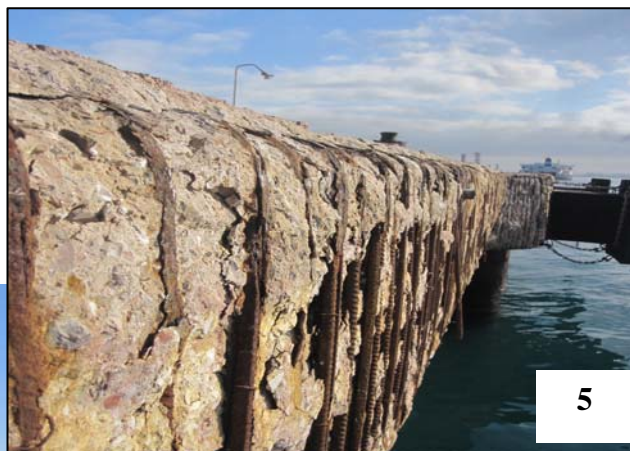


Photo N°6 : corrosion de la passerelle en charpente métallique.

3.2 Inspection sous marine :

Les 24 affouillements repérés par les plongeurs sous le couronnement sont matérialisés sur la dalle de roulement.

Le tableau N°4 donne les dimensions, le volume et l'emplacement de chaque affouillement.

Tableau N°8: Localisation et dimension des affouillements coté intérieur

N° Aff.	Localisation de l'affouillement	L (m)	H (m)	P (m)	Volume (m ³)
01	P06 $\xrightarrow{39.00\text{ m}}$ P07	1.00	0.80	3.00	2.40
02	P08 $\xrightarrow{19.00\text{ m}}$ P09	1.20	0.90	3.00	3.24
03	P08 $\xrightarrow{36.00\text{ m}}$ P09	1.00	0.60	3.00	1.80
04	P10 $\xrightarrow{47.00\text{ m}}$ P11	1.00	0.80	3.00	2.40
05	P11 $\xrightarrow{25.00\text{ m}}$ P12	0.60	0.60	3.00	1.08
06	P12 $\xrightarrow{41.00\text{ m}}$ P13	1.00	0.90	3.00	2.70
07	P12 $\xrightarrow{49.00\text{ m}}$ P13	1.20	1.20	3.00	4.32
08	P14 $\xrightarrow{31.00\text{ m}}$ P15	1.30	1.00	3.00	3.90
09	P14 $\xrightarrow{42.50\text{ m}}$ P15	1.50	0.50	3.00	2.25
10	P15 $\xrightarrow{17.00\text{ m}}$ P16	4.00	0.80	3.00	9.60
11	P15 $\xrightarrow{28.00\text{ m}}$ P16	1.10	0.70	3.00	2.31
12	P15 $\xrightarrow{29.00\text{ m}}$ P16	4.00	0.80	3.00	9.60
13	P19 $\xrightarrow{29.00\text{ m}}$ P20	1.10	0.50	3.00	1.65
14	P20 $\xrightarrow{5.00\text{ m}}$ P21	0.90	0.90	3.00	2.43
15	P20 $\xrightarrow{28.00\text{ m}}$ P21	0.70	0.40	3.00	0.84
16	P21 $\xrightarrow{1.00\text{ m}}$ P22	4.20	1.30	0.30	1.638
17	P21 $\xrightarrow{12.50\text{ m}}$ P22	0.90	0.60	3.00	1.62
18	P24 $\xrightarrow{49.00\text{ m}}$ P25	1.40	0.60	3.00	2.52
19	P25 $\xrightarrow{20.00\text{ m}}$ P26	0.40	0.40	3.00	0.48
20	P25 $\xrightarrow{27.30\text{ m}}$ P26	1.00	0.80	3.00	2.40
21	P27 $\xrightarrow{8.00\text{ m}}$ P28	1.00	0.50	3.00	1.50
22	P27 $\xrightarrow{31.00\text{ m}}$ P28	0.90	0.80	3.00	2.16
23	P31 $\xrightarrow{9.00\text{ m}}$ P32	1.00	0.60	3.00	1.80
24	P32 $\xrightarrow{19.50\text{ m}}$ P33	0.90	0.60	2.00	1.08
Total volume (m³)					65.72

Remarque : pour l'affouillement n° 1 par exemple on lit : l'affouillement est situé à 39 m à partir du profil P06 en allant vers le profil P07.

Le tableau N°7 montre :

- L'existence de 24 affouillements au dessous de la dalle de roulement, avec un volume total de **65.72 m³**.
- Les deux plus grands affouillements de 9.60 m³ se situent, le 1^{er} à 17 m et le 2^{eme} à 29 m du profil P15 en allant vers P16.
- Un petit affouillement de 0.48 m³ est localisé à 20 m du profil P25 en allant vers P26

4. Résultat et analyse des reconnaissances effectuées par HMI:

4.1 Carapace extérieure :

Dégarnissage de la carapace en tétrapodes de 48 t des profils extérieurs Prés des deux musoirs, du P0 au P3 pour le musoir Ouest soit sur 200 ml ,et du P24 au P36 pour le musoir Est sur 600 ml.

Nous avons relevé 38 tétrapodes cassés en partie aérienne durant L'inspection visuelle de la carapace en tétrapodes près des deux musoirs.

4.2 Levé topographique :

A. Le mur de garde :

La côte d'arase du mur de garde est de :

- + 8.50 du P1 au P3 (mur de garde en béton armé)
- + 7.50 du P4 au P18 (Partie en BCR 40T)
- + 8.00 du P19 au P20 (mur de garde en béton armé)
- + 7.50 du P21 au P24 (Partie en BCR 40T)
- + 8.50 du P24 au P36 (mur de garde en béton armé)

B. La dalle de roulement :

Malgré les travaux de réparation la cote d'arase actuelle du couronnement ne dépasse pas + 5.20 m au lieu + 5.50 m (cote du profil d'origine) et +5.40 m (cote recommandée par le LEM - 1994).

En prenant + 5.50 m comme niveau de référence, les affaissements de la dalle de roulement sont relevés et situés par rapport aux profils de 2009 comme suit :

- Affaissement moyen de 34 cm du P1 au P3
- Affaissement moyen de 115 cm du P3 au P13
- Affaissement moyen de 180 cm du P13 au P17
- Affaissement moyen de 65 cm du P17 au P21
- Affaissement moyen de 105 cm du P21 au P25
- Affaissement moyen de 39 cm du P25 au P35
- Affaissement moyen de 43 cm du P35 au P36

Remarque :

L'affaissement, pour rappel est dû à la tempête de 1980 essentiellement.

La dalle de roulement n'à pas fais l'objet d'une réparation.

4.3 Coté intérieur (le talus intérieur) :

Un métré détaillé a été effectué d'après les profils en travers levés coté intérieur du brise lame en comparaison aux profils d'origine du brise lames (1972).

Les quantités de matériaux manquants déterminées sont portées dans le tableau N°8.

**Tableau N°9 : Récapitulatif des matériaux manquants
du BL Bethioua (coté intérieur)**

Désignation	Qtés matériaux manquants
Enrochements (6 – 10t)	25 683 t
Enrochements (0.2 – 1t)	48 591 t
TVC (0 – 500 Kg)	12 655 t
Béton pour dalle de roulement	5 482 m³

4.4 Les postes de chargement :

L'expertise aérienne des postes de chargement B1,B2 et B3 a permis de constater ce qui suit :

- le béton de couronnement des plate formes de chargement ,des ducs d'albe d'accostage et des piles d'amarrage s'est bien comporté dans le temps puisque les dégradations sont minimales , mise à part le poste de chargement B1 (accident en 1990).
- La corrosion des armatures et la disparition du béton d'enrobage constatés sur la plate forme de chargement et les ducs d'albe d'accostage du poste B1 (du coté l'intérieur du bassin) a été accélérée par le feu lors de l'accident de 1990.
- Les passerelles pour piétons en charpente métallique des 03 postes de chargement souffrent d'un manque d'entretien et les garde corps métalliques sont quasi-inexistants.

5. CONCLUSIONS :

Les reconnaissances générales et l'expertise du brise lames du port de Bethioua, nous a permis de constater ce qui suit :

5.1 Le Couronnement du brise lames (partie aérienne) :

- **Le Mur de garde :**

Un tassement de 0.50 m est constaté au niveau du mur de garde en béton armé.

- **La Dalle de roulement :**

1. Le tassement le plus élevé est de 1.80 m localisé entre le profil P13 et P17 entre les postes de chargement B2 et B3.
2. Le tassement le plus bas est de 0.3 m localisé près des deux musoirs Est et Ouest.
3. Il est à noter que la dalle de roulement présente des fissures assez importantes.
4. Les tronçons de la dalle de roulement situés entre le musoir Est et le poste B1 et entre le musoir Ouest et le poste B3 sont en bon état.
5. Le volume du béton manquant au niveau de la dalle de roulement par rapport au profil d'origine est de 5 482 m³.

Ce tassement général est apparu surtout lors de la tempête de décembre 1980.

5.2 Les Postes de chargement :

Les postes de chargement B1, B2 et B3 présentent des dégradations au niveau des bétons, dues essentiellement à l'environnement marin, au manque d'entretien des ouvrages et à l'incendie survenu au cours de l'opération de chargement du navire ACINA en 1990 pour le poste B1.

5.3 Cote intérieur, partie sous-marine :

- **Talus intérieur en enrochements :**

Globalement le talus intérieur en enrochements est dégarni, sauf au niveau des profils P14 à P20 et P35, P36, on note un manque de :

- 48 591 t d'enrochement de (6 -10 t)
- 25 683 t d'enrochement de (0.2 – 1t)
- 12 655 t de TVC (0 - 500 Kg)

5.4 Cote extérieur, partie aérienne :▪ **Carapace en tétrapode :**

1. Un déficit important au niveau de la carapace en tétrapodes de 48t (vers les deux musoirs) est constaté à vue d'œil sur 600 ml vers le musoir Est et 200 ml vers le musoir Ouest.
2. De nombreux tétrapodes de 48t cassés (plus de 50 U) sont recensés en partie aérienne.

▪ **Carapace en BCR de 40t :**

1. A vue d'œil la carapace constituée de blocs BCR de 40 t semble en bon état dans son ensemble, dans la partie centrale du BL sur 940 ml.
2. Il à été recommandé d'effectuer des levés de profils coté extérieur du BL tous les 20m.
3. Le dernier contrôle remonte à 1994 effectué par le LEM.
4. Depuis 16 ans le BL n'a pas été inspecté du coté extérieur.

CHAPITRE IV
VERIFICATION DE LA STABILITE
DE L'OUVRAGE

A l'aide des formules empirique de **Hudson** et de **Van der Meer**, on doit vérifier la stabilité de l'ouvrage par rapport au poids des blocs de la carapace de la partie courante et des musoirs, pour une houle de projet de **Hs =8.42m** et une période de pointe de **Tp =13,5 s**

1. Pour le profil original (1972):

1.1 Utilisation de la formule d'Hudson :

Le poids du bloc en tétrapodes définie comme suit:

$$W = \frac{\gamma_s \cdot H_d^3}{K_d ((\gamma_s / \gamma_w) - 1)^3 \cdot \cotg \alpha} \dots\dots\dots(\text{formule 1})$$

Où :

W = poids du bloc en tonne

Hd = hauteur de dimensionnement

Kd = coefficient de stabilité du bloc en tétrapode est de :

8,5 pour le profil courant

5,5 pour le profil de musoir

γ_s = poids volumique du béton 2,4 t / m³

γ_w = poids volumique du l'eau de mer 1,03 t / m³

cotg α = pente de talus = 4 :3

➤ **Détermination du poids des blocs de carapace en tétrapode de la partie courante:**

$$W = (2,4 * 8,42^3) / (8,5 * (2,4 / 1,03 - 1)^3 * 1,33) = 50 \text{ t}$$

$$W = 53 \text{ t}$$

Le poids des tétrapodes utilisé est de 48t en nature —————> suffisant.

