

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

INSTITUT DES SCIENCES DE LA MER ET DE L'AMENAGEMENT DU LITTORAL

DEPARTEMENT D'AMENAGEMENT DU LITTORAL

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Ingénieur d'état en sciences de la mer et de l'aménagement du littoral
Option : Aménagement du littoral



Promoteur et encadreur : M. AMARI

Présenté par :
M^{elle} SABRI FAIZA

Membres du jury :

Monsieur REFES Wahid
Monsieur AMARI Mohamed
Monsieur BELKESSA Rabah
Monsieur SEFIANE Omar

Président
Promoteur
Examineur
Examineur

ISMAL 2004

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

INSTITUT DES SCIENCES DE LA MER ET DE L'AMENAGEMENT DU LITTORAL

DEPARTEMENT D'AMENAGEMENT DU LITTORAL

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Ingénieur d'état en sciences de la mer et de l'aménagement du littoral
Option : Aménagement du littoral



Promoteur et encadreur : M. AMARI

Présenté par :
M^{lle} SABRI FAIZA

Membres du jury :

Monsieur REFES Wahid
Monsieur AMARI Mohamed
Monsieur BELKESSA Rabah
Monsieur SEFIANE Omar

Président
Promoteur
Examineur
Examineur

DEDICACES

Le chemin était dur et long mais, avec courage et volonté, et l'aide de Dieu, j'ai réussi à dépasser les difficultés et à terminer mon travail, dans le temps, pour réaliser ce mémoire. Je tiens à dédier ce modeste travail à :

- Mes chers parents, qui se sont sacrifiés pour que j'atteigne mon but. Que Dieu les garde pour moi.*
- A mes chers sœurs et frères : Hanane, Naima, Lania, Nawel, Rafik, Samir et Mourad.*
- A mes chères tantes Ourdia, Farida et Khedoudja.*
- A toutes mes amies : Maunira, Nadia, Rabéa et Saliha.*
- A tous les étudiants de l'ISMAL.*
- A Rachid, Mohamed, Salim et Lamine.*

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, je remercie Dieu le tout-puissant pour m'avoir donné la santé, le courage et la bonne volonté pour réaliser ce travail.

J'adresse mes sincères remerciements à mon promoteur Monsieur AMARI Mohamed pour avoir dirigé ce travail et lui avoir accordé un intérêt tout au long de son élaboration, sans oublier les deux ingénieurs :

- Monsieur KHELIFI Mohamed
- Monsieur ABDI Rachid

pour le soutien et l'aide précieux qu'ils m'ont apporté.

Je remercie, aussi, l'ensemble du personnel du CTH (Contrôle Technique Hydraulique) et plus particulièrement :

Monsieur DJEBARA et Monsieur IDRIS BAY, ainsi que Rafiq, Lounis, Kamel, Saïd et Karim

Je remercie également tous les enseignants de l'Institut des Sciences de la Mer et l'Aménagement du Littoral qui ont eu la charge de ma formation.

Mes remerciements vont également aux membres du jury qui ont bien voulu examiner et juger mon travail.

J'ose espérer que ce travail obtiendrait un jugement favorable de la part de ceux qui m'ont aidé, de près ou de loin, à son élaboration ; qu'ils trouvent, ici, toute ma gratitude.

Faza

SOMMAIRE

Sommaire

	<u>PAGES</u>
AVANT-PROPOS : 1-PROBLEMATIQUE	1
2- INTRODUCTION	2
Chapitre I : CADRE GENERAL	4
1-1 Présentation et localisation de la zone d'étude	4
1-1-1 Situation géographique	4
1-1-2 Morphologie côtière	5
1-1-3 Morphologie sous-Marine	7
1-1-4 Géologie du site	9
1-2 Les paramètres climatologiques	11
1-2-1 Les précipitations	11
1-2-2 Les températures	11
1-3 Les paramètres dynamiques	12
1-3-1 Les courants marins	12
1-3-2 Les marées	12
1-3-3 Les vents	13
1-3-4 La sédimentologie	16
1-3-5 La houle	16
Chapitre II : RAPPEL GENERAL DE L'ETUDE EFFECTUEE PAR SOGREAH (1982)	20
2-1 Introduction	20
2-2 Esquisse d'aménagement possible	20
2-3 Avant Projet Sommaire«APS»	20
2-4 Avant Projet Détaillé«APD»	21
Chapitre III : DESCRIPTION DES TRAVAUX D'AMENAGEMENT	23
3-1 Installation du chantier	23
3-1-1 Installation du chantier	23
3-1-2 Plan d'installation du chantier	23
3-1-3 Organisation du chantier	23
3-1-4 Matériel du chantier	25

3-2 Terrassement	25
3-3 Ouvrages de protection	26
3-3-1 Introduction	26
3-3-2 Description de l'ouvrage	26
3-3-3 Pré dimensionnement de l'ouvrage	33
3-4 Devis quantitatif et estimatif	43
3-5 Délai d'exécution	44
3-6 Etude de la carrière	48
3-6-1 Situation géographique	48
3-6-2 Géologie du gisement	48
3-6-3 Caractéristiques du gisement	48
3-6-4 Limite et durée de vie	50
3-6-5 Capacité de production	50
CHAPITRE IV : PHASE DES TRAVAUX	51
4-1 Introduction	51
4-2 Principales phases de réalisation	51
4-2-1 Implantation, piquetage et tracés des ouvrages	51
4-2-2 Mise en place du noyau (0-500Kg)	51
4-2-3 Mise en place de la sous-couche en enrochements (la 2 ^e)	52
4-2-4 Mise en place des blocs de la carapace (5t)	54
4-2-5 Mise en place des déchets de carrière	56
4-2-6 Complément de l'ouvrage à côte projet définitive	56
4-3 Contrôle des travaux	56
4-4 Fabrication des blocs artificiels en béton (BCR)	61
4-4-1 Généralités	61
4-4-2 Etude de la composition du béton	61
4-4-3 Fabrication du béton	62
4-4-4 Mise en œuvre du béton	62
4-4-5 Contrôle de la qualité du béton	65
4-5 Stockage des B.C.R (blocs cubiques rainurés)	66
4-6 Moyens humains	67

CHAPITRE V : ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT	67
5-1 Introduction	68
5-2 Description du projet	68
5-3 Analyse de l'état initial du site	68
5-4 Simulation de quelques impacts sur l'environnement dans le cadre de la réalisation du projet	70
5-5 Mesures à prendre	71
5-6 Conclusion sur l'étude d'impact	71

****LA VARIANTE PROPOSEE** 72

****CONCLUSION GENERALE** 74

***LISTE DES CARTES**

***LISTES DES TABLEAUX**

***LISTE DES FIGURES**

*** LISTE DES PHOTOS**

ANNEXE

***ALBUM PHOTO**

REFERENCES

Liste des cartes

Carte N°01 : Localisation du site de AIN BEIDA (ex- SUFFREN)	6
Carte N°02 : Carte géologique de la zone d'étude	10
Carte N°03 : Carte du Fetch	14
Carte N°04 : Localisation du site de l'ouvrage de protection Ain Beida	34
Carte N°05 : Carte géographique de la carrière AMMEL	49

Liste des tableaux

Tableau N° 01 : Moyennes mensuelles des précipitations en (mm) période (1993-2003)	11
Tableau N° 02 : Moyennes mensuelles des Températures en (C°) période (1993-2003)	11
Tableau N° 03 : Détermination de la houle de vent et du Fetch	13
Tableau N° 04 : H_s en fonction de la période de retour considérée	16
Tableau N° 05 : Tableau récapitulatif de l'étude de réfraction	17
Tableau N° 06 : Résultats de calcul de H'_o	17
Tableau N° 07 : Résultats de calcul de H_b	18
Tableau N° 08 : Type et poids des blocs de la carapace	20
Tableau N° 09 : Liste du matériel du chantier	25
Tableau N° 10 : Les dimensions d'un BCR	37
Tableau N° 11 : Résultats de dimensionnement de l'ouvrage	41
Tableau N° 12 : Formule de calcul du poids des blocs de la carapace d'une digue à talus	annexe
Tableau N° 13 : Formule (suite) de calcul du poids des blocs de la carapace d'une digue à talus	annexe
Tableau N° 14 : Devis quantitatif et estimatif - Installation de chantier et repliement	43
Tableau N° 15 : Devis quantitatif et estimatif - Terrassements	43
Tableau N° 16 : Devis quantitatif et estimatif - Ouvrage de protection	44
Tableau N° 17 : Capacité de production en concassage	50
Tableau N° 18 : Capacité de production en enrochements et T.V.C	50
Tableau N° 19 : Description de la 2 ^{ème} catégorie du béton	61

Liste des figures

Figure N° 01 : Profil topographique réalisé à travers le secteur étudié	5
Figure N° 02 : Mécanisme de recul de la falaise par l'action des vagues Et de l'eau de ruissellement	7
Figure N° 03 : Profil bathymétrique	8
Figure N° 04 : Diagramme ombrothermique de GAUSSEN (1990-1997) station DAR EL BEIDA	12
Figure N° 05 : Abaque de WILSON	15
Figure N° 06 : L'abaque de GODA (1970)	19
Figure N° 07 : Plan de comparaison : SOGREAH 1982, LEM 1995	22
Figure N° 08 : Plan d'installation du chantier	24
Figure N° 09 : Vue en plan du site de AIN REIDA	28
Figure N° 10 : Profil en travers type-A	29
Figure N° 11 : Profil en travers type B	30
Figure N° 12 : Profil en travers type C	31
Figure N° 13 : Profil en travers type D	32
Figure N° 14 : Dimension du bloc cubique rainuré (B.C.R)	35
Figure N° 15 : Planning d'exécution des travaux	46
Figure N° 16 : Cordonnées des points d'axe de l'ouvrage	53
Figure N° 17 : Plan de pose des blocs cubiques rainurés	55
Figure N° 18 : Opération de terrassement du T.V.C et des déchets de carrière	57
Figure N° 19 : Opération de la mise en place des enrochements du filtre	58
Figure N° 20 : Opération de la mise en place des B.C.R	59
Figure N° 21 : Opération de la mise en place de la contre butée	60
Figure N° 22 : Plan d'installation de la centrale à béton	63
Figure N° 23 : Représentation schématique de vibration du béton	64

Liste des photos

Photo N°01 : Erosion de la falaise de AIN BEIDA	1
Photo N°02 : Effondrement de la falaise de AIN BEIDA	4
Photo N°03 : La morphologie de la falaise de AIN BEIDA	5
Photo N°04 : Géologie de la falaise	9
Photo N°05 : Début de terrassement AIN BEIDA	25
Photo N°06 : Déversement de T.V.C par camions	51
Photo N°07 : Etalement de TVC par un Bulldozer	52
Photo N°08,09 : Etape de la mise en place de la sous- couche en enrochements	52
Photo N°10 : Mise en place des B.C.R	54
Photo N°10 : Pont bascule pour pesage des B.C.R	66
Photo N°12 : Stockage des B.C.R	67
Photo N°13 : Pollution par des déchets solides	68
Photo N°14 : Méthode de protection par le géotube	72

AVANT PROPOS

- **PROBLEMATIQUE**
- **INTRODUCTION**

AVANT-PROPOS

1- Problématique :

Le littoral de la circonscription de AIN BEIDA présente un profil érodé, qui met en danger réel la stabilité des habitations surplombant la falaise, et n'a bénéficié, auparavant, d'aucune protection contre les assauts des vagues. Le site de AIN BEIDA, situé à environ 25 Km d'ALGER, présente une façade maritime d'habitations concentrées sur environ 390m.

Ces habitations sont situées en bordure de la falaise dont la hauteur varie entre 6 et 10 m. L'action de sappe (érosion) de la mer provoque un recul de la falaise qui atteint une situation critique. En effet, les façades des maisons sont au bord de la falaise et sont déjà érodées et subissent l'action des embruns, d'où la nécessité de mise en place d'une protection pour une stabilité définitive de la falaise et la limitation de l'action de la mer sur les habitations.



Photo N°1- Erosion de la falaise de AIN BEID

2- Introduction :

"La problématique de la gestion et de l'aménagement de l'espace côtier retient l'attention des spécialistes de l'aménagement du littoral, en raison de la multiplicité et de la complicité de ses composantes naturelles et de son utilisation concurrentielle par l'ensemble des secteurs d'activité".

La zone d'étude concerne une falaise abrupte située à AIN BEIDA (Ex-SUFFREN), qui présente une hauteur comprise entre 6 et 10m et une longueur de 390m.

Cette falaise a une très grande diversité de forme dynamique et est soumise à l'action des agents atmosphériques (eaux de pluie, vent et houle), et doit, nécessairement, faire l'objet de mesures de protection.

La démarche que j'ai suivie dans la réalisation de cette étude intitulée :

« Travaux de Protection de la côte de AIN BEIDA » (ex- SUFFREN), m'a été proposée par mon promoteur et est basée sur trois étapes suivantes :

Première étape

La collecte des données et des informations nécessaires à l'élaboration du mémoire de fin d'étude. (Chapitre 1 et 2)

a) Parmi les organismes que j'ai consultés, il y a :

- L'Office National de la Météorologie (O.N.M)
(pour les données climatiques : températures, précipitations).

- Le laboratoire d'Etudes Maritimes (L.E.M)
(consulté pour les données sur la houle et sur l'étude qui a été réalisée par SOGREAH en 1982 qui porte sur une reconnaissance générale du site, et sur la proposition pour la protection de la falaise de AIN BEIDA avec un avant projet sommaire et un avant projet détaillé, accompagné d'un plan bathymétrique et d'un plan de masse et des profils en travers).

Deuxième étape

L'Analyse et commentaires sur la réalisation des travaux. (Chapitre 3 et 4)

Des visites effectuées sur terrain m'ont permis de suivre en détail la méthodologie d'exécution des travaux et leurs différentes phases d'exécution ainsi que la méthode et le rôle du contrôle technique du bureau d'études (CTH) chargé du suivi des travaux sur chantier.

Le pré dimensionnement de l'ouvrage de protection a été réalisé d'après le profil recommandé dans l'étude SOGREAH, en utilisant les formules empiriques de HUDSON et VAN DER MEER.

Une visite a été, également, effectuée sur le site de la carrière AMMAL, d'où proviennent les matériaux. La méthode de fabrication des blocs cubique rainurés (B.C.R) et le matériel nécessaire pour la fabrication, le transport et la mise en place des matériaux sur l'ouvrage.

Au cours de ces visites, j'ai pris des photos qui montrent le déroulement des travaux. Celles-ci sont insérées, en annexe, sous forme d'album photos.

Troisième étape

3) Proposer des mesures et faire des recommandations pour résoudre les problèmes de dégradation du milieu littoral au niveau de la zone d'étude. (Chapitre 5 et 6)

Une étude d'impact sur l'environnement a été incluse dans ce mémoire ainsi qu'une proposition de variante de protection du site en Géo tubes, solution plus rapide à réaliser et moins coûteuse.

Enfin, plusieurs données obtenues ont été vérifiées et complétées à travers mes différentes sources (LEM, ONG, DTP, ANAT) et confirmées à travers mes différentes sorties sur le terrain.

Des documents cartographiques ont été utilisés pour l'élaboration de ce mémoire

PREMIER CHAPITRE

CADRE GENERAL

1-1 Présentation et localisation de la zone d'étude :

1-1-1 Situation géographique : (voir carte N° 1) : **Localisation du site de AIN BEIDA (Ex-SUFFREN)**

Faisant partie du Sahel Est Algérois. La région de AIN BEIDA (ex-SUFFREN) commune de Ain TAYA située à 25 Km à l'Est d'Alger et à 27 Km à l'Ouest de Boumèdes.

Elle est limitée :

- Au Nord, par mer la Méditerranée.
- Au Sud, par les communes de ROUIBA et HARAOUA.
- A l'Est, par la commune de AIN TAYA
- A l'Ouest, par la commune d'El- MARSA.