➤ **Détermination du poids des blocs de carapace en tétrapode des musoirs :**

$$W = (2,4 * 8,42^3) / (5,5 * (2,4 / 1,03 - 1)^3 * 1,33) = 75 \text{ t}$$

$$W = 77,40 \text{ t}$$

Le poids des tétrapodes utilisé en musoirs est de 48t —————> insuffisant.

➤ **Vérification de la stabilité de la butée :**

On a :

$$ht/h = 15/25 = 0,6 > 0,5$$

Ns : nombre de stabilité définie comme suit :

$$\mathbf{Ns = H / \Delta Dn} \dots\dots\dots \text{(formule 2)}$$

Donc le nombre de stabilité est :

$$Ns = 6,5$$

Dn: Diamètre nominal du bloc définie comme suit:

$$\mathbf{Dn = Hs / \Delta Ns} \dots\dots\dots \text{(formule 3)}$$

D'où:

$$Dn = 8,42 / 0,65 \times 6,5 = 8,42/4,225$$

$$\mathbf{Dn = 1,99 m}$$

\Delta : densité relative définie comme suit:

$$\mathbf{\Delta = ((\gamma_s / \gamma_w) - 1)} \dots\dots\dots \text{(formule 4)}$$

D'où:

$$\Delta = ((1,7 / 1,03) - 1) = 0,65$$

$$\mathbf{\Delta = 0,65}$$

Où:

$$\mathbf{W = \gamma_s \times Dn^3} \dots\dots\dots \text{(formule 5)}$$

$$W = 1,7 \times (1,99)^3$$

$$\mathbf{W = 13,39 tonnes}$$

1.2- verification de l'épaisseur de la carapace :

L'épaisseur de la carapace définie comme suit:

$$t_a = n \times K_t \times D_n \dots\dots\dots (\text{formule } 6)$$

avec:

- ta : épaisseur de la carapace
- n: nombre de couches
- Kt : coefficient d'épaisseur
- Dn : diamètre nominale du bloc

D'où:

$$t_a = 2 \times 1,04 \times 2,38$$

$$t_a = 4,95 \text{ m}$$

2-Pour le profil de la reconstruction définitive (1983)**2.1-Utilisation de la formule (1) d'Hudson :****➤ Détermination de poids de BCR de la partie courante :**

$$W = (2,4 * 8, 42^3) / (8 * (2,4 / 1,03 -1)^3 * 2) \dots\dots\dots (\text{d'après la formule 1})$$

$$W = 38 \text{ t}$$

En nature 40t —————> Suffisant.

➤ Détermination de poids de BCR pour les musoirs :

$$W = (2,4 \times 8,42^3) / (5 \times (2,4 / 1, 03 -1)^3 \times 2) \dots\dots\dots (\text{d'après la formule1})$$

$$W = 61 \text{ t}$$

En nature 60 et 65 t —————> Suffisant.

➤ **Détermination de poids de BCR de la butée :**

On a:

$$ht/h = 15/30 = 0,5$$

donc :

$$N_s = 4 \text{ (pas de dommage)}$$

$$\Delta = (2,4/1,03) - 1 \text{(formule 4)}$$

$$\Delta = 1,33$$

$$N_s = H_s / \Delta D_n = 4 \rightarrow D_n = H_s / N_s \times \Delta = 8,42 / 4 \times 1,33 = 1,58 \text{ m}$$

$$D_n = 1,58 \text{ m}$$

$$W = \gamma_s \times D_n = 2,4 \times (1,58)^3$$

$$W = 9,6 \text{ tonne}$$

Le poids des blocs de la butée utilisée (BCR de 12 t) est largement suffisant pour la stabilité de la butée.

2.2-Utilisation de la formule de Van der Meer pour les BCR :

Le poids du bloc en tétrapodes définie comme suit:

$$N_s = H_d / \Delta \times D_n = ((6,7 \times N_0^{0,4} / N^{0,3}) + 1,0) \times S_m^{-0,1} \text{(formule 7)}$$

N_s : nombre de stabilité

H_d : houle de dimensionnement H_s

$$\Delta = ((2,4/1,03) - 1) = 1,33 \text{ (formule 3)}$$

$$\Delta = 1,33$$

D_n : diamètre nominal du bloc de carapace définie comme suit :

$$D_n = (w / \gamma_s)^{1/3}$$

N_0 : niveau de dommage relatif pour la carapace définie comme suit:

$$N_0 = S/2 \text{ (formule 8)}$$

S = niveau de dommage sur la carapace définie comme suit:

$$S = A_e / D_n^2 \dots\dots\dots \text{(formule 9)}$$

Où :

A_e : surface érodée

D_n : diamètre nominal du bloc

N : nombre de vagues.

Sm: la cambrure moyenne définie comme suit:

$$S_m = 2J H_s / g T m^2 \dots\dots\dots \text{(formule 10)}$$

➤ **Détermination de poids de BCR pour la partie courante :**

No = 4 (niveau de dommage relatif)

N = 5000 vagues pour une tempête de 6 heures

D'où:

$S_m = 2 * (3,14) (8,42) / 9,81 * (9,5)^2 \dots\dots\dots$ (d'après la formule 10)

$$S_m = 0,06$$

$N_s = (6,7 * 1,74 / 12,87) + 1) * 1,33 \dots\dots\dots$ (d'après la formule 7)

$$N_s = 2,53$$

$D_n = 2,50 \text{ m} \dots\dots\dots$ (d'après la formule 3)

$W = 2,4 * (2,50)^3 = 37,57 \text{ tonnes} \dots\dots\dots$ (d'après la formule 5)

$$W = 37,57 \text{ t}$$

En nature 40t —————> Suffisant

➤ **Détermination de poids de BCR pour les musoirs :**

On fait élever le poids des blocs par 50 % de poids de BCR de la partie courante

$$W_{\text{MUSOIR}} = (75/2) * 1,5 = 56,25 \text{ t}$$

$$W_{\text{MUSOIR}} = 56,25 \text{ t}$$

En nature 60 et 65 t —————> Suffisant

2.3- Vérification de l'épaisseur de la carapace :

D'après la formule (6) on a :

$$t_a = 2 \times 1,1 \times 2,50$$

$$t_a = 5,5 \text{ m}$$

Le tableau suivant montre les résultats de la vérification de la stabilité de l'ouvrage coté extérieur du BL de Bethioua en utilisant les formules empiriques.

Tableau N° 10: les résultats de la vérification de la stabilité de l'ouvrage coté extérieur du BL de Bethioua

Partie de l'ouvrage		Formule de Hudson (poids)	Formule de Van der Meer (poids)	Ouvrage actuel (poids)	Observations
1	Carapace en BCR de 40t	38t	37,5 t	40t	stable
2	Carapace en tétrapode de 48 t	53t	32t	48t	stable
3	Musoir en BCR de 60 et 65 T	61t	56t	60-65 t	stable
4	Butée en BCR de 12 t	-	9,8t	12t	stable

3. Vérification des autres paramètres de l'ouvrage :**h : la cote d'arase du mur de garde :**

$$0,8 H_d < h < 1,1 H_d$$

$$0,8 (8,42) < h < 1,1 (8,42)$$

$$6,73 < h < 9,26 \longrightarrow \text{cote d'arase} + 9\text{m} < 9,26\text{m}$$

L : la largeur de la dalle de roulement :

$$L > H_d$$

$$L = 14 > 8,42 \text{ m}$$

l : la largeur de la butée :

$l = 6 \text{ m} > 5 \text{ m}$

d : la cote d'arase de la butée :

$$H_d < d < 1,3 H_d$$

$$8,42 < d < 1,3 (8,42)$$

$$8,42 < d < 10,94$$

$$d = 15 \text{ m}$$

$$d = 15 \text{ m} > H_d$$

4. Conclusion

- **Pour le profil original (1972) :**

La partie courante est stable, les résultats correspondent aux blocs recommandés pour la construction initial, par contre le musoir est instable car il était sous dimensionné (utilisation de tétrapodes de 48 tonnes au lieu 75 tonnes).

- **Pour le profil de la reconstruction définitive (1983):**

La partie courante et le musoir sont stables, les résultats correspondent aux blocs recommandés par NEDECO lors de l'étude en canal à houle menée en 1883 à l'échelle 1/61, Qui recommande pour :

- le profil courant partie centrale : des BCR de 40 t.
- pour les musoirs des BCR de 60 et 65 t et pour les deux extrémités du brise-lames : des tétrapodes de 48 tonnes.

CHAPITRE V
ETUDES DES VARIANTES
PROPOSEES POUR
LE CONFORTEMENT
DE L'OUVRAGE

1. Description des variantes de confortement :

Les deux variantes de confortement proposées par HMI se basant essentiellement sur le levé des profils de recollement effectués par le LEM en 1994 tous les 20 m du profil P20 au profil P1880.

1.1 La première variante de confortement :

Dans cette variante il est proposé un confortement général de la carapace, tout le long du BL coté extérieur en BCR de 40 t, y compris les 2 zones extrêmes actuellement en tétrapodes de 48 t avec élargissement de la berme supérieure de la carapace en BCR 40t pour passer de 4.50m à 13.50m de largeur. La cote d'arase de + 9.00m sera maintenue pour cette variante (voir figure n°8).

A- Le talus extérieur :

- Rechargement de la carapace en BCR de 40 t des profils extérieurs au niveau des endroits qui présentent des manques principalement dans la partie centrale sur 940 ml (P260 ,P980 et P1060 à 1240) et près des deux musoirs, du **P20 au P220** pour le musoir Ouest soit sur 200 ml, et du **P980 au P1060** et du **P1240 au P1880** pour le musoir Est sur 720 ml (chargées en tétrapodes).

B- Le talus intérieur :

- Rechargement du talus intérieur en remplacement les matériaux manquants.
La comparaison entre les profils en travers levés coté intérieur du brise-lames en 1994 (LEM) et 2009, et les profils d'origine du brise-lames (1972) a montré des déficits en matériaux comme suit :

- **Enrochements (6 – 10t) : 43 748 t**

- **Enrochements (0.2 – 1t) et TVC (0-500Kg) : 98 220 t**

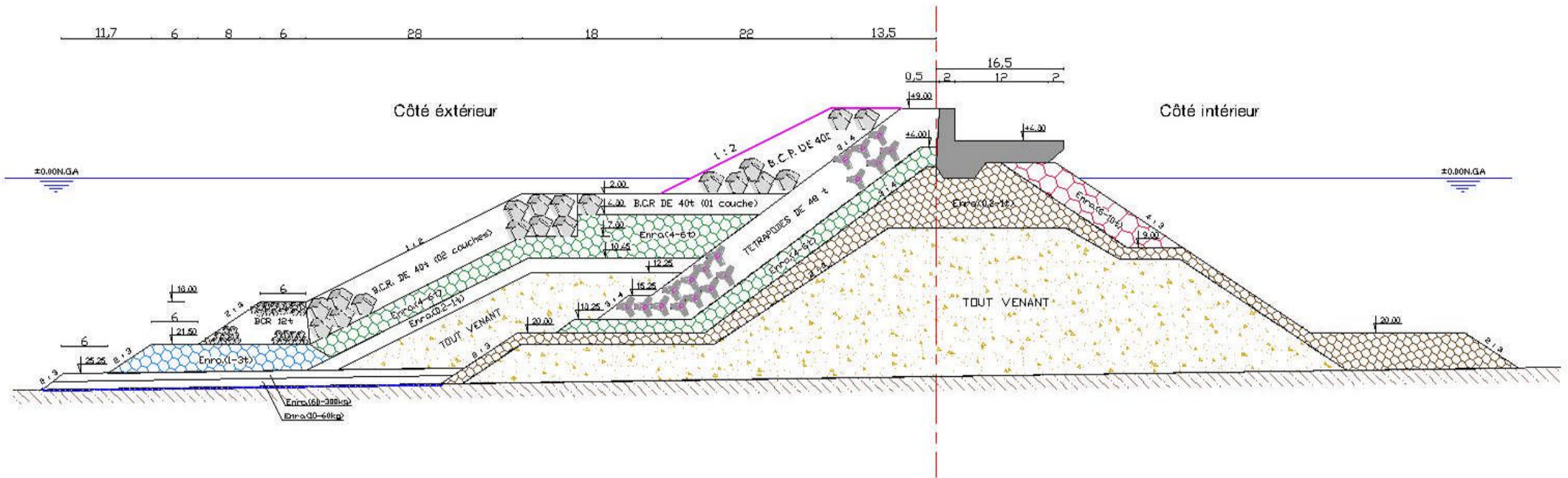
C- La dalle de roulement :

Le rattrapage de niveau de la dalle de roulement pour atteindre la cote **+4.80** existante actuellement vers les 2 musoirs. Le tronçon touché par cette opération se situe principalement dans la partie centrale du couronnement (voir profil en long Fig. N° 9).

Réparation des effondrements et des éclatements de béton constatés sur le bord des éléments du béton de couronnement.

PORFIL N°8 : Profil en travers de la variante N°1
 (Profil de confortement recommandé Partie tétrapodes 48 T)

Ech: 1/550



Confortement Carapace en BCR de 40 t

D-les postes de chargement :

Les travaux concernant les postes de chargement sont décrits ci-dessus :

- Traitement de toutes les surfaces dégradées présentant une disparition totale du béton d'enrobage et corrosion des armatures au niveau de la dalle de couronnement des ducs d'albe , des piles d'amarrage et des plates formes de chargement pour les trois poste B1, B2 et B3.
- Entretien et peinture (déroutillage, peinture antirouille et application de peinture marine) des passerelles pour piétons des postes de chargement.
- Remplacement des garde –corps des duc-d'albes et piles d'amarrage des 3 postes de chargement.
- Remplacement des rampes et du tablier en bois des passerelles pour piétons des 03 postes de chargement.
- Remplacement des échelles des postes de chargement.

2.2 La deuxième variante de confortement :

Dans cette variante HMI a proposé un rechargement dans la partie centrale Sur 940 ml en BCR de 40 t et les restes (920 ml) en tétrapodes de 48t en partie aérienne.

A-talus extérieur :

Rechargement de la carapace en BCR de 40 t dans la Partie centrale du BL(940 ml)(de P220 à P980 et de P1060 à P1240) et en tétrapodes 48t près des deux musoirs, soit du P20 au P220 pour le musoir Ouest sur 200 ml et du P980 au P1060 et de P1240 à P 1880 pour le musoir Est sur 720 ml.

B- talus intérieur :

Concernant le confortement du talus intérieur les travaux sont identiques à ceux de la 1ere variante.

C- la dalle de roulement :

- Le rattrapage de niveau de la dalle de roulement pour atteindre la cote +4.80 existante actuellement vers les musoirs et principalement dans la partie centrale du couronnement.
- Réparation des effondrements et des éclatements de béton constatés sur le bord des éléments du béton de couronnement.

D- Les postes de chargement :

Les travaux concernant les postes de chargement sont décrits ci-dessus :

- Traitement de toutes les surfaces dégradées présentant une disparition totale du béton d'enrobage et corrosion des armatures au niveau de la dalle de couronnement des ducs d'albe , des piles d'amarrage et des plates formes de chargement pour les trois poste B1, B2 et B3.
- Entretien et peinture (dérouillage, peinture antirouille et application de peinture marine) des passerelles pour piétons des postes de chargement.
- Remplacement des garde –corps des duc-d'albes d'accostage et d'amarrage des 3 postes de chargement.
- Remplacement des rampes des passerelles pour piétons des 03 postes de chargement.
- Remplacement du tablier en bois des passerelles pour piétons des 03 postes de chargement.
- Remplacement des échelles des postes de chargement.

2. Coût des travaux des deux variantes de confortement du brise-lames

Les prix unitaires pris en compte pour déterminer le coût de réalisation de chaque variante sont ceux utilisés par les sociétés algériennes spécialisées dans les travaux maritimes en 2 009.

Les tableaux suivants donnent le coût de construction de chaque variante de protection.

**Tableau N °11 : Coût de réalisation de la variante N°1
pour le confortement du BL de Bethioua.**

N° prix	Désignation des travaux	Unités	Qtité	PU En DA HT	Montant En DA HT
1	Installations et repli chantier y compris l'amenée et repli du matériel.	F	1	720 000000	720 000 000
	S/ Total 1				720 000 000
2	Rechargement du talus du BL coté extérieur				
2.1	Préfabrication, transport, stockage et mise en place de béton dosé à 300 kg/m3 pour BCR de 40tonnes de la carapace.	m ³	188 595	29 000	5 469 255 000
2.2	Préfabrication, transport, stockage et mise en place de béton dosé à 300 kg/m3 pour BCR de 12tonnes de la butée.	m ³	25 542	29000	740 718 000
2.3	Fourniture, transport et mise en place d'embrochements (1-3 t) pour l'assise de la butée par voie maritime.	T	64 859	3500	227 006 500
	S/ Total 2				6 436 979 500
3	Réparation de la dalle de roulement				
3.1	Fabrication, transport et mise en œuvre de béton dosé à 350 kg/M3 y/c armatures pour le rattrapage de niveau de la dalle de roulement du Brise lames à + 4.80 m.	m ³	5 362	27000	144 774 000
3.2	Fabrication, transport et mise en œuvre de béton armé dosé à 350 kg/M3 y/c armatures pour la réparation des effondrements et des éclatements de béton constatés sur le bord des éléments de béton de couronnement du brise-lames.	m ³	50	27000	1 350 000
	S/ Total 3				146 124 000
4	Rechargement du talus du BL coté intérieur				
4.1	Fourniture, transport et mise en place d'embrochements (6-10t) pour le talus coté intérieur.	T	43 748	4000	174 992 000
4.2	Fourniture, transport et mise en place d'embrochements (0.2-1 t) pour le talus coté intérieur	T	98 220	3500	343 770 000
	S/ Total 4				518 762 000
5	Travaux de réparation sur les postes de chargement B1, B2 et B3				

5.1	piquage du béton dégradé présentant des cloques et gonflement jusqu'à atteinte du béton sain et dégagement de tous les aciers corrodés au niveau du couronnement en béton armé des postes de chargement B1,B2 et B3.	m ²	230	1000	230 000
5.2	Sablage et brossage mécanique de tous les aciers corrodés et enlèvement de la rouille suivi d'un soufflage à l'air comprimé des surfaces objet de travaux.	m ²	80	1500	120 000
5.3	Passivation des aciers par application de deux couches de sika monotop 610 AC sur les aciers Apparents y/c fourniture.	m ²	80	1500	120 000
5.4	Fourniture et application de micro béton hydrofuge (dosage : 1 litre de hydrofuge sika liquide / quintal de ciment) suivi d'une couche de finition de mortier de ciment hydrofuge (2 Kg de sika sikalite / quintal de ciment) et humidification des surfaces réparées.	m ²	230	1600	368 000
5.5	Travaux d'entretien et peinture des passerelles Métallique pour piétons des postes de chargement comprenant : Décapage de toute la rouille par sablage et brossage mécanique, fourniture et application de deux couches de peinture antirouille et de deux couches de peinture marine.	ml	798	4000	3 192 000
5.6	Fourniture et pose de bois marin (Azobi) pour remplacement du tablier en bois des passerelles des postes de chargement y/c dépose du tablier en bois existant.	m ²	1915	5000	9 575 000
5.7	Fourniture et pose des rampes de passerelles identiques a celles existantes y/c fourniture et application de deux couches d'antirouille et de peinture marine et dépose des rampes existantes.	ml	798	3000	2 367 000
5.8	Fourniture et pose des garde- corps des ducs d'albe Et des piles d'amarrage identiques a celles existantes des trois postes y/c fourniture et application en deux couches d'antirouille et de peinture et dépose des gardes fous existant.	ml	288	3300	950 400
5.9	Fourniture et pose pour remplacement a l'identique des échelles métalliques.	U	14	70 000	980 000
S/ Total 5					17 902 000
Montant total HT					7 839 767 500
Montant TVA (17%)					1 332 760 475
Montant total TTC					9 172 527 975

Le coût des travaux de cette variante n°1 est estimé à : **9 172 527 975 DA en TTC**

En lettres : **Neuf milliards cent soixante-douze millions cinq cent vingt-sept mille neuf cent soixante-quinze dinars et zéro centime.**

Ce coût des travaux de confortement peut être décomposé comme suit :

- Talus extérieur : **82.11 %**
- Talus intérieur : **6.62 %**
- Dalle de roulement : **1.86 %**
- Postes de chargement : **0.22 %**

Le gros des travaux de confortement concerne le rechargement du talus extérieur (82 % du montant estimé)

**Tableau N °12: Coût de réalisation de la variante N°2
pour le confortement du BL de Bethioua.**

N° prix	Désignation des travaux	Unités	Qtité	PU En DA HT	Montant En DA HT
1	Installations et repli chantier y compris l'amenée et repli du matériel.	F	1	540 000 000	540 000 000
	s/ Total 1				540 000 000
2	Rechargement du talus du BL coté extérieur				
2.1	Préfabrication, transport, stockage et mise en place de béton dosé à 300 kg/m3 pour BCR de 40tonnes.	m ³	119 235	29 000	3 457 815000
2.2	Préfabrication, transport, stockage et mise en place de béton dosé à 300 kg/m3 pour tétrapodes de 48tonnes.	m ³	9 139	32 000	292 448 000
2.3	Préfabrication, transport, stockage et mise en place de béton dosé à 300 kg/m3 pour BCR de 12tonnes.	m ³	25 542	29 000	740 718 000
2.4	Fourniture, transport et mise en place d'encrochements (1-3 t) pour le talus coté intérieur	T	64 859	3 500	227 006 500
	s/ Total 2				4717 987 500
3	Réparation de la dalle de roulement				
3.1	Fabrication, transport et mise en œuvre de béton légèrement armé dosé à 350 kg/M3 y/c armatures pour le rattrapage de niveau de la dalle de roulement du Brise lames.	m ³	5 362	27 000	144 774 000
3.2	Fabrication, transport et mise en œuvre de béton légèrement armé dosé à 350 kg/M3 y/c armatures pour la réparation des effondrements et des éclatements de béton constatés sur le bord des éléments du béton de couronnement .	m ³	50	27 000	1 350 000
	s/ Total 3				146 124 000
4	Rechargement du talus du BL coté intérieur				
4.1	Fourniture, transport et mise en place d'encrochements (6-10t) pour le talus coté intérieur par voie maritime	T	43 748	4000	174 992 000
4.2	Fourniture, transport et mise en place d'encrochements (0.2-1 t) pour le talus coté intérieur par voie maritime	T	98 220	3500	343 770 000
	S/ Total 4				518 762 000