Notre zone d'étude est située à $36^{\circ} 38' 02''$ de latitude Nord et $3^{\circ} 16' 53''$ de longitude Est

1-1-2 Morphologie côtière :

Avec un linéaire côtier de près de 90Km, la zone côtière du Gouvernorat du Grand Alger présente une morphologie côtière variée.

Cette morphologie régie par trois facteurs :

1) La tectonique : qui favorise soit un système de falaise par un soulèvement, soit des zones sableuse par un affaissement de la côte.

2) La lithologie : les roches dures mettent en saillie des formes abruptes en forte pente (entre environ 15° et la verticale ou le surplomb). Les roches tendes favorisent le développement des zones sableuses après effritement et érosion de ces roches.

3) L'hydro dynamique : les zones soumises à un fort hydrodynamique développent un linéaire côtier rocheux par contre une zone de faible énergie possède des zones sableuse ou à gravillon.

Les falaises constituent 30% de cette linéaire côtière.

Ces falaises sont formées essentiellement de roches métamorphiques, des mécachistes avec des calcaires, cela est dû aux mouvements tectonique récents ont développé des schémas de falaises au niveau du secteur étudié (voir figure N°1 : profil topographique réalisé de la falaise de AIN BEIDA (SUFFREN).

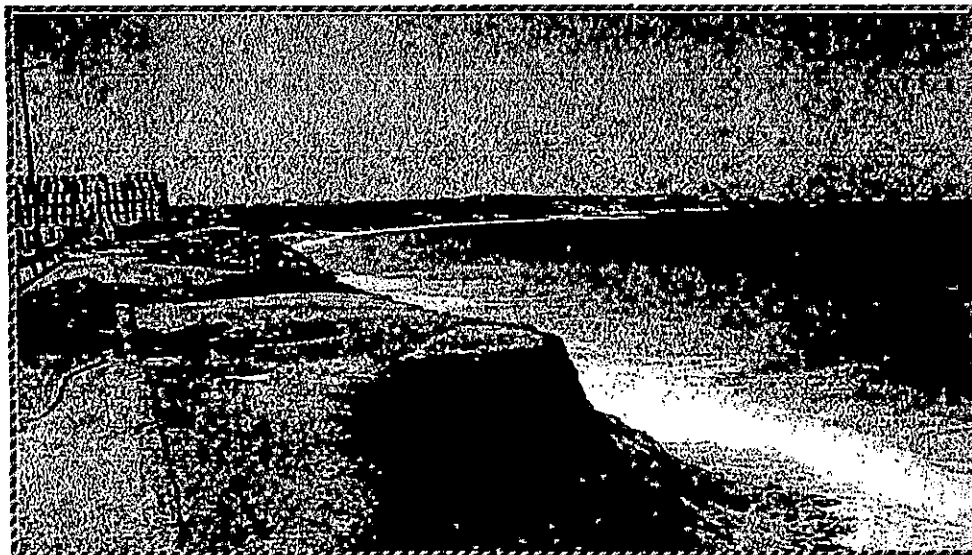


Photo N°2 : Effondrement de la falaise

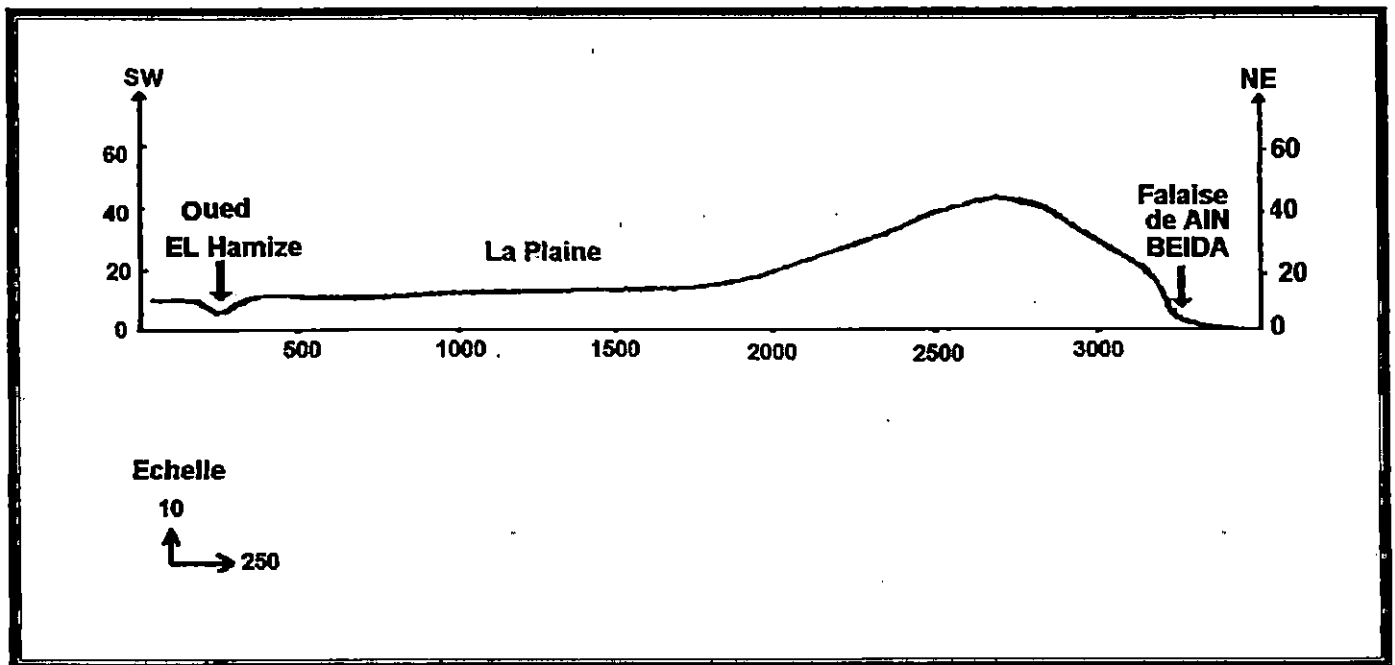


Figure N°01 : Profil topographique réalisé à travers le secteur étudié

******La zone d'étude concerne une falaise abrupte située à AIN BEIDA (ex-SUFFREN). Celle-ci présente une hauteur variable comprise entre 6 et 10m, et affectée constamment par l'action de la mer dont le sapement de la base se traduit par la formation d'encoches marines qui la fragilise. De plus, la partie supérieure est encore plus fragilisée par l'action de ruissellement des eaux pluviales et des eaux usées déversées par les riverains.

Cette fragilité a eu pour conséquence des effondrements de la falaise au cours du temps, laissant devant elle une plate forme d'abrasion marine (voir figure N° 2).

Le recul de la falaise est estimé à 0,4m en moyenne annuelle. De ce fait, des constructions et des installations sur les parties sensibles de la côte sont menacées.

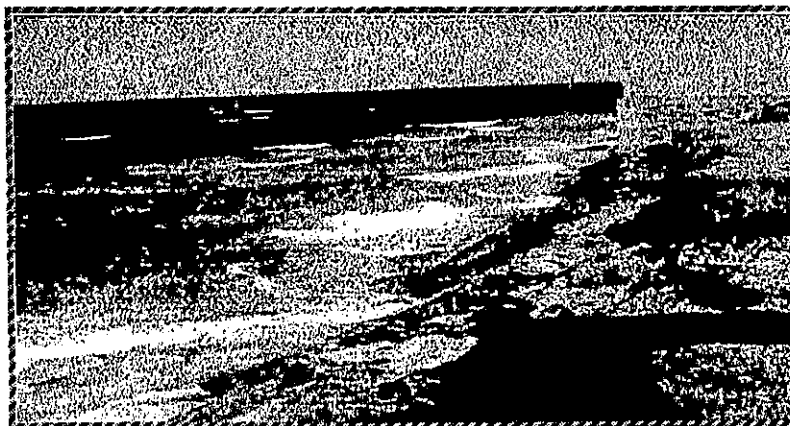
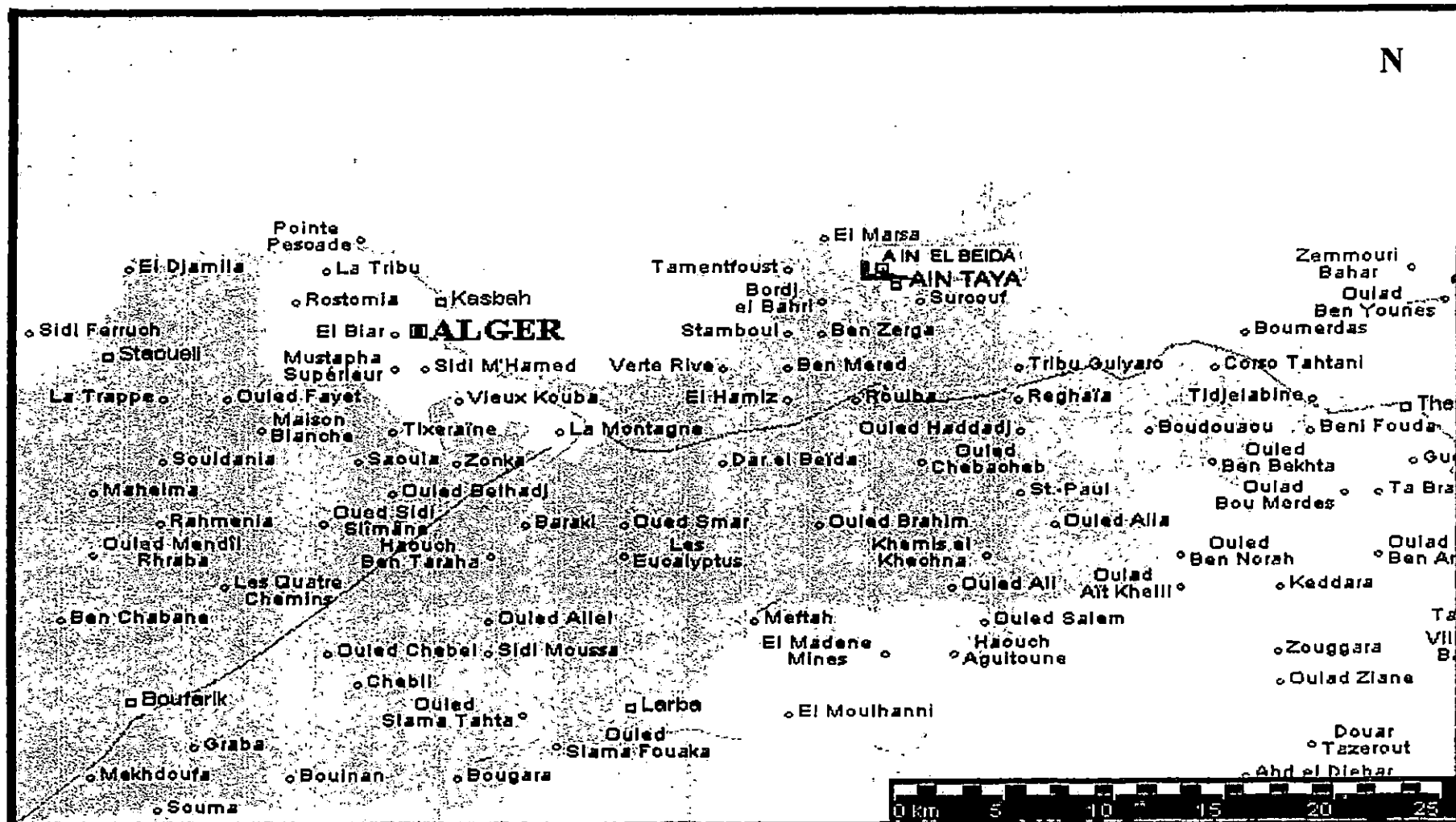


Photo N°3 : La morphologie de la falaise



Carte N:01 LOCALISATION DU SITE DE AIN BEIDA(SUFFREN)

SOURCE ENCARTA :1999

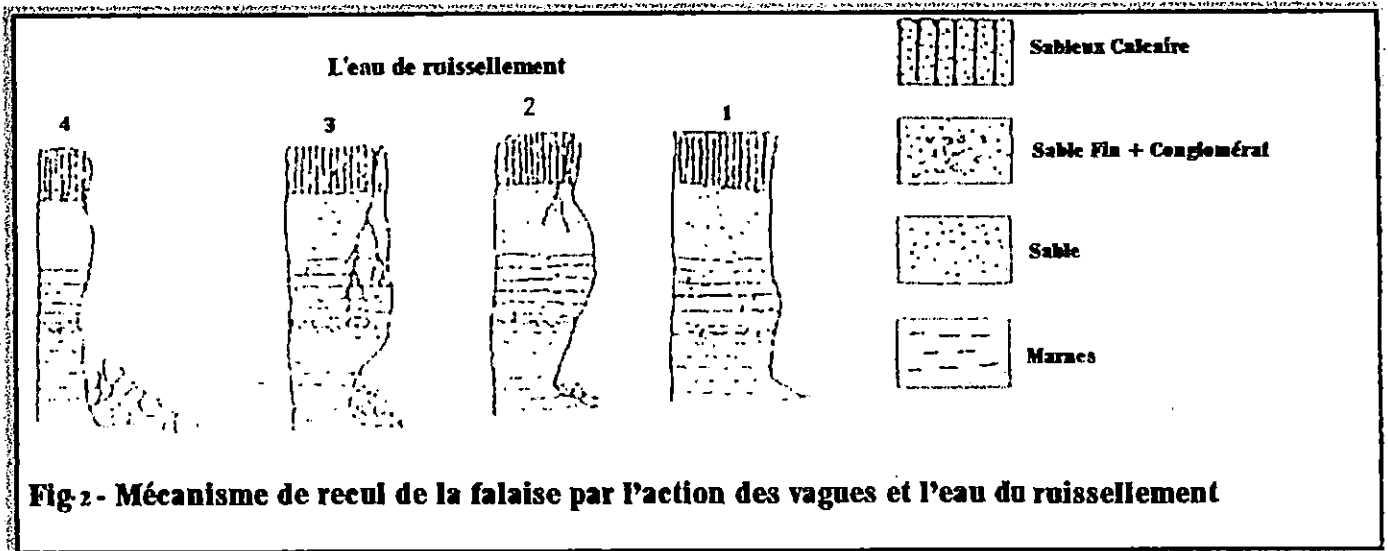


Fig-2 - Mécanisme de recul de la falaise par l'action des vagues et l'eau du ruissellement

1-1-3 Morphologie sous-marine : (voir figure N°03 : Profil bathymétrique)

***La bathymétrie :**

Les cartes bathymétriques constituent un document de base pour l'implantation de tout ouvrage en mer, et aussi de déterminer la profondeur à laquelle il y a déferlement et de dresser un plan des fonds marins qui nous aide à évaluer les quantités des matériaux à mettre en place dans les ouvrages de protection.