5	Travaux de réparation sur les postes Les postes de chargement B1,B2 et B3				
5.1	piquage du béton dégradé présentant des cloques et gonflement jusqu'à atteinte du béton sain et dégagement de tous les aciers corrodés au niveau du couronnement en béton armé des postes de chargement B1,B2 et B3.	m ²	230	1000	230 000
5.2	Sablage et brossage mécanique de tous les aciers corrodés et enlèvement de la rouille suivi d'un soufflage à l'air comprimé des surfaces objet de travaux.	m ²	80	1500	120 000
5.3	Passivation des aciers par application de deux couches de sika monotop 610 AC sur les aciers Apparents y/c fourniture.	m ²	80	1500	120 000
5.4	Fourniture et application de micro béton hydrofuge (dosage : 1 litre de hydrofuge sika liquide / quintal de ciment) suivi d'une couche de finition de mortier de ciment hydrofuge (2 Kg de sika sikalite / quintal de ciment) et humidification des surfaces réparées.	m ²	230	1600	368 000
5.5	Travaux d'entretien et peinture des passerelles métallique pour piétons des postes de chargement comprenant : Décapage de toute la rouille par sablage et brossage mécanique, fourniture et application de deux couches de peinture antirouille et de deux couches de peinture marine.	ml	798	4000	3 192 000
5.6	Fourniture et pose de bois marin Azobé pour Remplacement du tablier en bois des passerelles des postes de chargement y/c dépose du tablier en bois existant.	m ²	1915	5000	9 575 000
5.7	Fourniture et pose des rampes des passerelles identiques a celles existantes y/c fourniture et application de deux couches d'antirouille et de peinture marine et dépose des rampes existantes.	ml	798	3000	2 367 000
5.8	Fourniture et pose des garde- corps des ducs d'albe et Piles d'amarrage identiques a celles existantes des trois postes y/c fourniture et application en deux couches d'antirouille et de peinture et dépose des gardes fous existant.	ml	288	3300	950 400
5.9	Fourniture et pose pour remplacement a l'identique des échelles métalliques	U	14	70 000	980 000
S/ Total 5		17 902 000			
Montant total HT		5 940 775 500			
Montant TVA (17%)		1 009 931 835			
Montant total TTC		6 950 707 335			

Le coût des travaux de cette variante n°2 est estimé à : **6 950 707 335 DA en TTC**

En lettres : **six milliards neuf cent cinquante millions sept cent sept mille trois cent trente-cinq dinars et zéro centime.**

Ce coût des travaux de confortement peut être décomposé comme suit :

- Talus extérieur : **79.42 %**
- Talus intérieur : **8.73 %**
- Dalle de roulement: **2.46 %**
- Poste de chargement : **0.30 %**

3. Comparaison entre les deux variantes :

Les critères retenus pour la comparaison des deux (02) variantes de confortement sont les suivants :

- le coût de réalisation et d'entretien à long terme.**
- la stabilité des blocs de carapace vis-à-vis de la houle.**
- le délai de réalisation.**

On donne les notations **A**, **B** et **C** pour chacun des critères précités qui correspondent respectivement aux qualifications : **cas favorable, peu favorable ou défavorable.**

La comparaison des deux variantes selon les trois (03) critères est récapitulée dans le tableau suivant :

Tableau N° 13 : tableau comparatif des deux variantes de confortement du BL de Bethioua (HMI – 2010)

Critères	variante n°1 (confortement en BCR 40t)	Variante n°2 (rechargement en BCR 40t et tétrapodes 48t)
Le coût de réalisation à long terme	A	B
La fragilité des éléments de carapace vis à vis de la houle	A	C
Délai de réalisation	B	A
Notation reçue	2A+B	A+B+C

- La solution de confortement choisie est **la variante n°1**, bien qu'elle soit plus chère que la variante N°2.
- Le rechargement en tétrapodes de 48t, n'est plus d'actualité vu leur fragilité aux houles de tempête (variante N° 2).

CHAPITRE VI
DESCRIPTION DETAILLE
DE LA VARIANTE RETENUE

1. DESCRIPTION DE LA VARIANTE RETENUE

La variante retenue est la variante n°1.

Il s'agit du :

- rechargement des zones dégarnies au niveau de la carapace extérieure et le talus intérieur,
- le rattrapage de niveau de la dalle de roulement à la cote + 4.80m.
- La réparation des surfaces dégradées du couronnement des postes de chargement B1, B2 et B3

Ce confortement consiste en :

1.1 Confortement de l'ouvrage coté extérieur :

Le confortement de l'ouvrage du coté extérieur se fera dans deux zones distinctes :

- La première zone concerne la partie centrale du brise lames (carapace en BCR de 40t) d'une longueur de 940 ml. De P220 à P 980 et de P1060 à P1240
- la deuxième zone concerne les deux parties vers les musoirs Est et Ouest (carapace en tétrapodes de 48t) de longueurs de 200 ml pour la partie Ouest (P20 à P220) et de 720 ml pour la partie Est (P980 à P1060 et du P1240 à P1880).

A-1^{er} zone (carapace en BCR de 40t) L = 940 ml **du P220 au P980 et du P1060 au P1240 (partie centrale)**

Au niveau de cette zone HMI a préconisé ce qui suit :

- un rechargement du haut de la carapace, de la berme horizontale et du talus inférieur par des BCR de 40t en respectant le profil A de la réparation définitive recommandée par NEDECO en 1983.
- le rechargement de la butée avec des BCR de 12t.
- le rechargement de la 1ere, la 2eme et la 3eme couche d'assise de la butée en enrochements de (1 - 3 t).

B- 2^{ème} zone (carapace en tétrapodes de 48t) L = 920 ml**A l'Ouest du P20 à P220 et à l'Est de P980 à P1060 et de P1240 à P1880**

Ce profil de confortement consiste à :

- Elargir la berme supérieure de la carapace en tétrapodes de 9 m pour la porter à 13.5 m par des BCR de 40t en gardant la même cote d'arase (+9.00 m) et une pente de 2/1.
- Recharger la berme horizontale des rangées de BCR et de la carapace du talus inférieur d'une pente de 2/1, par des BCR de 40t.
- Recharger la butée par des BCR de 12 t.
- le rechargement de la 1ere, la 2eme et la 3eme couche d'assise par des enrochements (1 -3t).

1.2 Confortement de l'ouvrage coté intérieur :

L'ouvrage est généralement en bon état au niveau du talus intérieur. Néanmoins certaines zones du talus intérieur sont dégradées au niveau de la carapace intérieure dues aux franchissements importants de la houle.

Le dégarnissage au niveau de l'assise constituée d'enrochements (0.2-1t) est dû probablement à la réalisation de l'ouvrage à l'origine (1973).

Pour cette partie de l'ouvrage HMI a proposé ce qui suit :

- commencer le rechargement de la partie inférieure en enrochements (0.2 – 1t) du fond jusqu'à la cote - 9.00 m où s'arrête la carapace intérieure,
- continuer le rechargement de la carapace intérieure par des enrochements de (6 – 10t) pour la partie supérieure.

Ce mode de rechargement concernera les parties dégarnies.

1.3 Rattrapage de niveau de la dalle de roulement :

Les travaux concernant cette partie d'ouvrage consistent à rattraper le niveau (+ 4.80 m) pour qu'il soit uniforme sur l'ensemble du chemin de roulement.

Ce rattrapage de niveau se fera avec du béton légèrement armé dosé à 350 Kg/m³

Le volume du béton nécessaire pour cette opération est estimé à 5 482 m³ (voir tableau N°6).

Ces travaux n'ont pas été réalisés durant la reconstruction du brise-lames en 1986.

La pipe de Sonatrach de 42 pouces installé sur le chemin de roulement après la tempête de 1980 repose sur des socles en béton armé de différentes hauteurs pour qu'il soit de même niveau (+6.00 m), cette pipe est menacée par les franchissements de la houle.

Une solution pour le protéger doit être étudiée à l'avenir.

2. Réparation des superstructures (postes de chargement B1, B2, B3) :

A-Méthodologie de réparation des surfaces de béton de couronnement dégradé des 3 postes de chargement B1, B2 et B3 :

- 1- Piquage du béton dégradé présentant des cloques et gonflement jusqu'à atteinte du béton sain et dégagement de tous les aciers corrodés.
- 2- Sablage et brossage mécanique de tous les aciers corrodés et enlèvement de la rouille suivi d'un soufflage à l'air comprimé de toutes les surfaces.
- 3- Passivation des aciers par application à la brosse de deux couches de sika monotop 610 AC sur les aciers apparents
- 4- Application par projection de la 1ere couche de 3 cm d'épaisseur de micro béton hydrofuge (dosage : 0.5 litre de hydrofuge sika liquide / sac de ciment) dosé a 350 Kg/m³ suivi d'une deuxième de finition de mortier de ciment hydrofuge sur les surfaces à traiter (Dosage de l'adjuvant hydrofuge : 1 kg de Sika sikalite pour 50 Kg de ciment)
- 5- Humidification des surfaces traitées pendant 03 jours

B-Passerelles métallique pour piétons des postes de chargement :

Pour cette partie de l'ouvrage nous avons préconisé ce qui suit :

- Décapage de toute la rouille par sablage et brossage mécanique.
- Application de deux couches de peinture antirouille.
- Application de peinture marine en deux couches suivant la couleur existante.
- Remplacement des tabliers en bois marin des passerelles pour piéton des postes de chargement
- Remplacement des rampes des passerelles pour piéton des postes de chargement
- Remplacement des garde-fous au niveau des ducs d'albe et pille d'amarrage
- Remplacement des échelles des postes de chargement

3. Quantités des matériaux de confortement pour la variante n°1 retenue :

Tableau N°14 : récapitulatif des quantités des matériaux de rechargement

N° tableau	Désignation des matériaux	Qtés des matériaux de rechargement	Qté. Unité
4	Coté extérieur		
	BCR 40 t	188 595 m ³	11 316
	BCR 12 t	25 542 m ³	5 109
	Enrochements (1 – 3t)	64 859 t	
5	Coté intérieur		
	Enrochements (6– 10t)	43 748 t	
	Enrochements (0.2 – 1t) + TVC (0 -500 Kg)	98 220 t	
6	Dalle de roulement		
	Béton pour dalle de roulement	5 482 m ³	

On rappelle que le coût de cette variante a été estimé par HMI à **9,2 Milliards de Dinars** environ.

Il a été recommandé par HMI d'effectués des levés de profils coté extérieur pour actualiser les métrés des rechargements du talus extérieur et donc le coût de confortement de l'ouvrage coté extérieur.

4. solutions proposé pour améliorer la stabilité de l'ouvrage :

- Elargir la berme.
- La reconstruction du mur de garde disparu au lieu les BCR de 40t.
- Ne plus utiliser les tétrapodes pour le rechargement vu leur fragilité.

CONCLUSION
GENERALE

CONCLUSION GENERALE :

Il est à remarquer que le brise lames du port de **Bethioua** a subi des dommages importants lors de la grande tempête de Décembre 1980. Cela est dû essentiellement aux tétrapodes de 48t qui sont fragiles et n'ont pas résisté à l'action de la houle (Hs = 9,00 m).

Les travaux de réparation définitive du brise lames ont été effectués entre 1985 et 1994 par les entreprises INGRA / ZINKCON (1985 -1990), ZINKON / SOTRAMO (1992 -1993), SOTRAMO (1993 – 1994) après étude de NEDECO / DELFT en 1983, qui a recommandé deux profils type de réparation définitive :

- **Profil A** : partie endommagée sur environ 940 ml au milieu du brise-lames.
- **Profil B** : parties relativement intactes sur environ 840 ml vers les deux musoirs Est et Ouest du brise-lames.

La houle de dimensionnement prise en compte pour la vérification de la stabilité de l'ouvrage est de **Hs = 8.42 m** avec une période de pointe **Tp = 13.5 s**.

La vérification de la stabilité à l'aide des formules empiriques (**Hudson** et **Van der Meer**) a montré que le rechargement par des blocs de BCR 40t et tétrapodes de 48t actuel est stable en carapace et en butée (BCR de 12t).

HMI a proposé deux variantes de confortement :

- **Variante N°1** : propose un rechargement général de la carapace tout le long du BL coté extérieur en BCR de 40t selon le profil type A, y compris les 2 zones extrêmes vers les musoirs, actuellement rechargées en tétrapodes de 48 t .
- **Variante N°2** : propose un rechargement dans la partie centrale sur 940 ml en BCR de 40 t et le reste (1060 ml) en tétrapodes de 48t en partie aérienne (état actuel).

HMI a recommandé le choix **de la variante N°1**.

Ce profil de confortement propose :

1- Du coté extérieur :

- Un rechargement général de la carapace tout le long du BL en BCR de 40t y compris les deux zones extrêmes actuellement en tétrapodes de 48t soit un volume de béton de $188\,599\text{ m}^3$ (11 316 unités de BCR de 40t).
- Un élargissement de la berme supérieure de la carapace en tétrapodes de 48 t de 5 m pour la porter à 13.50 m avec une pente de 2/1 et une cote d'arase de + 9.00 m .
- Un rechargement de la butée du pied par des BCR de 12 t pour un volume en béton de $25\,542\text{ m}^3$ soit 5 109 unités de BCR de 12t.
- Un rechargement des couches d'assise (1^{ère}, 2^{ème} et 3^{ème}) en enrochements (1 -3t), la quantité d'enrochements (1 – 3t) nécessaire pour cette opération est de **64 859 t**.

2- Du coté intérieur :

- Un rechargement du talus coté intérieur par des enrochements de (6 -10 t) pour la partie supérieure (carapace) et des enrochements de (0.2 –1t) pour la partie inférieure. Le rechargement concernera les parties dégarnies.

La quantité nécessaire pour ce rechargement est de 43 748t pour les enrochements (6 -10 t) et de 98 220t pour les enrochements (0.2 – 1t).

3- Dalle de roulement :

Les travaux concernant cette partie d'ouvrage consistent à :

- rattraper le niveau (+ 4.80 m) pour qu'il soit uniforme sur l'ensemble du chemin de roulement, le volume du béton nécessaire pour cette opération est estimé à $5\,482\text{ m}^3$.

4- Les postes de chargement B1, B2, B3 :

- Réparation des surfaces de béton de couronnement dégradé des 3 postes de chargement B1, B2 et B3
- Remplacement des tabliers en bois marin des passerelles pour piétons des postes de chargement
- Remplacement des rampes des passerelles pour piéton des postes de chargement
- Remplacement des garde-corps au niveau des ducs d'albe et piles d'amarrage
- Remplacement des échelles métalliques des postes de chargement

Le coût du confortement est estimé à **9,2 Milliards de DA.**

Il est à noter que le confortement ainsi préconisé a été étudié par rapport aux profils de recollement du LEM de 1994, et que HMI a recommandé d'effectuer des levés de profils coté extérieur en urgence pour permettre l'actualisation des métrés des matériaux manquants coté extérieur et donc actualiser le coût des travaux proposé dans cette 1^{ère} étude.

Notre contribution à cette étude maritime a consisté à une étude détaillée de toute la documentation mise à notre disposition par le Bureau d'études HMI pour mener à bien ce travail de mémoire de fin d'études, qui nous a permis également de comprendre toutes les phases d'études et de réalisation d'un grand ouvrage maritime qu'est le Brise-lames du port de Bethioua :

1. condition naturelles du site.
2. historique de l'ouvrage.
3. dégâts occasionnés à l'ouvrage par la tempête de 1980.
4. la réparation provisoire de 1981.
5. l'étude en modèle réduit physique de 1983.
6. la réparation définitive de l'ouvrage (1985-1994).
7. l'expertise faite par le LEM en 1994.
8. l'expertise effectuée par HMI en 2009.
9. les recommandations de confortement de l'ouvrage par HMI (2010).

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

- 1- **AMARI . M**, Cours d'hydraulique maritime et modélisation, 5eme année Aménagement du Littoral – ISMAL (1995).
- 2- **CHAPON J** , 1975. Travaux maritimes. Tome 1. Ed Eyroles, 213-2P.
- 3- **CHAPON J** , 1984. Travaux maritimes. Tome 2. Ed Eyroles, 13-20P.
- 4- **Bonne Fille 1980**, cours d'hydrauliques maritimes , ENSSMAL.
- 5- Rapport de reconnaissances générales et inspection aérienne et sous marine du poste B1 au brise lames du port de Bethioua (**LEM**) Février 1998.
- 6- Reconnaissances topographiques et sous marines pour l'établissement des plans de recollement, rapport final, (**LEM**) Mars 1995.
- 7- Levé des plots du couronnement du brise lames principale / rapport, (**LEM**) Juin 1998.
- 8- Etude sur modele mathématique, rapport définitif, (**IDH**) Mars 1981.
- 9- Rapport final, annexe n°3, album photos (52 Photos), (**LEM**) Mars 1995.
- 10- Réparation definitive du BL Béthioua, recollement, album photo, (**LEM**) 1994.
- 11- Démolition des blocs en béton au BL de Béthioua, (**INGRA**) / **Plans** Mars 1988.
- 12- Reconstruction du BL de Béthioua, blocs de couronnement, (**INGRA**) **Plans** 1990.
- 13- 5 Plans de recollement Brise Lames de Béthioua, (**INGRA, LEM**) P720, 940, 1020, 1160, 1700 à l'échelle 1/200 1992 – 1995.
- 14- Bordereau – B – Tome 1, (**NEDECO**), renseignement généraux du projet – avant métré – **Plans** Novembre 1983.
- 15- Bordereau – B – Tome 2, (**NEDECO**), **Plans**. Novembre 1983.
- 16- Archives sur le brise lames de Béthioua, (**LEM**), **Classeur** . 1993.
- 17- Marché N° BE 7/97 Brise Lames de Béthioua, (**LEM**) – **DTP** Avril 1994.
- 18- Etude de la refecton provisoire suplément du rapport essais en modele Réduit physique, (**IDH, LEM**) Octobre 1981.
- 19- Réparation provisoire (4 Plans), vue en plan, alternative n°1, alternative n° 2, alternative n° 3, (**NEDECO**) 1983.
- 20- Rapport, réparation provisoire, essai en modele réduit physique, (**IDH**) Juin –Juillet 1981.
- 21- Etude sur modele réduit concernant la réparation difinitive, (**NEDECO**) Juillet 1983.

Rapports

- 22- Album photo concernant la carapace en BCR, Tétrapodes 48t, (**LEM**) 1995 **Classeur**.
- 23- Programme des reconnaissances géophysiques et géomécaniques, (**INGRA**) Décembre 1985.
- 24- Bordereau A – cahier des prescriptions spéciales, (**NEDECO**) Réparation définitive du BL Novembre 1983.
- 25- Rapport n°1 relatif aux résultats d'essais de la résistance à la compression des échantillons de rocher, (**GRADEVINSKI INSTITUT**) – **INGRA** Novembre 1987.
- 26- Rapport final n°1 sur les résultats des essais du béton et des composants du béton (**GRADEVINSKI INSTITUT**) – **INGRA** Avril 1988.
- 27- Rapport béton période du 12-5 au 31-12-1988 (**sur classeur vert**), **INGRA** 1988.
- 28- Reprise des travaux de reconstruction du Brise Lames, (**BOSKALIS**) Septembre 1988.

OFFRE – Classeur

- 29- Offre présentée par **ACZ** pour reconstruction du Brise Lame, **Classeur**. Juillet 1984.
- 30- Offre pour reconstruction du Brise Lames (Plans, méthode d'exécution des travaux ...etc), (**ZINCON**) – **Classeur** Mai 1986.
- 31- Bordereau – C – (rapport de recherches, devis provisionnel), (**NEDECO**) Novembre 1983.
- 32- Plans, Profils recollement du **LEM** tous les 20m (95 profils) (P20 – P1880) et (50 profils des deux musoir, 25 profils musoir Est, 25 Profils musoir Ouest) **Calques** 1994.
- 33- Rapport HMI :
 - A- Rapport de reconnaissance et d'expertise (février 2010).
 - B- Rapport d'APS (mars 2010).
 - C- DAO (mars 2010).

[WWW.Cetemef. @ Equipement. FR](http://WWW.Cetemef.@Equipement.FR)

[Google earth](#)

*Annexe 1 : liste des figures-
Tableaux-
Photos dans le texte*

LISTE DES FIGURES

Figures	Titre des figures	Chapitre	Page
1	Situation géographique de brise lames du Bethioua	I	2
2	Situation de la zone d'étude (Port de Bethioua)	I	3
3	Plan Masse du port pétrolier de Bethioua	I	4
4	Rose des vents	I	6
5	Les différents courants dans la région de Bethioua	I	7
6	Plan de port et localisation des forages, l'épaisseur de la couche de sable supérieur	I	9
7	Localisation des évènements de tremblement de terre	I	10

LISTE DES TABLEAUX

N° Tableau	TITRE DES TABLEAUX	Chapitre	page
1	Conditions des houles au large du port de Bethioua (Hs)	I	5
2	Causes possibles de désordres sur les digues	I	12
3	Quantités des matériaux utilisés pour la réfection provisoire (1981-1983).	II	15
4	Quantités des matériaux utilisés pour la reconstruction du BL de Bethioua (1985 – 1994)	II	18
5	Stations implantées au niveau du brise-lames du port de Bethioua	III	25
6	Coordonnées des repères géodésiques du CNTS	III	26
7	Recensement et Localisation des tétrapodes cassés	III	29
8	Localisation et dimension des affouillements cotés intérieur	III	34
9	Récapitulatif des matériaux manquants BL Bethioua	III	37
10	Les résultats de la vérification de la stabilité de l'ouvrage coté extérieur	IV	45
11	Coût de la réalisation de la variante N° 1	V	50-51
12	Coût de la réalisation de la variante N° 2	V	53-54
13	Tableau comparatif des deux variantes	V	55
14	récapitulatif des quantités des matériaux de rechargement	VI	59

LISTE DES PHOTOS DANS LE TEXTE

N° photo	TITRES DES PHOTOS	Chapitre	page
1	L'installation de la station totale LEICA (HMI)	III	24
2	Tétrapodes de 48t cassé par la tempête	III	30
3	Fissuration et tassement très visible de la dalle de couronnement	III	31
4	Eclatement du béton dû à la friction thermique du mur du garde lors de la tempête du 14 au 15 décembre 2009	III	32
5	Corrosion des armatures au niveau du poste de chargement	III	33
6	Corrosion de la passerelle en charpente métallique	III	33

*Annexe 2 : Métrés de confortement
de l'ouvrage*

TABLEAU DE COMPARAISON DES COTES
LEVE HMI (2009)
LEVE LEM (1994)

Numero des profils	cotes Leves par HMI (2009)	cotes Leves par LEM (1994)	Differnnces des cotes HMI / LEM	Differnnces cotes d'orig 1972 / HMI
P0	5.21	5.07	0.14	0.01
P1	5.23	5.17	0.06	0.03
P2	5.16	5.13	0.03	-0.04
P3	4.30	4.30	0.00	-0.90
P4	4.38	4.30	0.08	-0.82
P5	4.01	4.17	-0.16	-1.19
P6	4.31	4.19	0.12	-0.89
P7	4.34	4.37	-0.03	-0.86
P8	4.47	4.59	-0.12	-0.73
P9	4.44	4.59	-0.15	-0.76
P10	3.99	4.64	-0.65	-1.21
P11	3.66	4.26	-0.60	-1.54
P12	4.22	4.87	-0.65	-0.98
P13	4.20	4.83	-0.63	-1.00
P14	3.92	4.42	-0.50	-1.28
P15	3.36	3.73	-0.37	-1.84
P16	3.60	3.85	-0.25	-1.60
P17	4.09	4.57	-0.48	-1.11
P18	4.55	5.00	-0.45	-0.65
P19	4.80	5.05	-0.25	-0.40
P20	4.86	5.14	-0.28	-0.34
P21	4.86	4.47	0.39	-0.34
P22	4.34	4.59	-0.25	-0.86
P23	4.50	4.53	-0.03	-0.70
P24	4.60	4.73	-0.13	-0.60
P25	4.93	5.11	-0.18	-0.27
P26	4.95	5.13	-0.18	-0.25
P27	4.98	5.16	-0.18	-0.22
P28	4.97	5.13	-0.16	-0.23
P29	5.03	5.17	-0.14	-0.17
P30	5.11	5.19	-0.08	-0.09
P31	5.17	5.26	-0.09	-0.03
P32	5.34	5.26	0.08	0.14
P33	5.20	5.22	-0.02	0.00
P34	5.17	5.25	-0.08	-0.03
P35	5.14	5.22	-0.08	-0.06
P36	5.07	5.03	0.04	-0.13