*** Commentaire de profil bathymétrique :**

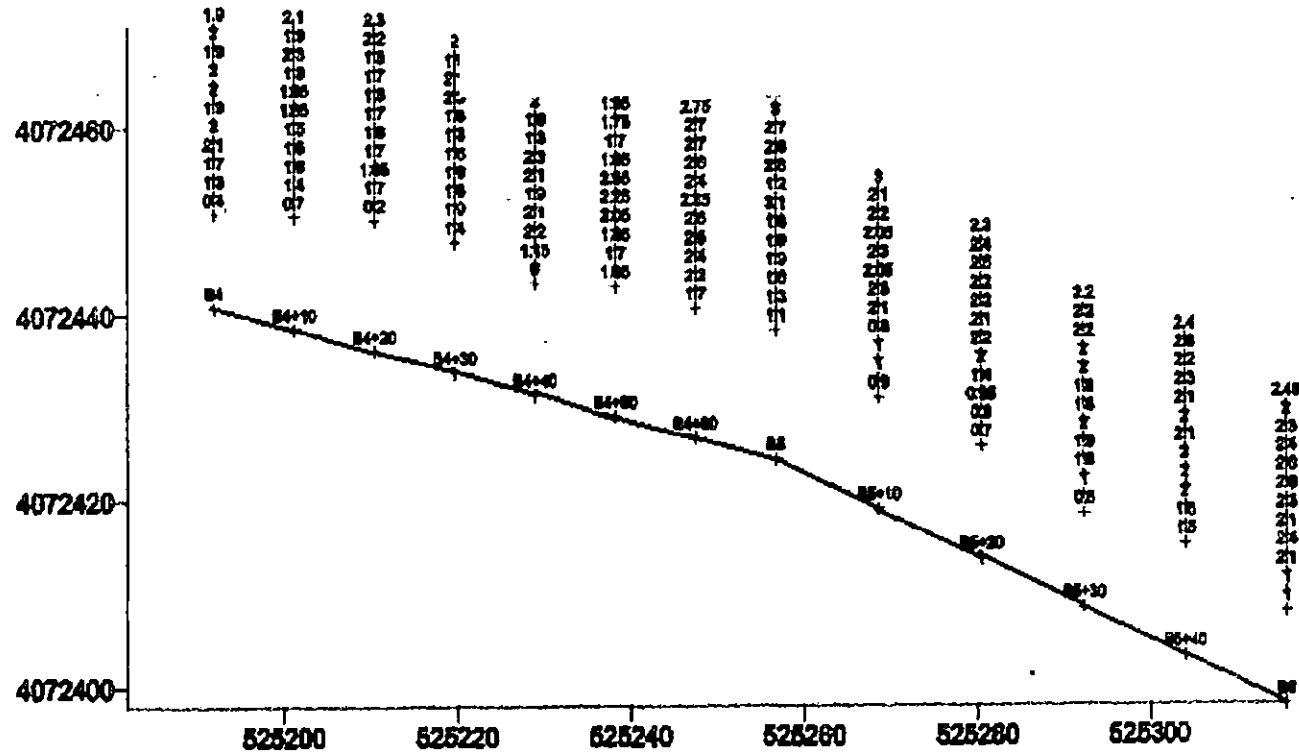
Un levé bathymétrique obtenu le 15/7/2004 à AIN BEIDA, on remarque que les isobathes sont généralement rapprochés avec un fond de faible pente $m=0,02$ soit 2 %.

***Remarque :**

Une comparaison des levés bathymétriques établis par SOGREAH en 1982, et le LEM en 1995, avec celui qui a été fait par le bureau d'étude C.T.H à montré une évolution importante des pentes du fond marin allant de $m=0,05$ soit 5 % à $m= 0,02$ soit 2 % en 2004 .(Engraissement)

Figure N° 3: Profil Bathymétrique

ECHELLE $\frac{1}{500}$



1-1-4 Géologie du site : (voir carte N°02)

Le site a fait l'objet d'une campagne de reconnaissance par forage carotté, pénétromètre dynamique et essais de laboratoire en février et mars 1983 (rapport SOGREAH). Cette campagne a complété une série de reconnaissances par lançage effectué en novembre 1982.

Le village est construit sur les hauteurs de la falaise.

Trois sondages carottés ont été réalisés depuis le haut de la falaise.

De haut en bas on retrouve successivement:

- Des limons sableux gris – brun à rouge.
- Des sables limono – sableux sur 2,50 m à 3,50m d'épaisseur.
- Des grés grossiers stratifiés.
- Des marnes raides gris – bleu.

Les terrains surmontant les marnes sont de faible résistance mécanique (cohésion faible) qui est une cause de leur sensibilité à l'érosion due à l'action des embruns et des agents atmosphériques.

Les marnes elles-mêmes sont très raides. Un essai de compression simple qui a donné une valeur de la résistance à la compression : $R_c = 18,9 \text{ Kg / m}^2$ en traduit bien leur aspect rocheux (Toutefois, l'action de la mer sur ces marnes tend à les débiter en fragments).

La décompression des marnes se manifeste à leur surface par une diminution de leur dureté et un dépôt d'une fine pellicule savonneuse (algues). Cette décompression de la couche superficielle entraîne sa sensibilité à l'érosion.

De proche en proche, l'action de la mer entraîne un recul de la falaise qu'on évalue de quelques centimètres à quelques dizaines de cm localement par an.

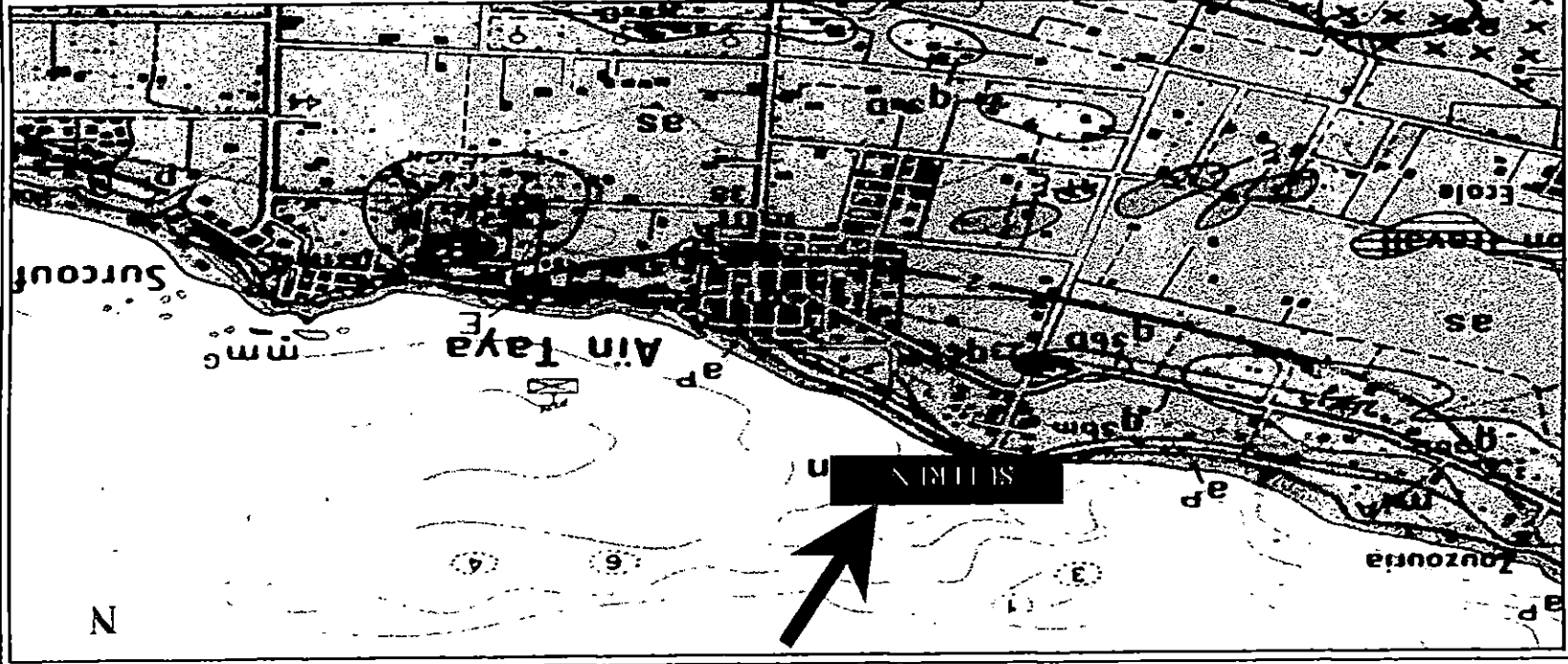
L'ouvrage de protection maritime sera posé sur les marnes compactes; les charges qui seront imposées à ces marnes seront très inférieures à leur force portante et leur raideur est une garantie contre les risques de tassement.

Il ressort de cette analyse que les formations géologiques de cette falaise sont constituées essentiellement de terrains tertiaires et quaternaires dont la lithologie est très peu résistante.



Photo N°4 : Effritement de la falaise

Carte N° 02: Carte géologique de la zone d'étude



TERRAINS
SEDIMENTAIRES

- Plages
- Dunes actuelles
- Eboulis

MIOCENE MOYEN

- Marnes ou argileux
- Marno-calcaire et gréseux

MIOCENE INFÉRIEUR

- Facies argileux
- Facies gréseux
- Burdigalien

ROCHES ERUPTIVES

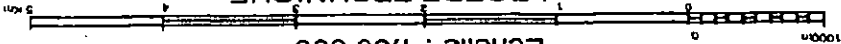
- Rhyolite de Vindobonien
- Andésite quarzique du Burdigalien
- Granite (tentaire)
- Pegmatite dans les micaeschistes

PLEISTOCENE

- dunes consolidées de la phase de regression postérieure a q^{3m}
- Lumachelle a peçoncles, poudingues et gros marins, grains de quartz, pilières plus ou moins cimentés
- Alluvions anciennes Thyrrhénien II
- dunes consolidées postérieures a q^{2m}
- Dépôts marins comprenant de très petits galets de quartz et des sables rouges, des poudingues et des gros galets (compris entre 20 et 25 m) Thyrrhénien I
- Dunes consolidées postérieures a q^{1m}
- Même faciès que q^{1m} (compris entre 35 et 45 m)

LEGEDE TECHNIQUE

Echelle : 1/50 000



source : carte géologique d'Alger feuille n°21
réalisé en 1964 par Aymé

1-2 Paramètres climatologiques :

La zone d'étude est caractérisée par un climat de type méditerranéen avec des étés chauds et secs et des hivers tempérés, doux et humides.

L'évolution des différents paramètres climatologiques, s'est effectuée au niveau de la station de Dar El Beida, la période étudiée s'étale sur 11 ans (1993-2003).

1-2-1 les précipitations :

Les valeurs moyennes mensuelles des précipitations exprimées en mm sont données dans le tableau suivant :

Tableau N°01 : moyennes mensuelles des précipitations en (mm) période (1993-2003).

Mois	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Total annuel
Moyenne mensuelle (en mm)	84,82	75,92	37,06	61,36	32,09	6,47	1,73	14,9	31,31	43,37	87,4	103,81	610,24

Source : Office National de Météorologie (ONM 2003).

1-2-2 : les températures :

La connaissance de la température est utile pour les études relatives à l'énergie thermique des mers. Elle conditionne, dans une certaine mesure, l'action de la mer sur les mortiers et les bétons, l'action destructrice et corrosive augmentant avec la température.

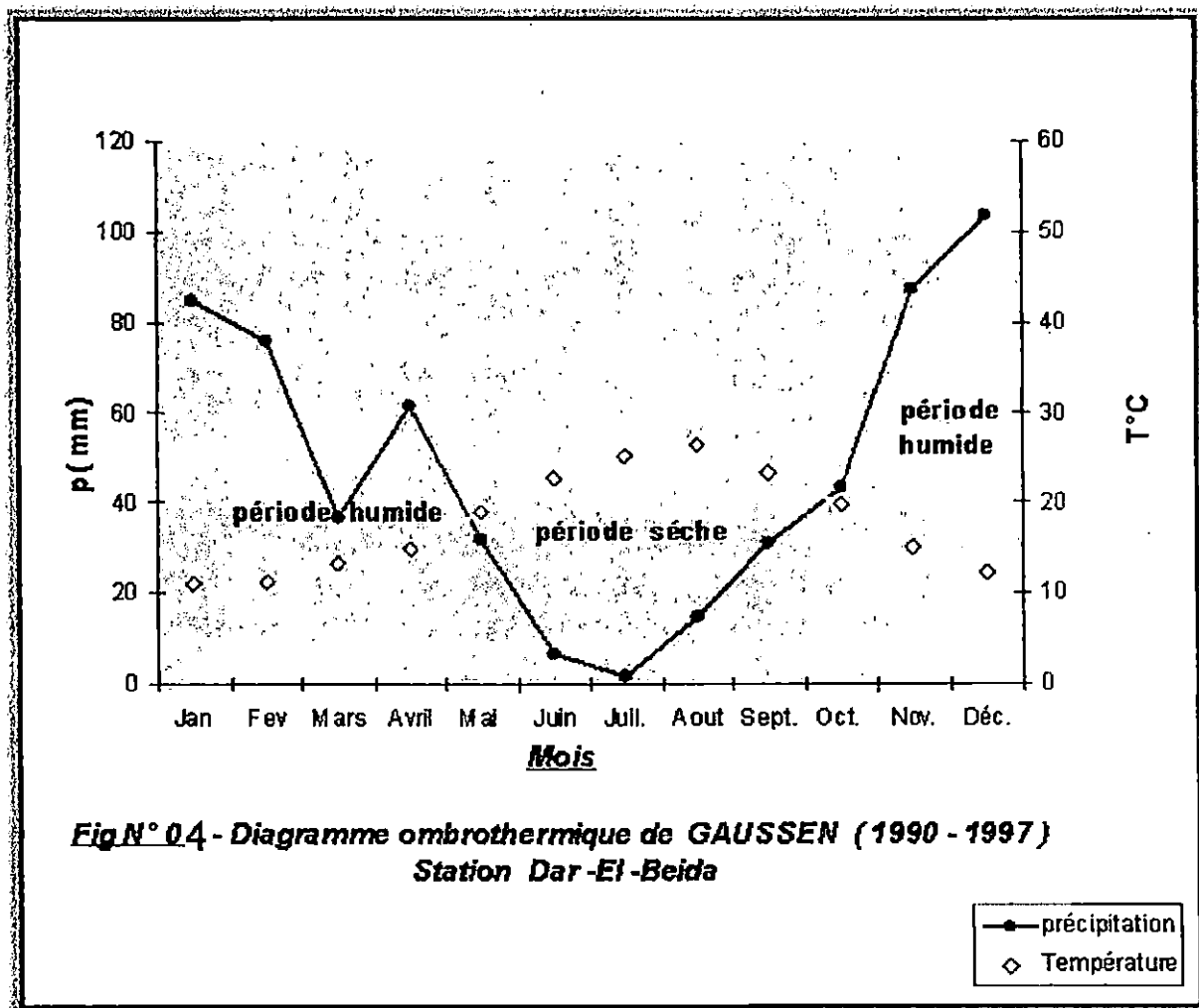
Le tableau suivant donne les valeurs moyennes mensuelles des températures en C°

Tableau N°02 : moyennes mensuelles des Températures en (C°) période (1993-2003)

Mois	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Moyenne Température en degrés C°	11,15	11,2	13,4	14,86	19,01	22,76	25,24	26,39	23,35	19,77	15,17	12,21

Source : Office National de Météorologie (ONM 2003).

A partir de ces deux tableaux (N°01) et (N°02) nous avons tracé le Diagramme suivant :(Figure N°04)



L'alternance de phases climatiques humides et de phases climatiques sèches peut également contribuer à modifier le comportement des roches tendres (argiles, marnes) et entraîner l'instabilité de la falaise. De plus, l'action des eaux de ruissellement joue un rôle préparatoire dans l'érosion de la falaise par les agents marins.

1-3 Les paramètres dynamiques :

1-3-1 Les courants marins :

Lorsque la profondeur de la mer est importante (supérieure à 200 m), l'action du vent, à la surface, induit des courants marins dont la direction, en surface, est sensiblement normale à celle du vent.

Puisque le long de la côte Algérienne les profondeurs sont faibles, les courants marins sont relativement faibles, donc ne constituent pas un facteur déterminant pour l'ouvrage.

Les informations recueillies à partir d'observations enregistrées au large des côtes algériennes par le K.M.N.I (Institut Météorologique Royal Néerlandais) montrent que :

-Plus de 73% du temps, les courants marins ont une vitesse inférieure à 0,5 nœud soit (0,25m/s).

-Et plus de 90% du temps, ces courants ont une vitesse inférieure à 1 nœud soit (0,5 m/s).

-Dans seulement 1% du temps, des courants d'une vitesse plus grande que 2 nœud (1 m/s) ont été observés.

1-3-2 Les marées :

La marée dans la mer méditerranée, en particulier sur la côte algérienne, est très faible. Elle dépasse rarement 0,2m avec des périodes d'environ 24 et 12h

En plus de marée astronomique, le niveau d'eau sur la côte peut changer en fonction d'autres phénomènes tels que la pression atmosphérique et le vent, mais en général, le niveau ne dépasse guère plus de 0,5m.

1-3-3 Le vent :

L'analyse du régime des vents effectuée au niveau de la station de Dar El Beida, a montré que les vents dominants dans cette région sont de secteur Nord Nord- Est (NNE) pendant la saison estivale avec une vitesse moyenne de 26m/s, et de secteur Ouest Nord-Ouest (ONO) pendant la saison hivernale avec une vitesse moyenne de 35m/s.

*** La houle du vent :**

Le Fetch est défini comme étant la région dans laquelle le vent est sensiblement constant en direction et intensité. (J. FEUILLE, Y. COEFFE, J. BERNIER, B. CHALOIN.)

Pour calculer l'amplitude de la houle en fonction de la vitesse du vent et de Fetch, on utilise l'abaque de WILSON (figure N°5) et carte de Fetch (carte N°03), on détermine l'amplitude de la houle, la période moyenne et la durée d'action du vent.

Les résultats des différentes amplitudes sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau N° 03 : détermination de la houle de vent et du Fetch

Direction (°)	Fetch (Km)	Vitesse (m/s)	Amplitude (m)	Période moyenne (s)	Durée d'action du vent (h)
N° 330	400	10	2.20	5.80	28
		15	4.00	7.50	22
		20	6.00	9.00	18
N° 000	300	10	2.00	5.50	24
		15	3,90	7.00	18
		20	5,50	8.50	14
N° 40	840	10	2,50	6.00	46
		15	5,00	8,80	38
		20	7,80	11.00	32

Source : selon mes calculs.

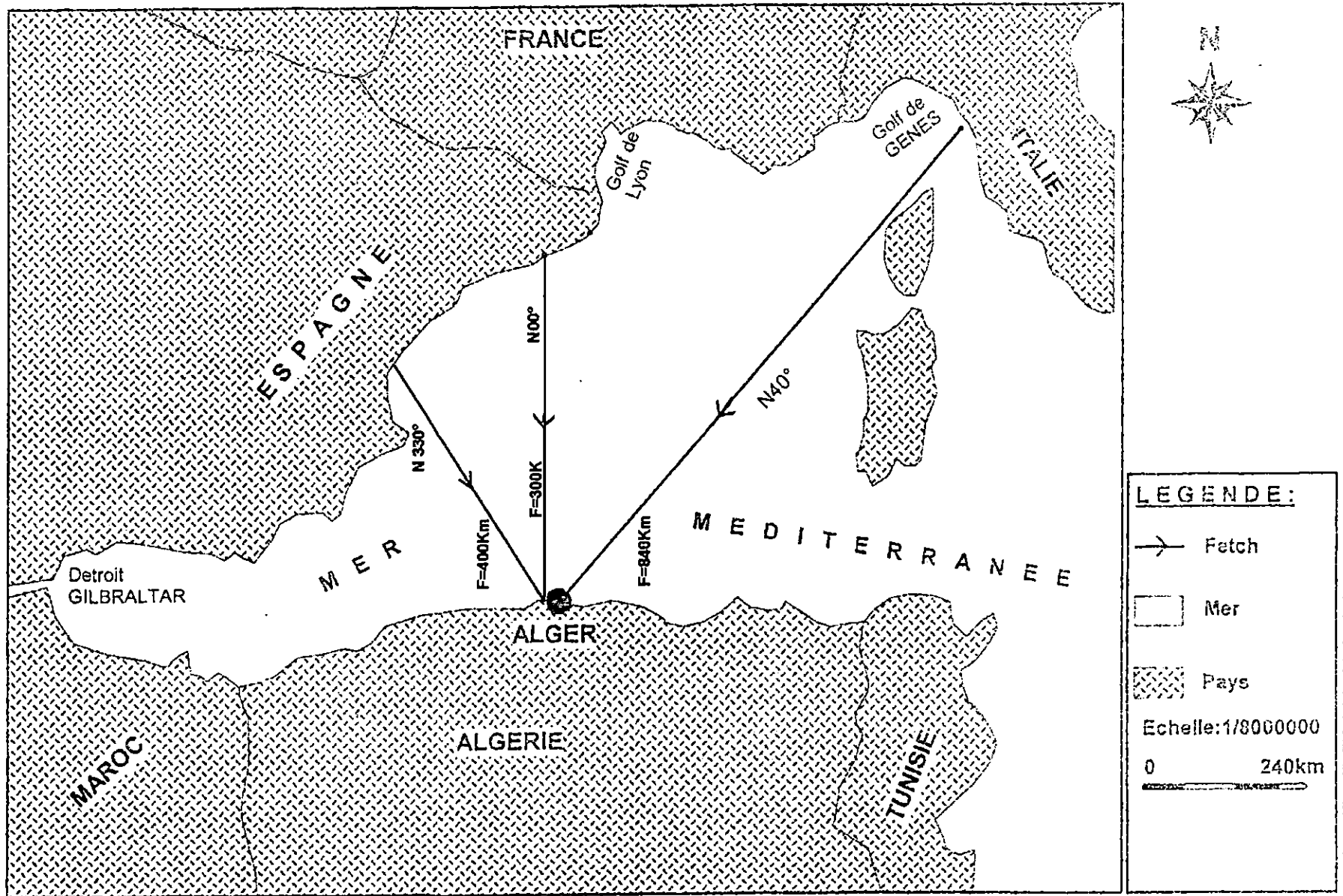
*** Méthode de calcul du Fetch :**

Selon les trois directions N° 330, N° 360, N° 40, on calcule la distance en Km (Distance d'action du vent en mer) par rapport à la côte la plus proche du site d'étude. Après en utilisant l'Abaque de WILSON, on détermine la période et la durée d'action du vent, on fait la projection sur les trois vitesses 10 m/s, 15 m/s et 20 m/s sur l'Abaque on obtient les résultats sur le tableau N°03

*** Conclusion :**

D'après les résultats obtenus, on trouve que pour une vitesse de 20 m/s soit 72 Km/h, une durée d'action du vent de 32 h et un Fetch de 840 Km, et une période de $T_m = 11$ Seconde, l'amplitude maximale de la houle est de $H_s = 7,80$ m.

Figure n°3 : FETCHS AU PORT D'ALGER



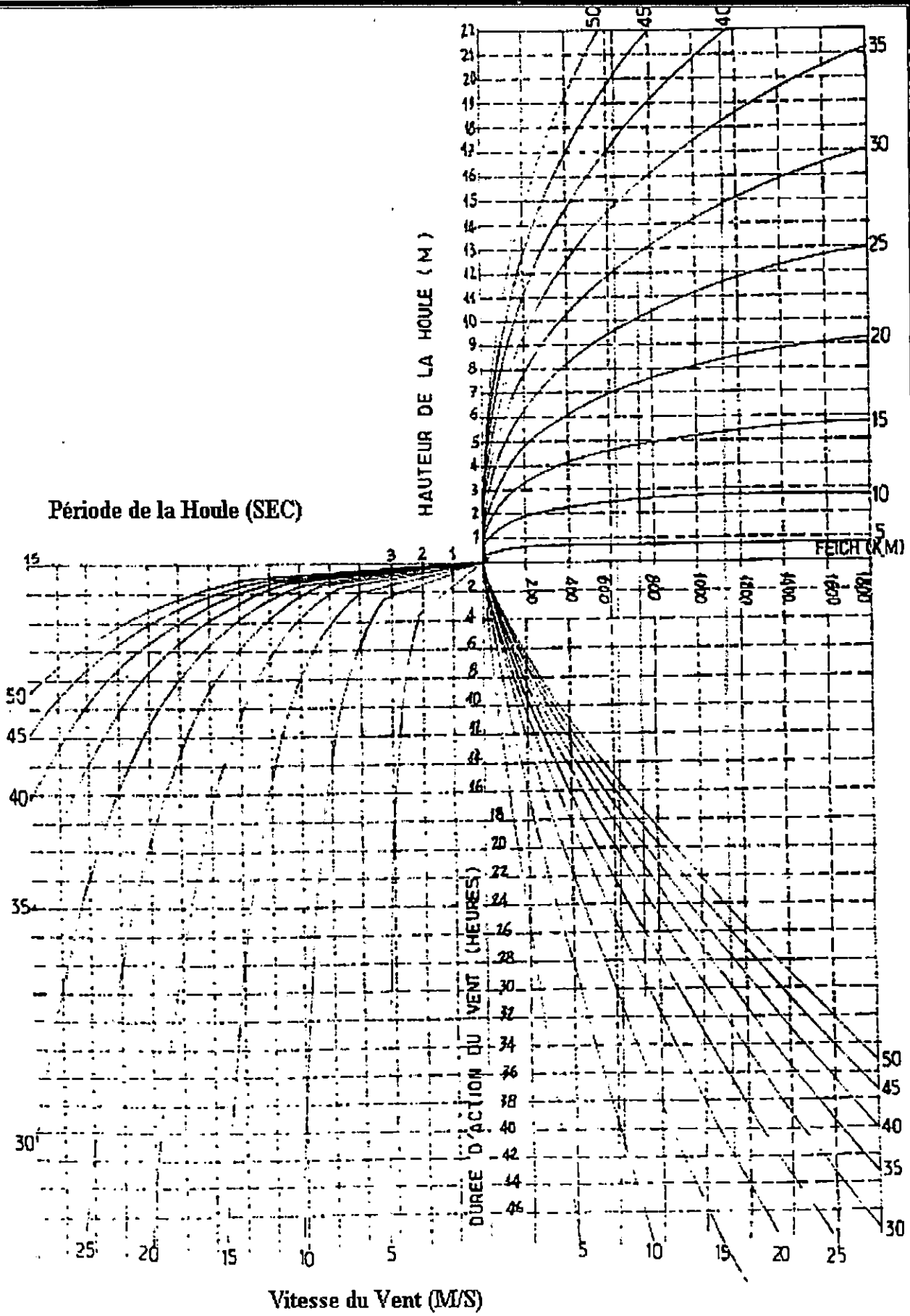


Figure N°05: L'abaque de WILSON

1-3-4 La sédimentologie :

L'étude sédimentologique est présentée dans la note technique SOGREAH Mars 1983. Ce site constitue une légère avancée rocheuse sur une côte orientée WNW à ESE. Celle-ci est constituée d'une falaise relativement friable sans plage en pied. La falaise, assise sur des marnes grises, est directement soumise à l'action de la houle.

Il ne se pose, donc, pas de problème sédimentologique pour ce site et une protection de type frontale n'aura pas un impact sur les fonds et plages avoisinants (différents de celui de la falaise existante)

1-3-6 Les Houles :

**** Détermination de la Houle réfractée :**

*** But de l'étude :**

L'étude de la réfraction a pour but la connaissance des caractéristiques de la houle (direction et hauteur) au cours de sa propagation depuis le large jusqu'à l'approche de la côte et plus particulièrement des ouvrages de protection.

L'étude de la réfraction a été effectuée par le LEM (Laboratoire d'Etude Maritime) en 1995 à l'aide d'un programme intitulé « REFRACT ». Ce programme fournit le tracé des orthogonales sous forme de tableaux de résultats et des sorties graphiques ainsi que la valeur des coefficients de réfraction K_R de Schoaling K_S , la profondeur D , la hauteur de la houle, ainsi que d'autres paramètres.

Le tableau suivant donne des valeurs des H_S (hauteur significative) déduites des droites des régressions selon les directions suivantes :

Tableau N°04 : H_S en fonction de période de retour considérée.

H_s Période de retour	Direction/Hauteur (M)				
	Nord	Nord-Est	Est	Ouest	Nord-Ouest
Biennale (2 ans)	4,40	4,50	3,70	6,40	3,66
Quinquennale (5 ans)	5,20	5,20	4,30	7,30	4,10
décennale (10 ans)	5,80	5,80	4,70	8,00	4,50
vingtennale (20 ans)	6,40	6,50	5,20	8,80	4,80
cinquantennale (50 ans)	7,20	7,30	5,80	9,70	5,30

Source : LEM

Du fait que l'action de la houle au niveau du canal à houle est perpendiculaire à l'ouvrage, le secteur choisi pour la présente étude est la direction Nord-Ouest, Nord et Nord-Est.

*** Analyse de la houle à l'approche de la côte :**

Une analyse de houle à l'approche de la côte a été traitée par SOGREAH avant le déferlement.

Tableau N°05 : tableau récapitulatif de l'étude de réfraction.

Direction	Périodes (s)	KR KS
N 360°	9	0,76 - 1,42
	12	0,81 - 1,50
N 40°	6	0,95 - 1,05
	9	1,00 - 1,30
N 330°	6	0,72 - 1,00
	12	0,70 - 1,00

Source : SOGREAH

De ce tableau, on note que le coefficient de réfraction «KR» est calculé à une distance de 1000 m du rivage.

Pour les trois (03) directions et périodes différentes et un Hs qui change pour chaque direction, on calcule H'o à partir de la formule suivante :

$$H'o = Hs \cdot K_R \cdot K_S$$

Tel que :

Hs : houle significative (H_s)

H'o : houle de projet (houle avant déferlement) au large.

K_R : coefficient de réfraction.

K_S : coefficient de Schoaling

Les résultats de calcul de H_s sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau N° 06 : résultats de calcul de H'o

Direction	H _s (m)	T (s)	H'o (m)
Direction N 360°	7,20	9	7,77
		12	8,74
Direction N 40°	7,30	6	7,28
		9	9,49
Direction N 330°	5,30	6	3,81
		12	3,71

Hs = H₅₀ = période de retour de 50 ans

***Conclusion :**

Pour la direction dominante N 330°, H'o = 3,71 m et une période de T= 12 secondes, le choix de la durée de retour s'effectue en fonction d'un certain nombre de critères tels la durée de vie de l'ouvrage, les types d'ouvrages, le degré de sécurité qu'on peut exiger, les conditions d'entretien et d'autres considérations.