BET : H.M.I
 Client : D.T.P d'ORAN
 Date : 13-04-2010

ETUDE D'EXPERTISE DU BRISE LAMES - BETHIOUA
(LEVE LEM 1994)
DOSSIER : AVANT PROJET DETAILLE



Page : 1/3

TABLEAU N°4: MATERIAUX DE RECHARGEMENT COTE EXTERIEUR

N° de Profil	Distance entre Profils	carapace en BCR de 40t (Partie supérieure (haut de carapace) , Berme horizontale a -2m et à -3m et Talus inférieur) (indice des vides 44%)				Butée a -16m BCR 12t (indice des vides 44%)				assise butée a -21,50 m ENR (1-3t) Dencité=1,8t/m3		
		surface en m²	volume theorique en m3	volume réel en m3	nombre de BCR	surface en m²	volume theorique en m3	volume réel en m3	nombre de BCR	surface en m²	volume en m3	poids réel en tonne
P20	20	50.00	1000.00	560.00	34	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00
P40	20	237.42	4748.49	2659.16	160	25.52	510.49	285.87	57	9.62	192.45	346.42
P60	20	220.68	4413.68	2471.66	148	43.58	871.51	488.04	98	26.46	529.20	952.56
P80	20	251.43	5028.52	2815.97	169	38.64	772.85	432.79	87	29.80	596.01	1072.83
P100	20	237.53	4750.63	2660.35	160	40.71	814.19	455.95	91	12.03	240.69	433.25
P120	20	230.94	4618.72	2586.48	155	40.50	810.03	453.62	91	35.25	704.95	1268.91
P140	20	286.33	5726.59	3206.89	192	18.26	365.28	204.56	41	7.54	150.84	271.51
P160	20	234.41	4688.13	2625.35	158	8.10	161.96	90.70	18	6.69	133.84	240.91
P180	20	211.88	4237.68	2373.10	142	11.00	219.99	123.19	25	21.87	437.38	787.29
P200	20	251.68	5033.54	2818.78	169	21.21	424.23	237.57	48	21.31	426.23	767.22
P220	20	236.33	4726.54	2646.86	159	33.07	661.48	370.43	74	11.14	222.73	400.91
P240	15	157.94	2369.17	1326.73	80	26.16	392.45	219.77	44	6.12	91.78	165.20
P250	10	239.85	2398.50	1343.16	81	33.14	331.39	185.58	37	16.63	166.33	299.39
P260	15	159.74	2396.06	1341.79	81	28.40	425.93	238.52	48	6.94	104.10	187.37
P280	20	98.16	1963.11	1099.34	66	23.53	470.52	263.49	53	20.74	414.78	746.60
P300	20	206.62	4132.36	2314.12	139	45.30	906.09	507.41	101	16.90	337.93	608.27
P320	20	127.53	2550.59	1428.33	86	50.97	1019.32	570.82	114	45.21	904.11	1627.40
P340	20	176.89	3537.86	1981.20	119	21.33	426.54	238.86	48	29.55	590.96	1063.73
P360	20	183.91	3678.15	2059.76	124	19.24	384.85	215.52	43	30.06	601.28	1082.31
P380	20	199.01	3980.18	2228.90	134	37.43	748.68	419.26	84	37.11	742.29	1336.11
P400	20	59.47	1189.41	666.07	40	9.66	193.15	108.17	22	10.08	201.60	362.89
P420	20	168.56	3371.23	1887.89	113	16.66	333.17	186.58	37	27.65	553.09	995.57
P440	20	188.00	3760.08	2105.64	126	35.82	716.32	401.14	80	37.12	742.39	1336.30
P460	20	127.75	2554.99	1430.79	86	23.90	477.90	267.62	54	14.92	298.41	537.14
P480	20	162.70	3254.04	1822.26	109	42.00	839.92	470.36	94	50.71	1014.17	1825.50
P500	20	140.55	2811.07	1574.20	94	22.55	451.01	252.57	51	16.80	336.05	604.90
P520	20	93.68	1873.54	1049.18	63	10.16	203.20	113.79	23	8.38	167.56	301.60
P540	20	165.28	3305.59	1851.13	111	28.04	560.78	314.04	63	14.06	281.25	506.25
P560	20	223.83	4476.69	2506.95	150	35.10	702.02	393.13	79	40.48	809.55	1457.19
P580	20	73.65	1473.01	824.89	49	11.58	231.53	129.66	26	1.71	34.29	61.73
P600	20	80.80	1615.92	904.91	54	28.32	566.42	317.20	63	17.92	358.44	645.19
P620	20	134.46	2689.24	1505.97	90	19.41	388.12	217.34	43	12.68	253.51	456.31
P640	20	123.10	2461.94	1378.69	83	5.95	118.93	66.60	13	26.45	528.98	952.17
P660	20	96.82	1936.48	1084.43	65	43.53	870.54	487.50	98	54.53	1090.55	1962.99
P680	20	120.56	2411.24	1350.29	81	34.58	691.53	387.26	77	34.31	686.27	1235.28
P700	20	163.68	3273.58	1833.21	110	29.22	584.48	327.31	65	22.04	440.83	793.49
P720	20	72.17	1443.38	808.30	48	7.99	159.86	89.52	18	15.20	304.06	547.30
P740	20	83.10	1661.92	930.67	56	18.75	375.09	210.05	42	20.47	409.47	737.04
P760	20	167.97	3359.40	1881.26	113	20.46	409.12	229.11	46	23.29	465.82	838.47

Suite

BET : H.M.I
 Client : D.T.P d'ORAN
 Date : 13-04-2010

ETUDE D'EXPERTISE DU BRISE LAMES - BETHIOUA
(LEVE LEM 1994)
DOSSIER : AVANT PROJET DETAILLE



Page : 2/3

TABLEAU N°4: MATERIAUX DE RECHARGEMENT COTE EXTERIEUR

Num du Profils	Distance entre Profils	carapace en BCR de 40t (Partie superieur (haut de carapace) , Berme horizontal a -2m et à -3m et Talus inferieur) (indice des vides 44%)				Butée a -16m BCR 12t (indice des vides 44%)				assise butée a -21,50 m ENR (1-3t) Dencité=1,8t/m3		
		surface en m²	volume theorique en m3	volume réel en m3	nombre de BCR	surface en m²	volume theorique en m3	volume réel en m3	nombre de BCR	surface en m²	volume en m3	poids réel en tonne
P780	20	171.74	3434.81	1923.49	115	28.37	567.46	317.78	64	28.24	564.85	1016.74
P800	20	123.56	2471.10	1383.82	83	22.92	458.43	256.72	51	21.29	425.88	766.58
P820	20	140.66	2813.27	1575.43	95	30.61	612.19	342.83	69	22.26	445.16	801.29
P840	20	153.44	3068.75	1718.50	103	20.47	409.50	229.32	46	26.65	533.10	959.58
P860	20	132.43	2648.51	1483.16	89	25.11	502.21	281.24	56	20.54	410.88	739.58
P880	20	146.73	2934.57	1643.36	99	28.62	572.38	320.53	64	28.32	566.46	1019.62
P900	20	137.76	2755.27	1542.95	93	17.46	349.11	195.50	39	16.20	323.95	583.11
P920	20	96.58	1931.54	1081.66	65	36.38	727.56	407.43	81	14.27	285.40	513.72
P940	20	219.23	4384.60	2455.38	147	34.24	684.85	383.52	77	26.51	530.15	954.28
P960	20	155.24	3104.82	1738.70	104	39.71	794.14	444.72	89	13.48	269.56	485.20
P980	20	121.42	2428.41	1359.91	82	29.66	593.13	332.15	66	24.98	499.66	899.40
P1000	20	148.74	2974.80	1665.89	100	21.70	433.97	243.03	49	19.06	381.20	686.17
P1020	20	125.41	2508.12	1404.55	84	15.90	318.01	178.09	36	13.45	269.00	484.20
P1040	20	82.67	1653.34	925.87	56	8.50	169.95	95.17	19	4.75	94.99	170.97
P1060	20	77.95	1558.98	873.03	52	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00
P1080	20	142.07	2841.49	1591.24	95	22.31	446.29	249.92	50	6.36	127.11	228.81
P1100	20	163.64	3272.75	1832.74	110	38.14	762.74	427.13	85	31.21	624.26	1123.66
P1120	20	103.83	2076.62	1162.91	70	33.26	665.19	372.50	75	9.11	182.28	328.10
P1140	20	161.57	3231.45	1809.61	109	39.44	788.80	441.73	88	30.56	611.14	1100.05
P1160	20	145.94	2918.77	1634.51	98	40.52	810.38	453.81	91	47.76	955.14	1719.25
P1180	20	175.88	3517.56	1969.83	118	21.90	438.01	245.28	49	24.12	482.39	868.31
P1200	20	134.88	2697.59	1510.65	91	25.04	500.80	280.45	56	6.44	128.85	231.93
P1220	20	83.87	1677.38	939.34	56	24.77	495.33	277.39	55	11.71	234.16	421.48
P1240	20	45.11	902.24	505.25	30	10.45	208.90	116.98	23	0.00	0.00	0.00
P1260	20	63.98	1279.51	716.52	43	34.07	681.47	381.63	76	9.20	184.10	331.37
P1280	20	55.43	1108.55	620.79	37	4.52	90.48	50.67	10	0.00	0.00	0.00
P1300	20	309.81	6196.29	3469.92	208	48.43	968.59	542.41	108	39.05	780.97	1405.74
P1320	20	202.96	4059.10	2273.10	136	25.74	514.71	288.24	58	26.62	532.37	958.26
P1340	20	242.40	4848.10	2714.93	163	18.47	369.43	206.88	41	6.28	125.50	225.90
P1360	20	194.25	3885.00	2175.60	131	17.75	355.01	198.81	40	3.81	76.10	136.99
P1380	20	267.09	5341.70	2991.35	179	30.18	603.62	338.03	68	29.70	594.02	1069.24
P1400	20	233.83	4676.50	2618.84	157	23.96	479.24	268.38	54	10.43	208.66	375.58
P1420	20	325.73	6514.63	3648.19	219	41.43	828.52	463.97	93	34.49	689.80	1241.63
P1440	20	246.18	4923.59	2757.21	165	19.12	382.41	214.15	43	1.61	32.29	58.12
P1460	20	187.22	3744.43	2096.88	126	8.18	163.64	91.64	18	1.28	25.58	46.04
P1480	20	365.18	7303.58	4090.00	245	42.00	839.91	470.35	94	30.15	602.98	1085.37
P1500	20	235.02	4700.42	2632.24	158	20.16	403.13	225.76	45	4.45	88.96	160.12
P1520	20	194.79	3895.88	2181.69	131	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00
P1540	20	259.01	5180.12	2900.86	174	16.90	338.01	189.29	38	14.26	285.24	513.42

Suite

BET : **HEMUDE D'EXPERTISE DU BRISE LAMES - BETHIOUA**

Client : D.T.P d'ORAN

Date : 13-04-2010

LEM 1994)