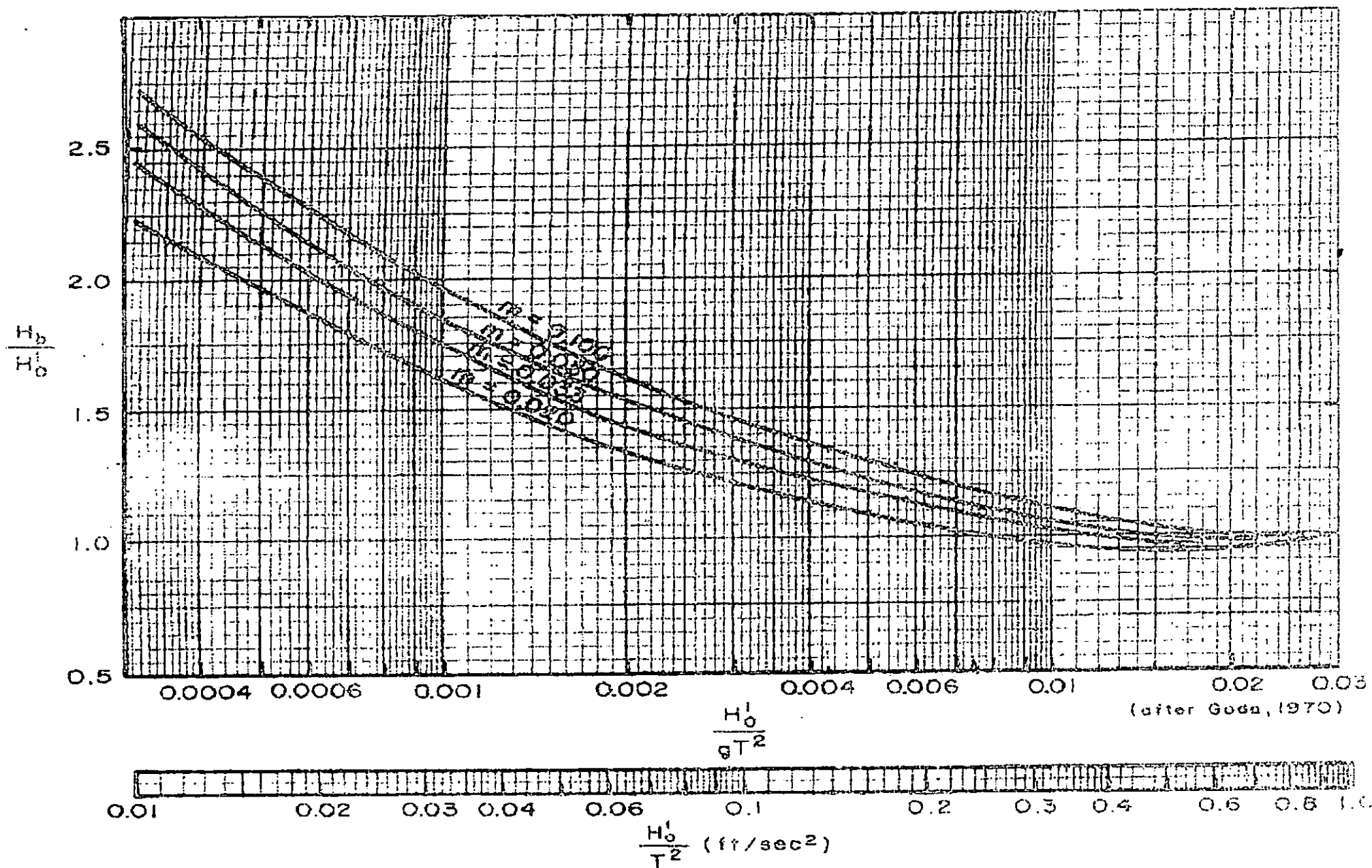


Figure N°6 : Abaque de GODA (1970)

DEUXIEME CHAPITRE

Rappel général de l'étude du SOGREAH (1982)

2-1 Introduction :

Une étude pour la protection du rivage de AIN BEIDA a été réalisée en 1982 par SOGREAH porte sur une esquisse d'aménagement possible un avant projet sommaire (APS) et un avant projet détaillé (APD) et une actualisation par le Laboratoire d'Etude Maritime (LEM) en 07-1995 qui consiste seulement dans l'actualisation des plans : bathymétrique, topographique et plan de masse. (Voir figure N° 07 : Plan de comparaison : SOGREAH (1982), LEM (1995))

2- 2 Esquisse d'aménagement possible :

La solution prévue en esquisse d'aménagement possible comporte :

- un noyau en tout-venant de carrière à (+3,00) permettant la circulation des véhicules du chantier
- une carapace de protection côté mer en enrochements naturels
- une reconstitution de terre-plein ou de talus côté terre pour se raccorder au terrain existant

A l'extrémité Ouest de la protection, un accès incliné permet de pousser du terrain à (+9,50) au noyau à (+3,00).

A l'extrémité Est de la protection, une plate forme élargie permet de faire demi-tour aux véhicules du chantier.

Cette solution est la seule à pouvoir être envisagée

Elle peut être plus au moins allongée ou raccourcie en fonction des exigences des terrains à protéger.

L'estimation au niveau de l'esquisse ne présente qu'un intérêt de comparaison par rapport à la protection des autres sites estimés et selon les mêmes critères mais ne présente pas d'intérêt en elle-même puisque une seule solution est étudiée dans l'esquisse.

2-3 Avant projet sommaire «APS» :

La solution retenue est celle qui avait été proposée en esquisse. Elle comprend une voie de circulation pour assurer la construction et l'entretien ultérieur de l'ouvrage.

La carapace de protection de l'ouvrage peut être choisie parmi les options suivantes (en poids calculés).

Tableau N° 08 : type et poids de bloc de la carapace.

Type de la carapace	Poids (t)	Pente	densité (Kg/m ³)
En enrochements naturels	5,74	2/1	2,6
En blocs cubiques	4,36	3/2	2,4
En blocs acropodes	2,85	4/3	2,4

Source : SOGREAH (1982).

* **Calcul de la stabilité** : les sections d'ouvrage sont calculées pour les caractéristiques suivantes :

- Niveau maximal de la mer (+ 1,00) NGA.
- Profondeur maximale devant l'ouvrage. (- 1,80m).
- La pente du fond $m = 0,05$ soit 5%
- Houle de période $T = 10s$.
- Amplitude déferlante ($H_b = 3,53$ m).
- Profondeur du haut fond. (-3,50m)
- Houle passant sur le haut fond $= 0,78 \cdot 4,5 = 3,51m$.
- La houle retenue pour les calculs est donc 3,55m.

* **Calcul du franchissement** :

Comme les franchissements ne présentent pas une contrainte importante sur l'ouvrage, le couronnement est prévu à la hauteur H_b , soit : $(3,55 \cdot 1) + 1,0 = 4,60m$.

2-4 Avant projet détaillé «APD»

* **Description des ouvrages** :

La protection s'étend sur 390 m de longueur devant le village, au pied de la falaise.

Un noyau tout venant 1-250Kg dont les longueurs en crête sont de 6m à +4,00 est réalisé au pied de la falaise à partir de deux rampes d'accès taillées en remblai déblai aux extrémités au minimum permettant une circulation du matériel de chantier.

Une couche de transit de 1,90m minimum d'épaisseur en enrochement de (0,5-2) t est intercalée entre le tout venant et la carapace en bloc artificiel.

Cette carapace est déterminée par le calcul et est réalisée :

- soit en bloc cubique de 2,1m³
- soit en bloc acropode de 1,5m³

Un cavalier de pied en enrochement de 1 à 2t est mis en place devant la carapace pour éviter les déferlements.

Il y a lieu, avant exécution de l'ouvrage de protection, de purger la falaise des blocs qui menacent de s'effondrer. Après l'exécution de l'ouvrage maritime, un remblai sera mis en place en avant de la falaise. Ce remblai, constitué de déchets de carrière, sera réalisé par déversement de matériaux. Il permettra de reconstituer une surface en avant des habitations et assurera la protection de la partie haute de la falaise contre les érosions dues aux vents, aux embruns et aux pluies.

Le drainage des eaux de pluie ne pose pas de problème particulier pour l'ouvrage de protection lui-même dont les matériaux sont perméables.

Le plan de masse de la protection littorale a été soumis pour avis à l'hydraulique de la wilaya qui n'a pas fait de commentaires à l'aménagement proposé.

* **La géologie du site** :

Une étude a été faite par SOGREAH en 1982 sur la nature de la falaise du site de AIN BEIDA (Voir géologie du site)

* **Conclusion** :

La solution retenue par le LEM pour la protection de la côte de AIN BEIDA est celle qui est proposée en esquisse par SOGREAH en 1982 lors de l'étude sur modèle réduit malgré le changement de la pente du fond enregistré sur site, et le recule du trait de côte estimé à 0,40 m / an.

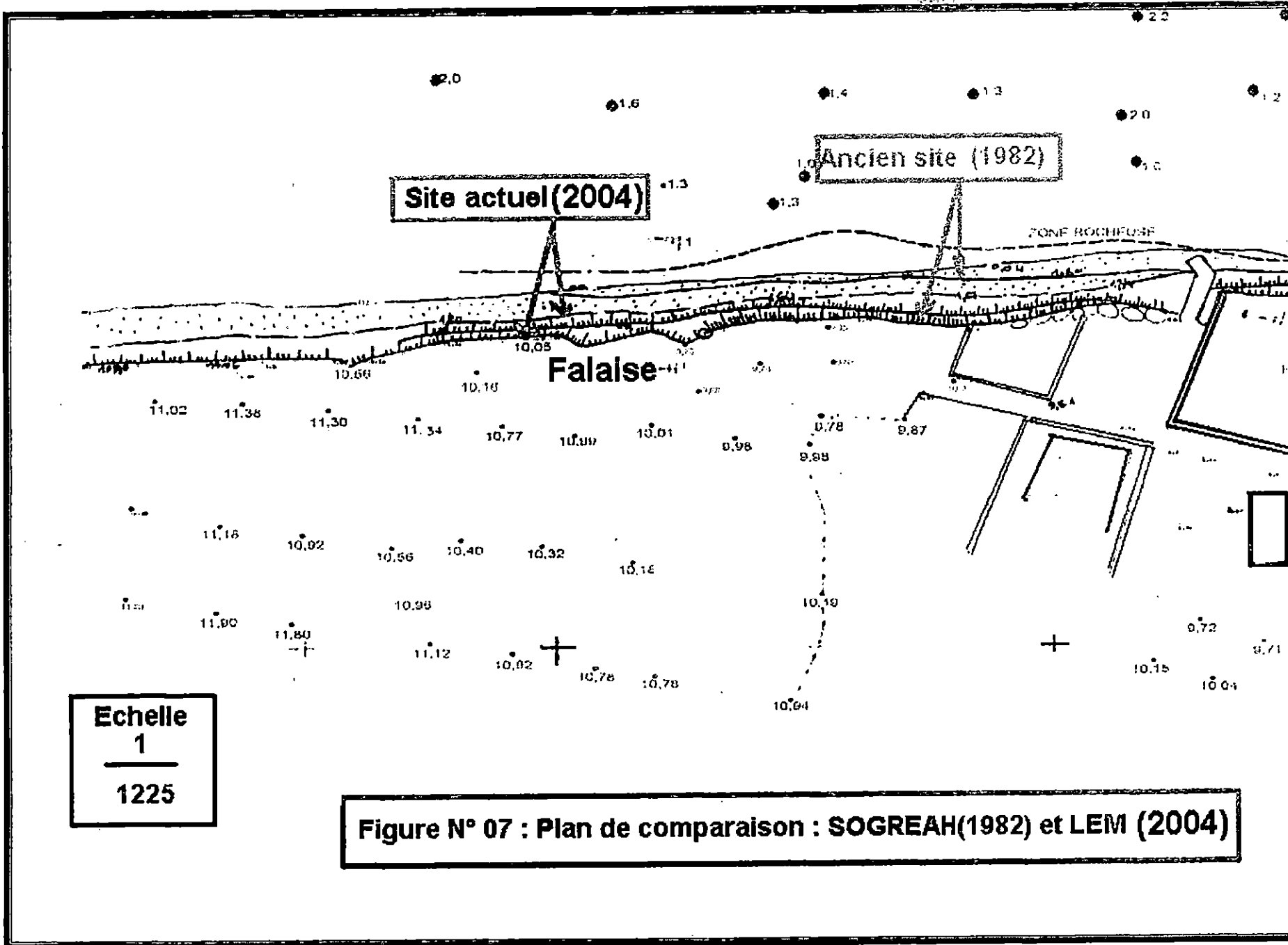


Figure N° 07 : Plan de comparaison : SOGREAH(1982) et LEM (2004)

TROISIEME CHAPITRE

Description des travaux d'aménagement

3-1-1 Installation du chantier

Une durée de deux (02) mois est prévue pour l'installation du chantier qui comprend tous les équipements pour la fabrication des bétons, les moyens de transport et de manutention, les locaux (bureaux, magasins dortoir et sanitaires pour le personnel), l'infirmerie de première assistance, l'ouverture éventuelle d'une carrière ainsi que les mesures d'accompagnement.

Elle comprend aussi la réalisation de la clôture du chantier et une documentation sur les conditions de réalisation des travaux (examens du site, choix des carrières, laboratoire pour tests et contrôle de la nature du sol, les conditions climatiques, une connaissance détaillée de la situation des ouvrages, des ressources en matériaux, des moyens d'accès et d'alimentation en électricité et en eau, la réalisation d'un relevé topo-bathymétrique et, enfin, des suggestions relatives au maintien des communications et du service des eaux.

3-1-2 Plan d'installation du chantier : (voir figure N°08).

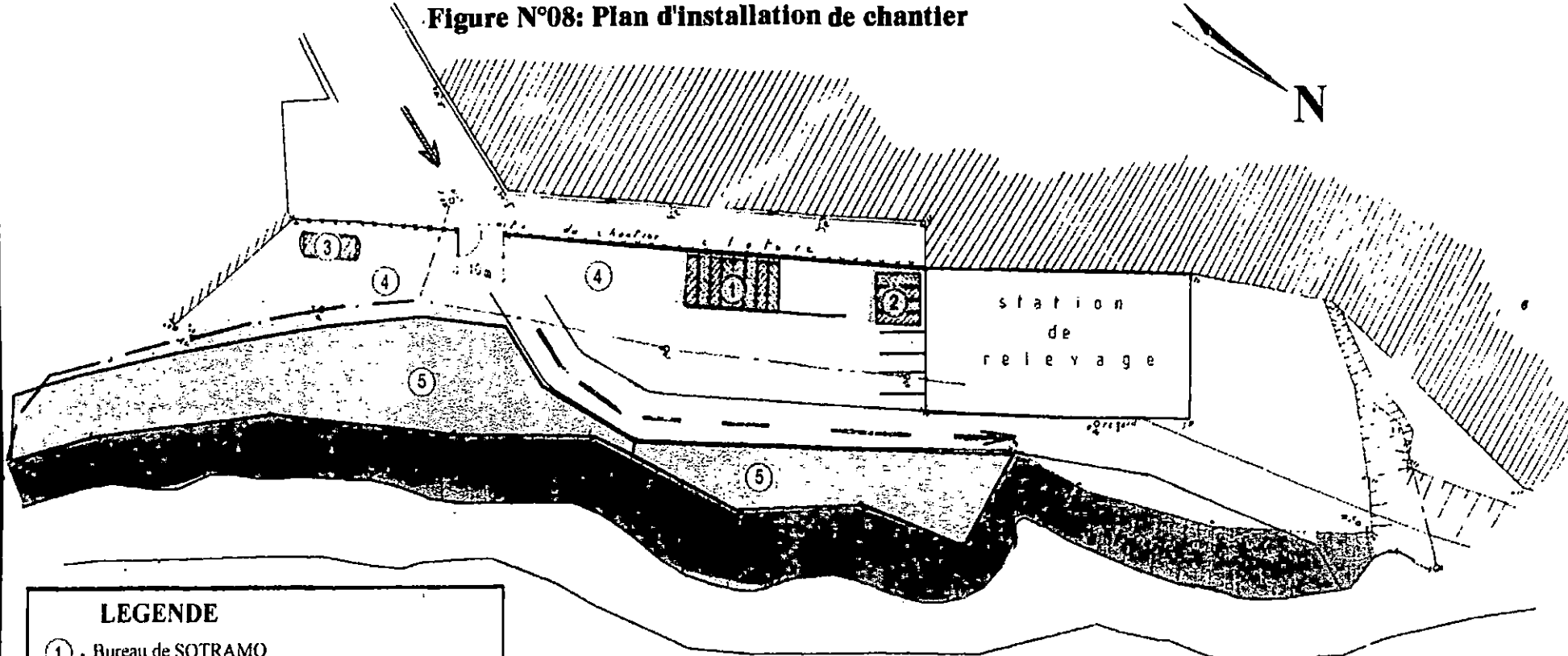
Ce projet sera accompagné d'un mémoire, des plans et dessins nécessaires à la définition précise des installations qu'elles soient mobiles ou variables (matériels mobiles, gabarits, etc...) ou qu'elles soient fixes (aires de stockage, la centrale à béton, baraquement, etc...) ainsi que les caractéristiques précises des engins utilisés et leur fiabilité.

3-1-3 Organisation du chantier :

Le chantier contient :

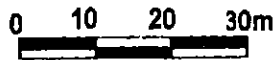
- * un local meublé et aménagé d'environ cent (100) m², pour le personnel chargé du contrôle des travaux.
- * un local d'environ cent (100) m² pour le personnel administratif (comptable, financier, secrétaire, etc...)
- * un laboratoire pour les essais et le contrôle technique du béton.