DOSSIER : AVANT PROJET DETAILLE



Page : 3/3

TABLEAU N°4: MATERIAUX DE RECHARGEMENT COTE EXTERIEUR

Num du Profils	Distance entre Profils	carapace en BCR de 40t (Partie superieur (haut de carapace) , Berme horizontal a -2m et à -3m et Talus inferieur) (indice des vides 44%)				Butée a -16 m BCR 12t (indice des vides 44%)				assise butée a -21,50 m ENR (1-3t) Dencité=1,8t/m3		
		surface en m²	volume theorique en m3	volume réel en m3	nombre de BCR	surface en m²	volume theorique en m3	volume réel en m3	nombre de BCR	surface en m²	volume en m3	poids réel en tonne
P1560	20	233.51	4670.17	2615.29	157	9.57	191.46	107.22	21	18.64	372.82	671.08
P1580	20	167.71	3354.21	1878.36	113	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00
P1600	20	207.83	4156.60	2327.70	140	1.38	27.55	15.43	3	0.00	0.00	0.00
P1620	20	174.81	3496.21	1957.88	117	5.46	109.16	61.13	12	0.00	0.00	0.00
P1640	20	282.17	5643.46	3160.34	190	30.50	609.99	341.59	68	20.63	412.68	742.82
P1660	20	234.04	4680.81	2621.25	157	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00
P1680	20	239.74	4794.75	2685.06	161	21.13	422.58	236.64	47	17.68	353.67	636.60
P1700	20	344.15	6883.09	3854.53	231	56.21	1124.21	629.56	126	62.07	1241.38	2234.49
P1720	20	253.30	5065.93	2836.92	170	30.50	610.08	341.64	68	40.79	815.76	1468.38
P1740	20	208.72	4174.43	2337.68	140	28.25	565.08	316.44	63	29.93	598.67	1077.61
P1760	20	262.94	5258.85	2944.95	177	20.98	419.53	234.94	47	26.45	529.03	952.25
P1780	20	245.83	4916.55	2753.27	165	20.07	401.42	224.80	45	15.49	309.81	557.66
P1800	20	307.44	6148.77	3443.31	207	29.72	594.40	332.86	67	15.92	318.32	572.97
P1820	20	359.24	7184.79	4023.48	241	34.11	682.21	382.04	76	24.50	490.02	882.04
P1840	20	194.70	3894.08	2180.69	131	9.56	191.23	107.09	21	4.89	97.87	176.17
P1860	20	176.24	3524.86	1973.92	118	9.85	196.99	110.31	22	6.92	138.41	249.13
P1880	20	128.16	2563.17	1435.38	86	27.34	546.75	306.18	61	30.90	617.90	1112.23
		volume total		188594.63				25542.16			36032.65	
		Nombre total		11 316				5 109		Poids Total	64 858.77	

ETUDE D'EXPERTISE DU BRISE LAMES - BETHIOUA (LEVE LEM 1994)

DOSSIER : APD

TABLEAU RECAPITULATIF DES RECHARGEMENTS EN MATERIAUX

N°	Designation des materieaux	volume total (m3)	Nombre (U)
1	BCR 40 T (d= 2,4 t/m³)	188 595	11 316
2	BCR 12 T (d= 2,4 t/m³)	25 542	5 109

TABLEAU RECAPITULATIF DU DEFICIT EN Enrochements (1 -3t)

N°	Designation des materieaux	volume total (m3)	Poids (t)
3	Poids des ENR (1- 3t) (d= 1,8 t/m³)	36 033	64 859

ETUDE D'EXPERTISE, DU BRISE LAMES DU PORT DE BETHIOUA

**Tableau N°5 : Métrés des matériaux manquants
(Coté Interieur) - BL du port de Bethioua**

Coté Interieur										
N° Profils	L (m)	Enrochements (6 - 10 t)			Enrochements (0.2 - 1 t)			TVC (0 - 500 Kg)		
		S (m2)	V (m3)	Poids (T)	S (m2)	V (m3)	Poids (T)	S (m2)	V (m3)	Poids (T)
P0	50,00	20,29	1014,50	1826,10	14,41	720,50	1296,9	0,99	49,5	99
P1	50,00	12,23	611,50	1100,70	22,13	1106,50	1991,7	4,77	238,5	477
P2	50,00	7,67	383,50	690,30	16,00	800,00	1440	5,85	292,5	585
P3	50,00	9,14	457,00	822,60	16,85	842,50	1516,5	4,70	235	470
P4	50,00	5,13	256,50	461,70	17,65	882,50	1588,5	3,96	198	396
P5	50,00	2,10	105,00	189,00	19,43	971,50	1748,7	0,00	0	0
P6	50,00	3,65	182,50	328,50	23,95	1197,50	2155,5	8,38	419	838
P7	50,00	2,52	126,00	226,80	19,08	954,00	1717,2	3,50	175	350
P8	50,00	10,00	500,00	900,00	17,75	887,50	1597,5	14,41	720,5	1441
P9	50,00	4,73	236,50	425,70	17,70	885,00	1593	2,78	139	278
P10	50,00	3,95	197,50	355,50	11,64	582,00	1047,6	0,00	0	0
P11	50,00	0,40	20,00	36,00	5,28	264,00	475,2	0,00	0	0
P12	50,00	11,11	555,50	999,90	15,75	787,50	1417,5	0,00	0	0
P13	50,00	22,63	1131,50	2036,70	20,84	1042,00	1875,6	2,96	148	296
P14	50,00	1,09	54,50	98,10	0,47	23,50	42,3	0,00	0	0
P15	50,00	1,18	59,00	106,20	6,03	301,50	542,7	0,00	0	0
P16	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0	0
P17	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0	0
P18	50,00	2,27	113,50	204,30	0,00	0,00	0	0,00	0	0
P19	50,00	0,88	44,00	79,20	0,00	0,00	0	0,00	0	0
P20	50,00	0,73	36,50	65,70	0,00	0,00	0	0,00	0	0
P21	50,00	7,73	386,50	695,70	21,74	1087,00	1956,6	5,40	270	540
P22	50,00	5,09	254,50	458,10	23,72	1186,00	2134,8	8,43	421,5	843
P23	50,00	0,67	33,50	60,30	21,80	1090,00	1962	2,03	101,5	203
P24	50,00	9,21	460,50	828,90	22,07	1103,50	1986,3	7,98	399	798
P25	50,00	13,70	685,00	1233,00	24,94	1247,00	2244,6	14,40	720	1440
P26	50,00	21,28	1064,00	1915,20	22,90	1145,00	2061	6,41	320,5	641
P27	50,00	16,57	828,50	1491,30	18,74	937,00	1686,6	2,15	107,5	215
P28	50,00	14,31	715,50	1287,90	18,98	949,00	1708,2	8,04	402	804
P29	50,00	9,30	465,00	837,00	18,62	931,00	1675,8	0,15	7,5	15
P30	50,00	16,36	818,00	1472,40	21,11	1055,50	1899,9	6,66	333	666
P31	50,00	11,54	577,00	1038,60	24,53	1226,50	2207,7	0,99	49,5	99
P32	50,00	12,50	625,00	1125,00	23,29	1164,50	2096,1	0,69	34,5	69
P33	50,00	9,03	451,50	812,70	20,19	1009,50	1817,1	1,99	99,5	199
P34	25,00	24,65	616,25	1109,25	24,61	615,25	1107,45	17,86	446,5	893
P35	35,00	4,39	153,65	276,57	0,00	0,00	0	0,00	0	0
P36	10,00	4,89	48,90	88,02	0,00	0,00	0	0,00	0	0
		Total Enr (6 - 10t)	25682,94	Total Enr (0.2 - 1t)	48590,55	Total TVC (noyau)	12655,00			

Tableau N°6 : Métrés du béton manquant au niveau de la dalle de roulement - BL du port de Bethioua par rapport cote d'origine + 5.50 m

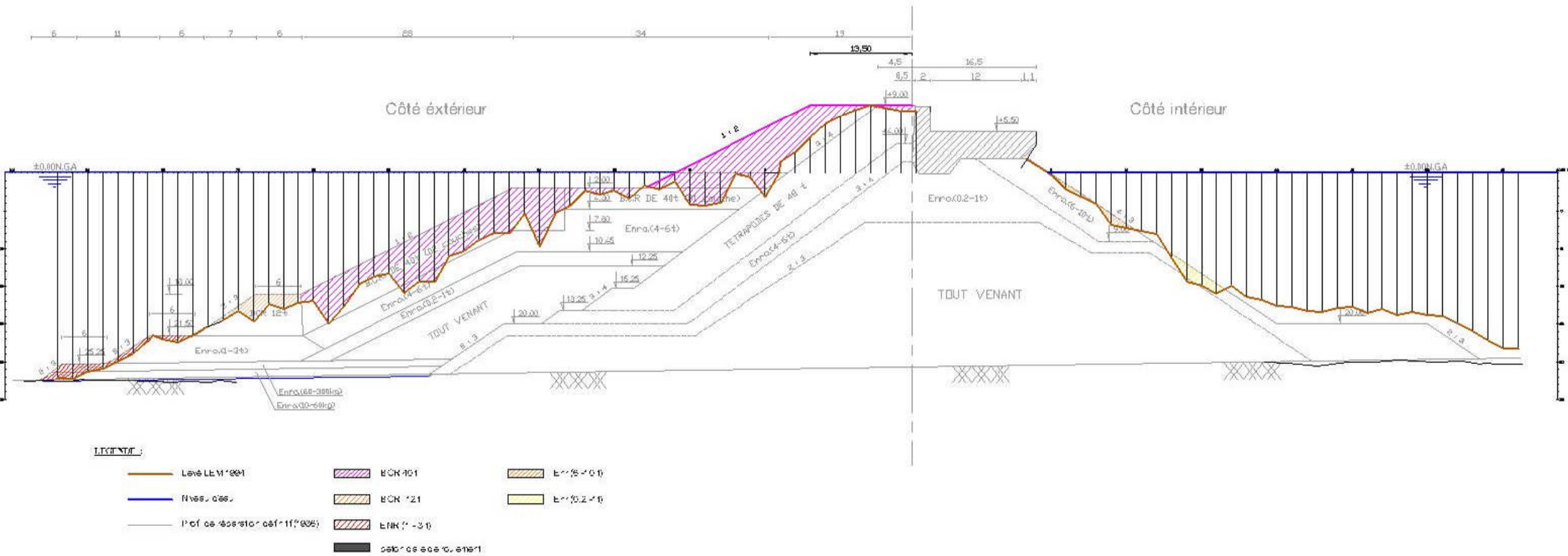
BETON DALLE DE ROULEMENT			
N° Profils	L (m)	S (m2)	V (m3)
P0	50,00	4,52	226,00
P1	50,00	3,14	157,00
P2	50,00	5,02	251,00
P3	50,00	6,98	349,00
P4	50,00	0,00	0,00
P5	50,00	1,83	91,50
P6	50,00	0,00	0,00
P7	50,00	0,00	0,00
P8	50,00	0,00	0,00
P9	50,00	0,00	0,00
P10	50,00	0,00	0,00
P11	50,00	4,23	211,50
P12	50,00	0,00	0,00
P13	50,00	0,00	0,00
P14	50,00	1,48	74,00
P15	50,00	7,11	355,50
P16	50,00	0,00	0,00
P17	50,00	0,00	0,00
P18	50,00	0,00	0,00
P19	50,00	0,00	0,00
P20	50,00	0,00	0,00
P21	50,00	0,00	0,00
P22	50,00	0,00	0,00
P23	50,00	0,00	0,00
P24	50,00	12,08	604,00
P25	50,00	7,02	351,00
P26	50,00	7,84	392,00
P27	50,00	7,21	360,50
P28	50,00	7,66	383,00
P29	50,00	6,60	330,00
P30	50,00	5,54	277,00
P31	50,00	4,36	218,00
P32	50,00	2,57	128,50
P33	50,00	6,92	346,00
P34	25,00	4,71	117,75
P35	35,00	5,55	194,25
P36	10,00	6,44	64,40
Volume Total (m³)			5481,90

*Annexe 3 : Profils en travers levé
leur 1994(P1880- P140-P940)*

ETUDE D'EXPERTISE DU BRISE LAMES DU PORT DE BETHIOUA

PROFIL -N° 140

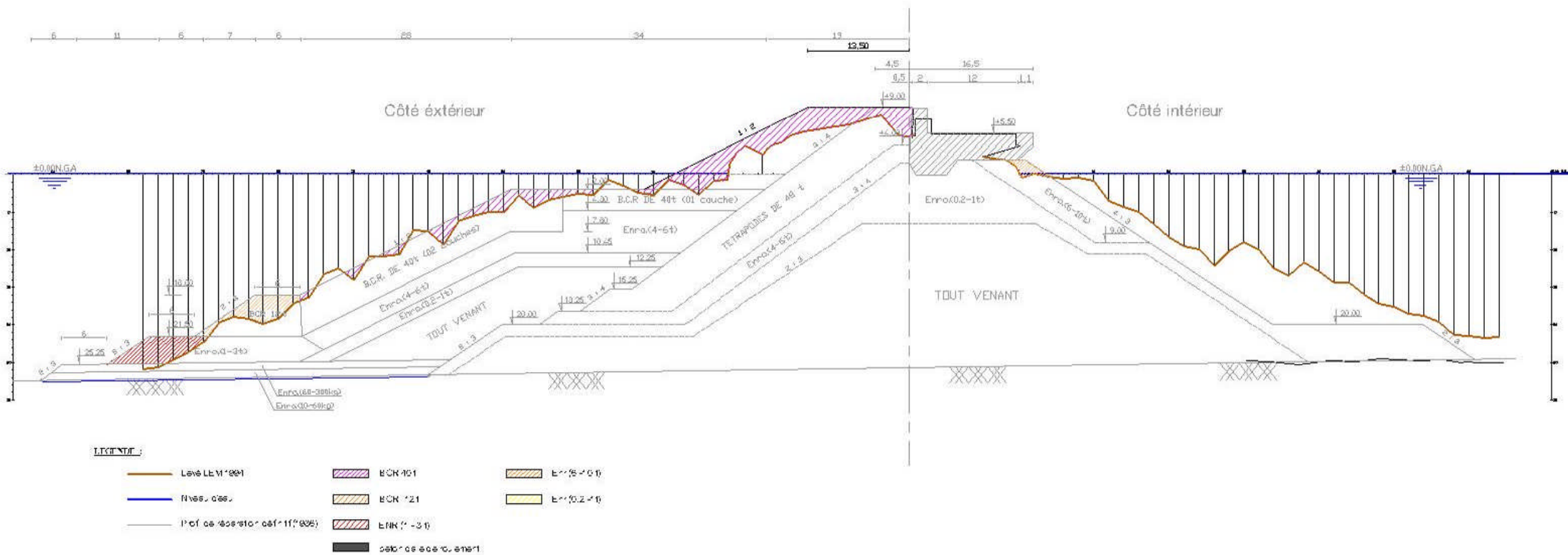
Ech: 1/550



source: HMI
Amraoui et Khalfallah

ETUDE D'EXPERTISE DU BRISE LAMES DU PORT DE BETHIOUA PROFIL -N° 1880

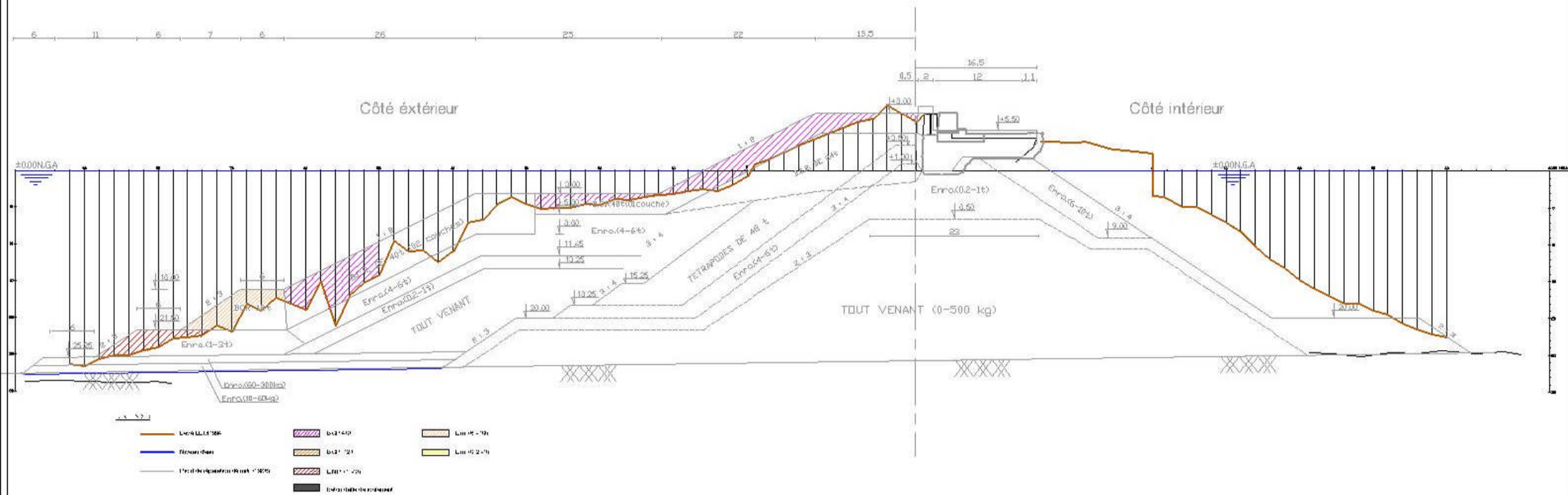
Ech: 1/550



source: HMI
Amraoui et Khalfallah

ETUDE D'EXPERTISE DU BRISE LAMES DU PORT DE BETHIOUA PROFIL -N° 940

Ech: 1/550



Annexe 4 : album photos
(13 photos)



1



2

Photo N° 1 : dégarnissage de la carapace coté extérieur vers Musoir Est

Photo N° 2 : Deux tétrapodes cassés, carapace vers Musoir Est



3



4

Photo N° 3 : Le musoir Est après le confortement de 1994 semble bien tenir

Photo N°4: L'éclatement de béton de couronnement au niveau du joint est dû à la friction entre deux plots lors de la grande tempête de décembre 1980



5



6

Photo N°5: fissuration et tassement très visible de la dalle de couronnement

Photo N°6 : effondrement du bord de la dalle de couronnement près de la Station de pompage du réseau d'incendie.

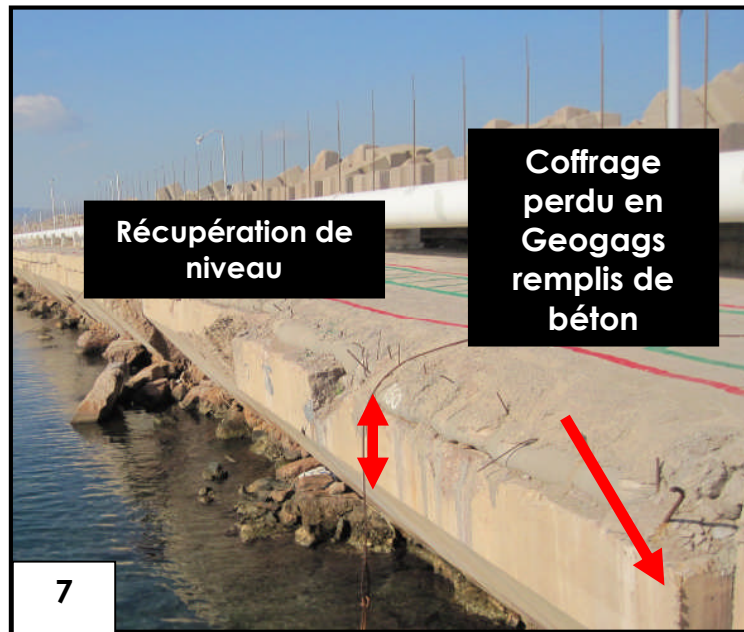


Photo N°7: réparation d'urgence du couronnement après la tempête de Déc 1980 : récupération de niveau par coulage de béton et coffrage perdu en geobags remplis de béton (entre les postes B1 et B2).



Photo N°8: Eclatement de béton du à la friction et <<tamponnement>>entre les plots résultant des efforts engendrés par la houle suivi du tassement du couronnement (mi - distance entre le poste B1 et le Poste B2).
Le mur de garde en BCR de 60t reconstruit après la tempête est en bon état



Photo N°9: dégradation de l'escalier situé entre le poste B3 et le musoir Ouest due aux franchissements de la houle



Photo N°10: le musoir Ouest ne s'est pas dégradé depuis sa dernière réparation en 1994 du moins en partie aérienne.

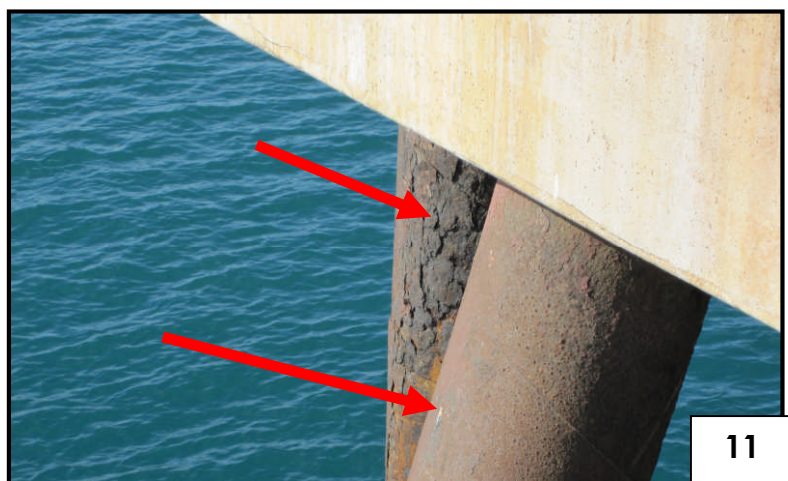


Photo N°11: Le degré de corrosion des pieux est grand, cette photo de ces deux pieux de la pile d'amarrage la plus à l'Ouest du poste B1 le montre bien



Photo N°12: le béton de couronnement de la pile d'amarrage la plus à l'Ouest du poste B3 est dans un bon état , les garde corps par contre sont dans un état de vétusté très avancée.

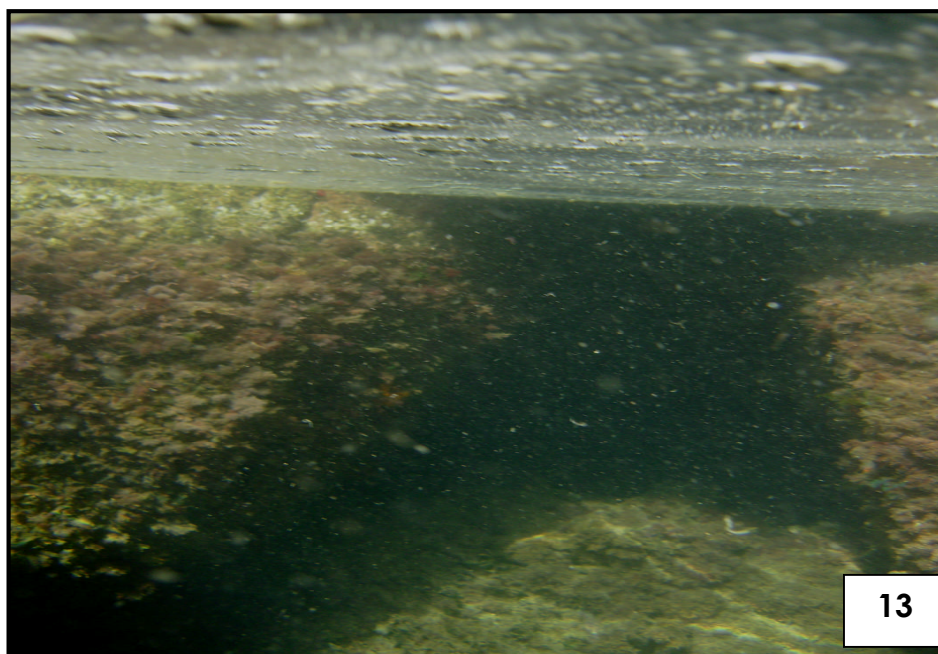


Photo N° 13 : type d'affouillement de faible volume rencontré coté intérieur