Figure N°08: Plan d'installation de chantier



LEGENDE

- ① - Bureau de SOTRAMO
- ② - Bureau du CTH
- ③ - Station pour Gasoil
- ④ - Zone de stationnement et de réparation des engins
- ⑤ - Stockage TVC



Echelle 1/500

MER MEDITERANEE

Source : SOTRAMO

3-1-4 Matériels de chantier :

Les entreprises de la réalisation SOTRAMO «Société Des Travaux Maritimes de l'Ouest» et AL.D.I.P.H «l'Algérienne de Dragage des Infrastructures Portuaires et Hydrauliques», disposent d'un équipement spécifique à leur activité qui répond parfaitement aux besoins de leurs clients.

La liste de quelques matériels existant sur chantier est indiquée dans le tableau suivant :
(Voir tableau N°09)

Tableau N°09 : Liste du matériel du chantier

Fonction	Quantité	Société «SOTRAMO»	Société AL.D.I.P.H	Quantité
Terrassement	(01) (01)	- Bulldozer - Pelle sur chenille type SONACOM 9411 + grappin	- Bulldozer - Pelle - Chargeur	(01) (01) (01)
Transport lourd	----	-----	-Camion SONACOM -Camion bennes MAN (stock) -Camion benne carrière de 20t	(15)
Manutention et levage	(01)	-Grue KH 300de 20t -Benne preneuse	-----	----

Source : Contrôle Technique Hydraulique (CTH)

Il existe d'autres matériels destinés au transport du carburant, eau, etc..., et matériels de production du béton.

3 -2 Terrassement :

Les travaux de terrassement sont des travaux préliminaires après les travaux d'installation du chantier.

Les travaux de terrassement consistent à :

- Purger le talus au pied du mur de protection et sur toute la surface concernée.
- Nettoyer cette surface et dégager les blocs instables.



Photo N°5 : Début de terrassement à SUFFREN

3-3 Ouvrage de protection :**3-3-1 Introduction :**

Le présent marché a pour objet les travaux de protection du rivage du site de AIN BEIDA (ex-SUFFREN) à l'ouest de AIN TAYA contre les agressions érosives de la mer.

- l'ouvrage à réaliser est de type de protection de talus en enrochements de carrière et de blocs en béton.
- la longueur à protéger est de 390m environ. (Voir figure N°09 : Vue en plan le site de AIN BEIDA).

3-3-2 Description de l'ouvrage :

L'ouvrage de protection consiste à réaliser une digue à talus édifiée par des fonds variants de la côte de -1 à -2m. Elle est constituée de :

****Le noyau : (Voir figure N°10 : Profil en travers type A)***

Le profil A est constitué :

-D'un noyau ou la partie centrale du massif est constituée de matériaux tout-venant (0-500Kg) provenant de carrière de AMMEL dont la granulométrie étendue permet d'éviter les tassements ultérieurs de l'ouvrage tout en assurant une perméabilité suffisante (20 à 30%) indispensable à une bonne tenue de la carapace et de la sous-couche.

Ces matériaux doivent protéger rapidement par des matériaux rocheux de poids spécifique élevé.

Le noyau est arasé à la côte à + 4,00m avec une pente de 4/3.

-D'une sous couche en enrochements naturels (1-2t) d'une pente 3/2 reposant sur le noyau en tout-venant de carrière.

-D'une carapace en blocs artificiels de 5t d'une pente 3/2 son épaisseur est de 5,15m reposant sur la sous couche présidente.

-D'une butée de pied de d'enrochement naturels de (0,5-2t).

****Sous-couche filtre en enrochements : (voir figure N°11 : profil en travers type B)***

Le profil B est constitué :

-D'un même noyau que le profil A et de même carapace.

La sous-couche, constituée d'enrochements naturels de (1 à 2t) d'épaisseur 1,90m, avec une pente de 3/2 disposé entre le noyau et la carapace, présente plusieurs fonctions à l'intérieur de l'ouvrage, notamment celle de protéger le noyau pendant les phases de construction et de servir de fondation à la carapace extérieure.

La sous couche est arasée à la côte à + 4,5m.

- La granulométrie des sous-couches est déterminée de manière à éviter les transferts de matériaux entre sous-couches voisines.

* **La carapace** : (voir figure N°12: profil en travers type C)

Le profil C est constitué des mêmes éléments que les profils A et B.

La carapace est formée de blocs artificiels sensiblement cubiques appelle Blocs Cubiques Rainurés (BCR) de 5t.

La carapace à une pente de 3/2 et épaisseur 2,85m et arasée à la côte à + 4,50m.

La disposition des blocs est pêle-mêle (qui ne comporte aucun rangement symétrique des blocs) et la disposition se fait en deux couches.(Voir les détails dans le plan de pose)

* **La butée de pied** : (voir figure N°13 : profil en travers type D)

Le profil D est constitué d'un noyau en tout-venant de carrière de (0-500Kg) , d'une sous couche (filtre) de (1-2t) des mêmes éléments que les profils A,B et C.

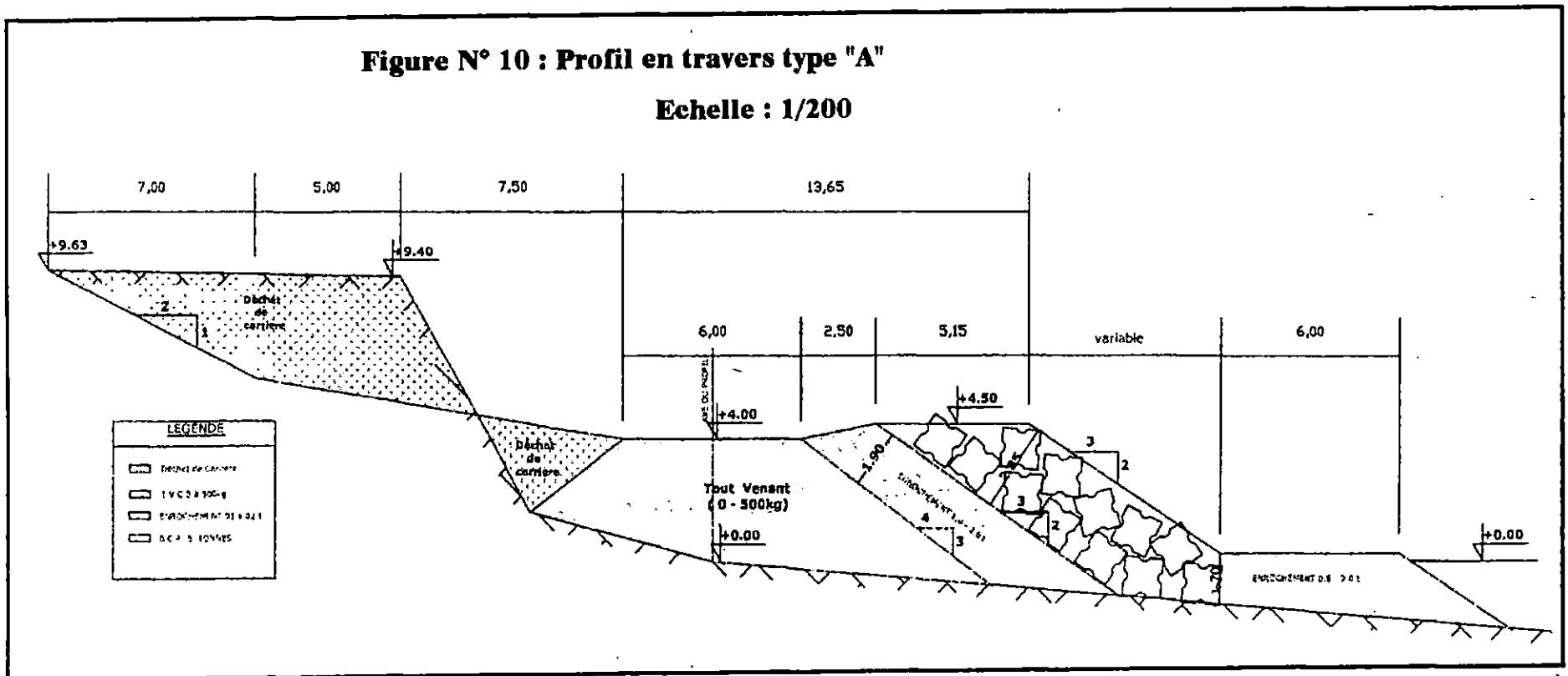
La butée de pied est une partie importante de l'ouvrage constituée d'enrochements naturels de (0,5 à 2t) son épaisseur est de 1,70m.

La butée de pied sert de blocage en pied aux blocs de carapace pour leur éviter tout glissement.

PROJET PROTECTION DE RIVAGE AIN - BEIDA (SUFFREN)

Figure N° 10 : Profil en travers type "A"

Echelle : 1/200

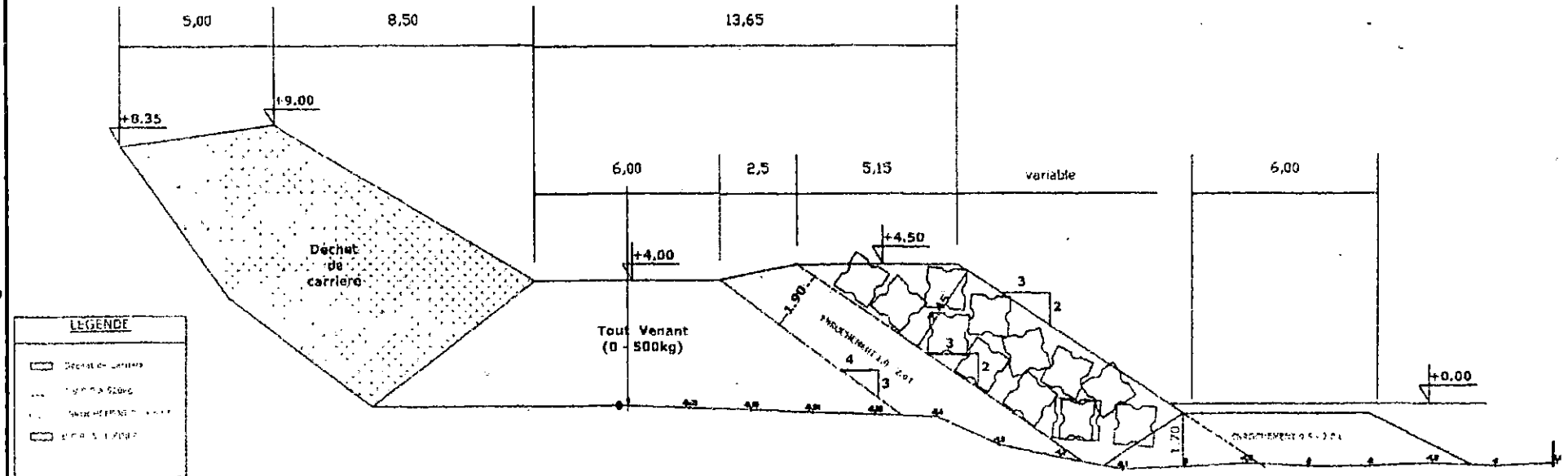


SOURCE : CTH

PROJET PROTECTION DE RIVAGE AIN - BEIDA (SUFFREN)

Figure N° 11: Profil en travers type "B"

Echelle 1/ 200

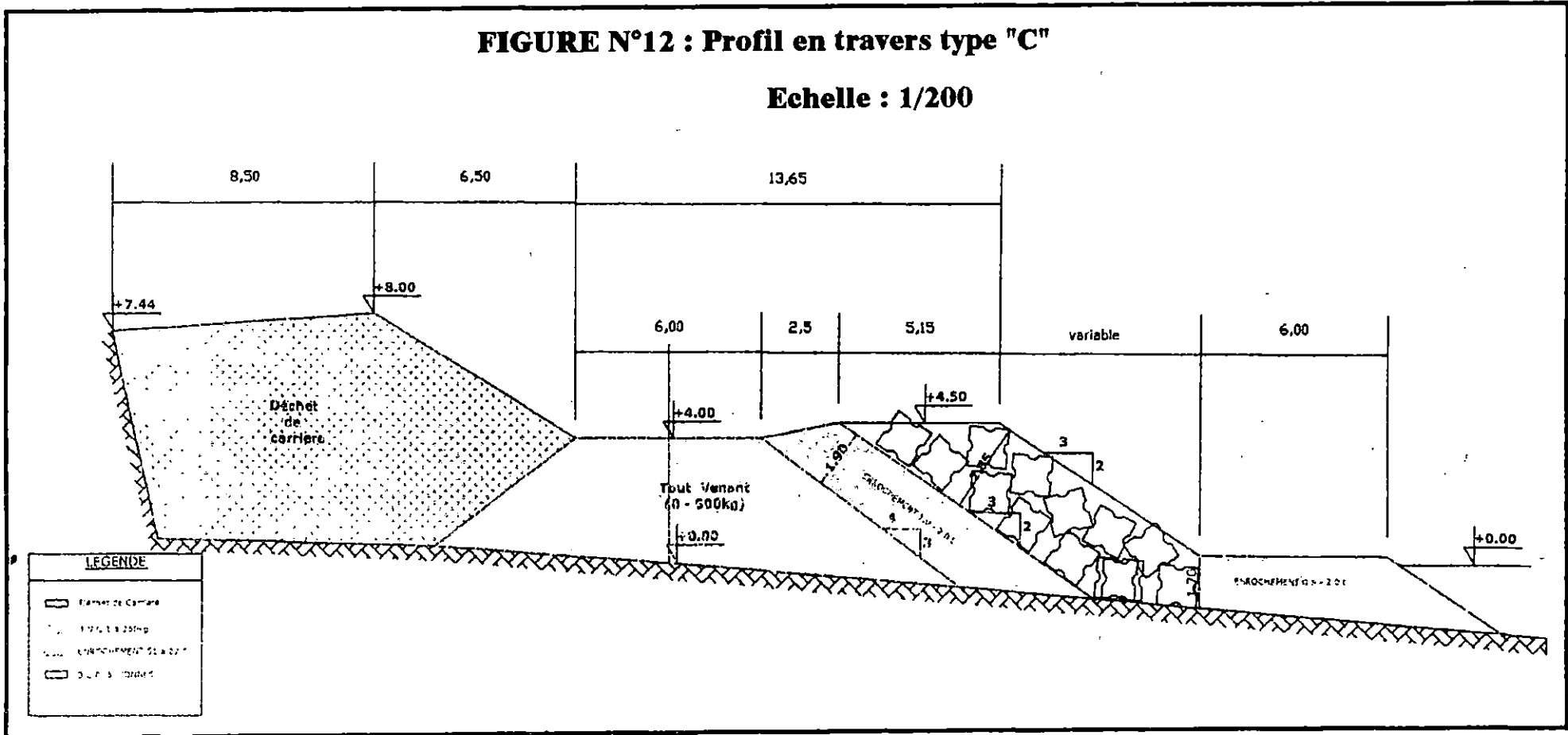


SOURCE : CTH

PROJET PROTECTION DE RIVAGE AIN - BEIDA (SUFFREN)

FIGURE N°12 : Profil en travers type "C"

Echelle : 1/200

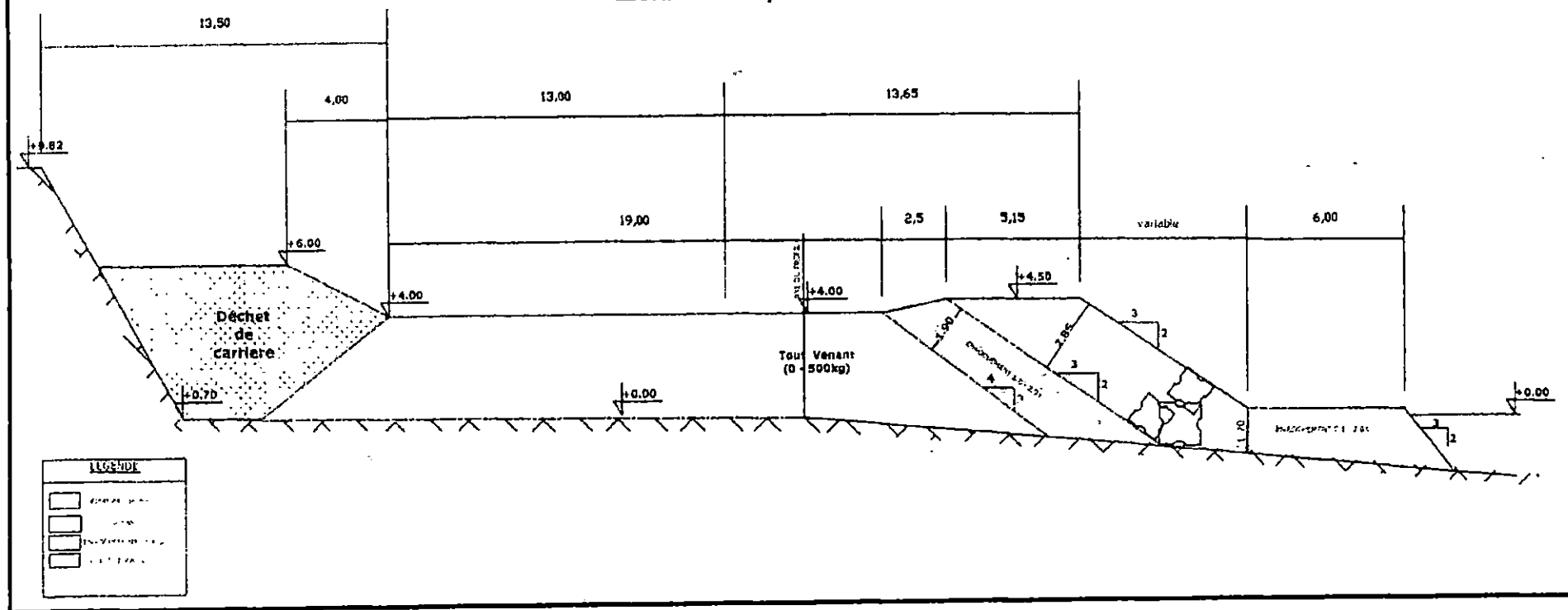


SOURCE : CTH

PROJET PROTECTION DE RIVAGE AIN - BEIDA (SUFFREN)

Figure N° 13 : Profil en travers type "D"

Echelle : 1/250



SOURCE : CTH

•Remarque :

Pour le choix des matériaux, il convient d'éviter de mettre en contact des couches de matériaux dont les poids unitaires ont un rapport de plus de 3 à 5 pour éviter que les petits éléments ne pénètrent dans les intervalles entre les gros et que ces derniers ne disparaissent dans la couche sous-jacente.

•Intérêt d'un ouvrage de haute plage :

L'intérêt d'un ouvrage de haute plage réside dans la :

- facilité de réalisation
- économique
- sa ruine non immédiate
- les blocs qui ont roulé rendent sa pente plus douce et ralentissent sa destruction.

3-3-3 Pré dimensionnement de l'ouvrage : (Voir carte N° 04 Localisation du site de l'ouvrage de protection AIN BEIDA)

Pour dimensionner un ouvrage, nous devons tenir compte des conditions locales telle que : la houle, le terrain, les techniques de construction et les carrières.

***Poids des blocs de la Carapace :**

Diverses méthodes existent pour déterminer le poids des blocs de la carapace sous l'action de la houle.

Les formules les plus usitées actuellement sont celles de HUDSON (1960) et de VAN DER MEER (1988).

Poids des blocs de la carapace calculé à partir de la formule de HUDSON :

$$W_{\text{carapace}} = \frac{\delta_B \cdot (H_D)^3}{K_D (\delta_B / \delta_w - 1)^3 \cdot \cotg \alpha}$$

Avec :

W_{carapace} : poids des blocs en Tonnes (T).

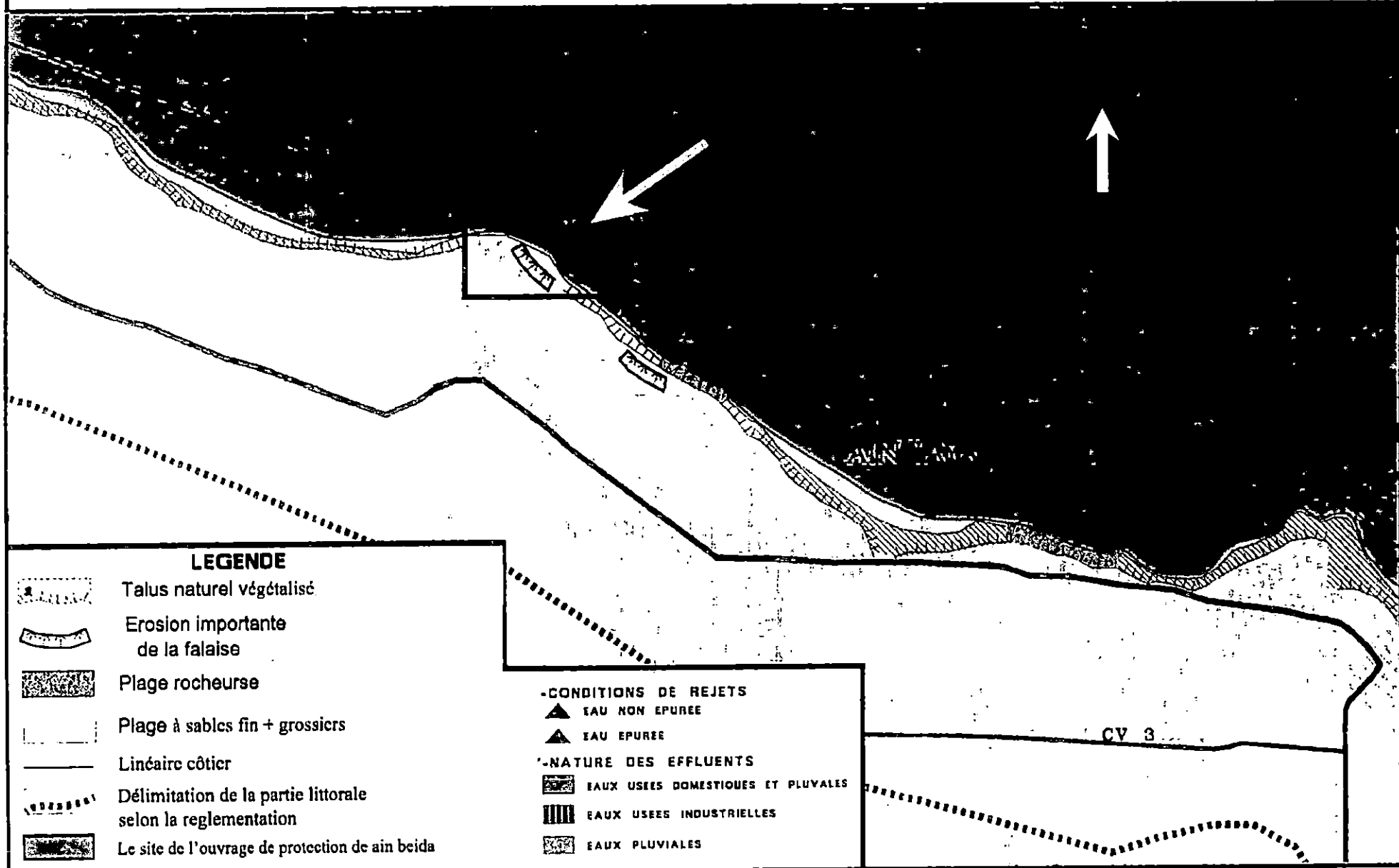
H_D : la houle de dimensionnement en mètres (m).

K_D : coefficient adimensionnel dit de HUDSON, en fonction de la nature des blocs.

δ_B : densité de béton (t / m³).

δ_w : densité de l'eau de mer (t / m³).

Fig. 02 : LOCALISATION DU SITE DE L'OUVRAGE DE PROTECTION DE AIN BEIDA



Application numérique :

$$H_D = 4,63 \text{ m. (calculée au chapitre I)}$$

$$K_D = 7,5$$

$$\delta_B = 2,4 \text{ t/m}^3$$

$$\delta_W = 1,028 \text{ t/m}^3$$

$$\alpha = 3/2$$

$$W_{\text{carapace}} = \frac{2,4 (4,63)^3}{7,5 (2,4 / 1,028 - 1)^3 \cdot 3/2}$$

$$W_{\text{carapace}} = 8,9 \text{ t}$$

*Épaisseur de la carapace :

Pour le calcul de l'épaisseur t_a de la carapace, on utilise la formule suivante :

$$t_a = n \cdot k_t \cdot (W_{\text{BCR}} / \delta_B)^{1/3}$$

Avec : $W_{\text{BCR}} / \delta_B = Dn$

Dn : Diamètre nominal

t_a : épaisseur de la carapace (m)

n : nombre de couche

K_t : coefficient d'épaisseur

δ_B : la densité des blocs.

Application numérique : $n=2$ couche, $K_t = 1,10$, $W_{\text{BCR}} = 8,9 \text{ t}$, $\delta_B = 2,4 \text{ t/m}^3$

$$Dn = 8,90 / 2,4 = 1,54 \text{ m}^3$$

$$t_a = 2 \cdot (1,1) \cdot (8,90 / 2,4)^{1/3} \rightarrow t_a = 3,4 \text{ m}$$

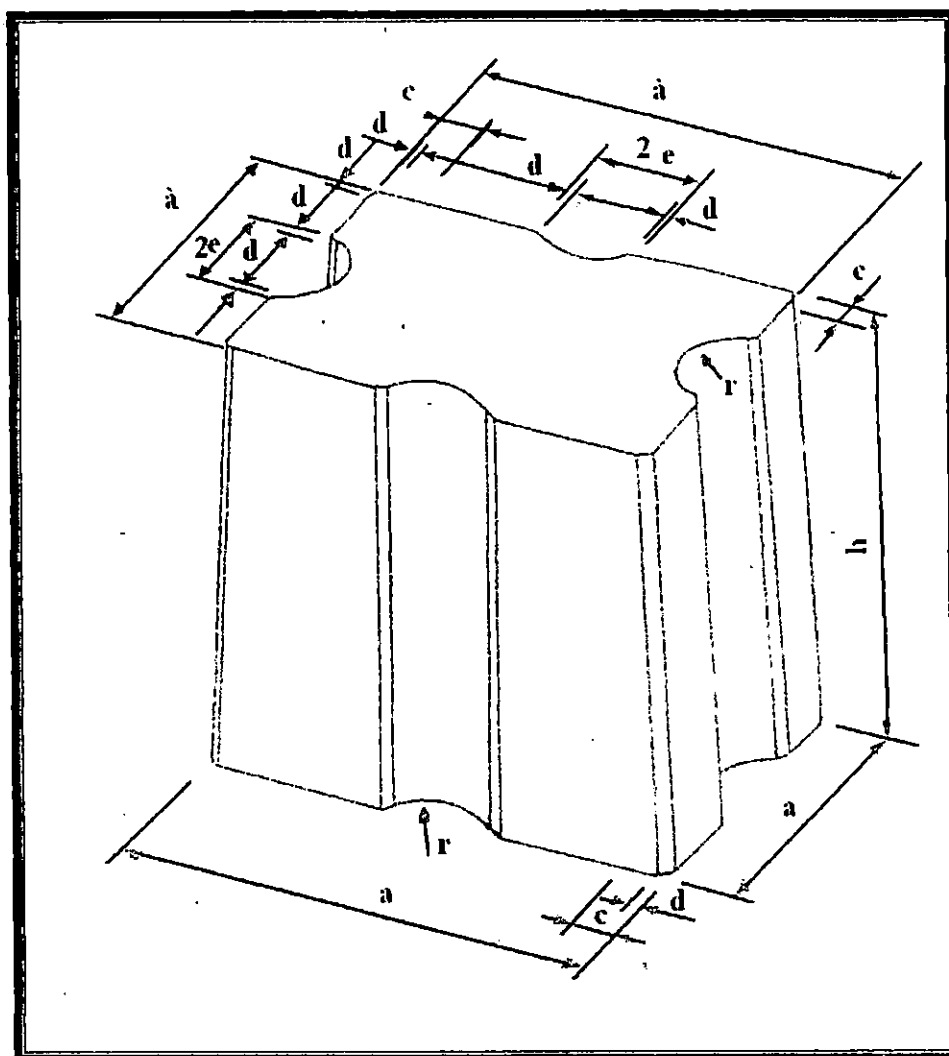


Figure N°14 : Dimension du bloc cubique rainuré (BCR)

Pour un bloc cubique rainuré, le volume du bloc est de :

$$V = 0,8368 a^3$$

On sait que:

$$V = \frac{W_{\text{carapace}}}{\delta_B}$$

W_{carapace} : poids du bloc de la carapace (tonnes) = 5t

δ_B : densité du bloc (t/m^3)

V : volume d'un bloc.

AN:

$$V = \frac{5}{2,4} = 2,08\text{m}^3 = 2,1\text{m}^3$$

$V = 2,1\text{m}^3$

On a:

$$V = 0,8368a^3 \quad a^3 = \frac{V}{0,8368} \quad \text{donc} \quad a = \sqrt[3]{\frac{V}{0,8368}}$$

$$a = (0,8368)^{-1/3} \cdot (V)^{1/3} = 1,0612 V^{1/3}$$

AN: $a = 1,0612 \cdot (2,1)^{1/3} = 1,358\text{m}$

$a = 1,358\text{m}$

Le tableau suivant donne les dimensions d'un BCR

Tableau N°10 : les dimensions d'un BCR

V (m ³)	0,8368 a ³	2,1m ³
a	1,0612 V ^{1/3}	1,358 (m)
a	0,9254 a	1,256(m)
h	0,9827a	1,334 (m)
d	0,022 a	0,029 (m)
c	0,087 a	0,118 (m)
e	0,1095 a	0,148 (m)
r	0,1115 a	0,151 (m)

Pour un volume de 2,1 m³
 Soit 5t la longueur du bloc à la base a
 $a = 1,358\text{m}$ (voir fig. N°10)

*Nombre de blocs par unité de surface (m²) :

La formule est la suivante :

$N_a = n \cdot K_t \cdot (1-n_v) \cdot Dn^{-2}$

Avec :

N_a : nombre de blocs par m^2

n_v : la porosité (%)

Application numérique : $n_v = 47 \% = 0,47 \%$

$$N_a = 2.1,1. (1 - 0,47) (1,39)^{-2}$$

$$N_a = 0,6 \text{ bloc/m}^2$$

• La carapace présente une côte d'arase de + 4.5m.

***Détermination des poids des enrochements et l'épaisseur de la sous-couche :**

La sous-couche est disposée entre le noyau et la carapace.

Ce lui-ci présente plusieurs fonctions à l'intérieur de l'ouvrage notamment celle de protéger le noyau pendant les phases de construction et de servir de fondation à la carapace.

**** Poids des enrochements de la sous-couche :**

A la suite de la carapace, une seule sous-couche d'enrochements est interposée entre les blocs de la carapace et le noyau. Elle joue le rôle de filtre.

$$W_{\text{enrch(sc)}} = W_{\text{carapace}} / 10$$

Donc :

$$W_{\text{enrch(sc)}} = 8,9/10 = 0,89 \text{ T}$$

**** Epaisseur de la sous-couche :**

$$t_{\text{sc(enrch)}} = n K_t (Dn)^{1/3}$$

$$Dn = \frac{W_{\text{sous couche}}}{\delta r}$$

donc $t_a = n K_t (W_{\text{sc}}/\delta r)^{1/3}$

Avec :

- n : nombre de couches.
- K_t : coefficient d'épaisseur.
- $W_{enrch(sc)}$: poids d'embrochements de la sous-couche.
- δr : densité des embrochements.
- $ta_{enrch(sc)}$: Epaisseur de la sous-couche.

AN: $ta_{(sc)} = 2(1,1) \cdot (0,89 / 2,65)^{1/3} = 1,529 \approx 1,53$.

$ta_{enrch(sc)} = 1,5 \text{ m}$

• La côte d'arase de la sous-couche est de + 4,5 m.

Poids des blocs de la carapace BCR calculé à partir de la formule de VAN DER MEER

$H_D / \Delta D_n = [(6,7(N_0)^{0,4} / N^{0,3}) + 1] \cdot S_m^{-0,1}$

Avec :

- H_D : la houle de dimensionnement.
- D_n : diamètre nominal des BCR.
- D : densité relative = $(\delta_B / \delta_w - 1)$.
- N_0 : nombre de dommages ($N_0 = 2$).
- N : nombre de vagues ($N=5000$ vagues).
- S : la cambrure. (H/L)
- T : la période (s).

On a:

$$S_m = \frac{2\pi H_D}{g T^2} \rightarrow S_m = \frac{2(3,14) \cdot (4,63)}{9,81 \cdot (12)^2} = 0,02$$

$S_m = 0,02$

Donc :

$$H_D / \Delta D_n = [6,7 (2)^{0,4} / (5000)^{0,3} + 1] \cdot (0,02)^{-0,1}$$

$$H_D / \Delta D_n = 2,49 \rightarrow D_n = 4,63 / (2,49) \cdot (2,33)$$

$$D_n = 1,39 \text{ m}$$

$$W_{BCR} = (D_n)^3 \cdot \delta_B$$

$$W_{BCR} = (1,39)^3 \cdot 2,4$$

$$W_{BCR} = 6,44 \text{ t}$$

*** Poids des enrochements de la sous-couche :**

$$W_{\text{enrch(sc)}} = W_{\text{carapace}} / 10$$

Donc :

$$W_{\text{enrch(sc)}} = 6,44 / 10 = 0,644 \text{ T}$$

*** Epaisseur de la carapace :**

Pour calculer l'épaisseur t_a de la carapace, on utilise la formule suivante :

$$t_a = n K t \cdot (D_n)^{1/3}$$

*** Epaisseur de la sous-couche :**

$$t_{\text{sc(enrch)}} = n K t (D_n)^{1/3}$$

$$D_n = \frac{W_{\text{sous couche}}}{\delta_r}$$

$$\text{donc } t_a = 2 (1,1) (0,644 / 2,65)^{1/3} = 0,50 \text{ m}$$

Avec : $Dn = W_{\text{carapace}} / \delta_B$

- n : nombre de couches n = 2.
- Kt : coefficient d'épaisseur.
- Dn : diamètre nominal.
- W_{carapace} : poids des blocs de la carapace (d'après Van Der Meer)
- δ_B : la densité des blocs.

AN : $ta = 2. (1,1). (6,44 / 2,4)^{1/3} = 3,05 \approx 3m.$

ta = 3m

Les résultats obtenus avec les formules d'HUDSON et VAN DER MEER, et celle appliquée par SOGREAH sont mentionnés dans le tableau suivant :

Tableau°11 : Résultats de dimensionnement de l'ouvrage :

	Poids de la carapace BCR (t)	Poids de la sous couche (t)	Epaisseur de la carapace (m)	Epaisseur de la sous couche(m)
HUDSON	8,90	0,89	3,40	1,50
V.D.M	6,44	0,64	3,00	0,50
SOGREAH	5,00	1 à 2	2,85	1,90

***Commentaire :**

La formule d'HUDSON donne un poids plus grand (8,9t), ce qui est logique puisqu'il ne considère pas de dégâts sur la carapace.

La formule de VAN DER MEER donne un poids (6,44t) proche du poids réellement utilisé (5t).

L'ouvrage a été réalisé avec l'étude SOGREAH effectuée en modèle réduit en 1982.

***Conclusion :**

Le dimensionnement des blocs de la carapace de protection est souvent déterminé par la formule d'HUDSON pour le pré dimensionnement car facile d'utilisation. Elle est caractérisée par sa simplicité et l'utilisation du K_D (coefficient de stabilité) relatif aux différents types de blocs de la carapace.

Le dimensionnement réel du poids de blocs de carapace est déterminé par l'étude de stabilité en canal à houle.

La formule de VAN DER MEER est plus proche des résultats obtenus en modèle réduit physique.

Les deux tableaux dans les annexes (N°12) et (N°13) donnent des formules qui ont été proposées pour calculer les poids des blocs de la carapace d'une digue à talus.

3-4 Devis estimatif et quantitatif :

Le règlement du marché est basé sur l'application d'un bordereau des prix unitaires aux quantités prises en compte.

Les tableaux suivants donnent les quantités, le poids unitaire et le montant globale.

Tableau N°14 : devis estimatif et quantitatif – Installation de chantier et repliement.

N°	Désignation des ouvrages	Unités	Quantités	Prix unitaires HT en DA	Montants HT en DA
1.01	Réalisation de l'installation du chantier et repliement, l'installation des équipements de contrôle des matériaux, l'installation de la centrale à béton et de l'éventuelle couverture de carrière y compris les mesures d'accompagnement	Ens.	01	16.500.000,00	16.500.000,0
				Total en HT	16.500.000,00

Source : CPS (Cahier de Prescription Spéciale)

*Ces prix sont réglés de la manière suivante :

-75% Installation et amenée du matériel.

- 25% au repli des installations et du matériel.

Tableau N°15 : devis estimatif et quantitatif – Terrassements.

N°	Désignation des ouvrages	Unités	Quantités	Prix unitaires H T en (DA)	Montants H T en (DA)
2.01	Purge et mise en dépôt des matériaux	M3	200,000	250,00	50.000,00
2.02	Reprofilage et nettoyage	M3	200,000	340,00	68.000,00
2.03	Déblayage des matériaux	M3	1.000,000	120,00	120.000,00
2.04	Fourniture, transport et mise en place des déchets de carrière	M3	22.000,000	580,00	12.760.000,00
				Total HT en D.A	12.998.000,00

Source : CPS (Cahier des Prescriptions Spéciale)

Tableau N°16 : devis estimatif et quantitatif- Ouvrage de protection.

N°	Désignation des ouvrages	Unités	Quantités	Prix unitaires HT en (DA)	Montants HT en (DA)
	<u>Fourniture et mise en place :</u>				
3.01	- de tout venant (0 – 500 kg)	T	50.000	1.085,00	54.250.000,00
3.02	- des enrochements (0,5 – 2 t)	T	11.000	1.409,00	15.499.000,00
3.03	- des enrochements (1 – 2t)	T	13.500	1.513,00	20.425.500,00
3.04	- des BCR de 5t	M3	6.300	11.500,00	72.450.000,00
				Total en HT	162.624.500,00

Source : CPS (Cahier des Prescriptions Spéciales)

*** Montant du marché :**

Le montant total en DA du marché est de: deux cent vingt quatre millions sept cent quatre vingt mille trois cent vingt cinq Dinars (**224.783.325 DA**) en TTC (toutes taxes comprises), soit un montant HT de **192 122 500 DA** et un montant de TVA (17%) de **32 660 825 DA** .

* Le paiement des matériaux de carrière est effectué en deux parties :

- 60% du montant à la fourniture et au transport des matériaux de carrière sur chantier
- 40% du montant à la mise en place des matériaux de carrière sur chantier

* Le paiement des blocs cubiques rainurés (BCR) est effectué en deux parties :

- 60% du montant à la préfabrication et au stockage des BCR
- 40% du montant à la reprise et mise en place des BCR.

3-5 Délai d'exécution :

Le délai de réalisation des travaux mentionné dans le marché (**14 mois**) court à compter de la date du début des travaux notifiée par l'O.D.S (ordre de service) ordonnant le commencement des travaux (début des travaux : (**07 Avril 2003**))

***Planning d'exécution des travaux : (voir figure N°15 : Planning d'exécution des travaux)**

Le planning des travaux est un programme indiquant les processus et les méthodes qu'il se propose d'employer et des dispositions qu'il compte prendre pour l'exécution des travaux.

Il est organisé comme suit:

*** Installation de chantier et repliement.**

Une durée de deux mois (02) est prévue pour l'installation du chantier qui comprend: l'installation des équipements de contrôle des matériaux, la centrale à béton et éventuellement l'ouverture de carrière, y compris les mesures d'accompagnement.

Une durée d'un (01) mois (le dernier mois après l'achèvement des travaux) est prévue pour le repliement qui comprend les travaux d'enlèvement et d'évacuation des matières, matériels et équipements. Le chantier doit être laissé dans un bon état de propreté.

*** Terrassements.**

Les travaux de terrassement commencent à partir du 3^{ème} mois ; ils durent (09) mois pour la purge et mise en dépôt de matériaux, profilage, nettoyage et déblayage des matériaux, et un (01) mois pour la fourniture des déchets de carrière.

*** Mise en place des déchets de carrière.**

Pour la fourniture et la mise en place de 22.000 m³ de déchets de carrière, une durée de dix (10) mois est prévue avec une cadence de 2.200m³/mois.

*** Fourniture et mise en place de tout venant de carrière (0à 500Kg) :**

Pour la fourniture et la mise en place de 50.000 t de TVC une durée de neuf (09) mois est prévue avec une cadence de 5.555,55 t / mois.

*** Fourniture et mise en place des enrochements de 1 à 2t :**

La fourniture et la mise en place des enrochements de 1 à 2t de la sous-couche s'effectueront sur une période de neuf (09) mois, pour une quantité de 13.500 t à une cadence de 1.500 t / mois.

*** Fourniture et la mise en place des enrochements de 0,5 à 2t :**

La réalisation de la butée de pied s'effectuera sur une période de 5 mois et 15 jours, pour une quantité de 11.000t avec une cadence 2.000t / mois

Figure N° 15 : PLANNING DES TRAVAUX PROJET DE SUFFREN " PROTECTION DE LA COTE"

Designation des travaux	ANNEE 2003										ANNEE 2004			
	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aôut	Septembre	Octobre	Novembre	Decembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
♦ Installation de chantier et Repliection	■	■												
♦ Purge et mise en dépôt de matériaux reprofilage nettoyage et déblayage des matériaux				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
♦ Fourniture des déchets de carrière			■					■						
♦ Mise en place de déchets de carrière			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
♦ Fourniture de T.V.C (0 à 500 kg)				■	■	■	■	■	■	■	■	■		
♦ Mise en place de T.V.C (0 à 500 kg)			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
♦ Fourniture des Enrochement (1 ⁺ à 2 ⁺)			■	■	■									
♦ Mise en place de s Enrochement (1 ⁺ à 2 ⁺)			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
♦ Fourniture des Enrochement (0,5 ⁺ à 2 ⁺)				■	■	■	■	■	■	■	■	■		
♦ Mise en place de s Enrochement (0,5 ⁺ à 2 ⁺)				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
♦ Préfabrication des BCR (5 tonnes)														
♦ Mise en place des BCR (5 tonnes)				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

SOURCE : CTH

*** Préfabrication et mise en place des BCR de 5 tonnes :**

La préfabrication des 6.300 m³ de bloc BCR soit 3.150 U sera réalisée dans un délai de 06 mois avec une cadence de 1.050 m³/ mois et la mise en place de cette quantité sera réalisée dans un délai de 09 mois avec une cadence de 700m³/ mois, soit : 333,33 bloc / moi

**** Pénalités de retard :**

Le respect des délais d'exécution des travaux de construction est d'une importance primordiale. En cas de non respect du planning d'avancement des travaux dans les délais requis, une pénalité sera applicable pour chaque jour calendaire de retard à partir de la date d'achèvement requise. La pénalité par jour de retard est déterminée par la formule suivante :

Formule :

$$P_j = M / 7d$$

P_j : pénalité journalière

M : montant des travaux.

d : la durée d'exécution, exprimée en jours.

**** Commentaire sur les travaux :**

Le délai de réalisation des travaux du projet de la côte de AIN BEIDA (ex-SUFFREN) est de **14 mois**. Ces travaux, en cours depuis la date du **07 Avril 2003**, ont accusé, à ce jour, un retard de **04 mois** et les travaux ne sont toujours pas achevés. Ce retard est dû, d'une part : au séisme du **21 Mai 2003** ayant engendré l'arrêt des travaux pendant un (**02**) mois, causé par la suspension des cheminements des agrégats de la carrière d'AMMAL vers le chantier et la réquisition de la centrale à béton aux fins d'utilisation pour les sinistrés, et, d'autre part : à une grève déclenchée par les travailleurs de la SOTRAMO du **10 Juillet 2004** jusqu'au **02 Septembre 2004** pour cause de retard dans le paiement de leurs salaires depuis **06 mois**. La période d'arrêt des travaux (**02 mois**) pour cause de séisme n'entre pas en ligne de compte pour l'application des pénalités de retard puisque c'est un cas de force majeure prévu dans le règlement des marchés publics.

3 - 6 : Etude de la carrière dénommée "AMMAL" :**3-6-1 Situation Géographique : Voire carte N°:05**

La carrière "AMMAL" est située à proximité du village de AMMAL et en bordure de la RN 5 reliant THENIA à LAKHDARIA

La distance entre la carrière et AIN BEIDA (ex - SUFFREN) est : 50 km environ

***Cordonnées Lambert**

X=369500

Y=578800

3-6-2 Géologie du gisement :

La nature du gisement de la carrière AMMAL est constituée de calcaire beige massif, peu fissuré, avec, par endroits, la présence des filoniennes de calcite.

Les formations de gisements sont attribuées au Crétacé supérieur ; les réserves sont très importantes.

3-6-3 Caractéristiques du gisement:***Physiques et mécaniques :**

Les matériaux de la carrière sont de meilleure qualité d'après les essais effectués sur cette roche au niveau du laboratoire du chantier.

Les matériaux ont les caractéristiques suivantes :

- Masse volumique = 2,65 t / m³.
- Résistance à l'abrasion (essais Los Angeles) mesurée selon ASTM C 535 : inférieure à 40 %.
- Altérabilité (soudness Test) mesurée selon ASTM C 88 : inférieure à 20 % (au sulfate de magnésium) (Aucune réaction alcaline vis-à-vis du ciment)
- La résistance à la rupture en compression, mesurée sur cube de 5 cm d'arête est supérieure à 50 MPA.

***Chimique :**

Les résultats des analyses chimiques confirment la régularité et l'homogénéité des calcaires du gisement avec un taux très faible en chlore (0,005%).

3-6-4 limite et durée de vie de la carrière :*** Limite de la carrière :**

Les réserves géologiques reconnues sont très importantes, c'est pour cela qu'on ne tient compte uniquement que des réserves exploitables selon les limites du premier compartiment.

En surface, le premier compartiment est limité par la route nationale et la zone d'extraction. Tandis qu'en profondeur, elle aura comme plancher d'exploitation le niveau 170m.

*** Durée de vie de la carrière :**

La durée de vie de l'exploitation du premier compartiment de cette carrière est estimée à 12 ans pour un abattage de 800.000 t/an de calcaire.

3-6-5 Capacité de production :

Les besoins d'abattage annuels prévisionnels sont estimés à 800.000 t/an. Pour satisfaire à ces besoins, il faut assurer un abattage de 880.000t/an afin de combler les pertes au niveau de la carrière estimées à 10%.

La capacité de production en concassage actuelle est de 120t/h.

Tableau N°17 : capacité de production en concassage :

désignation	t/jour	t/semaine	t/mois	t/an
concassage	960	4800	19200	230400

*** Capacités de production en enrochements et T.V.C :**

Tableau N°18 : capacité de production en enrochements et T.V.C :

désignation	t/jour	t/semaine	t/mois	t/an
T.V.C (0-500Kg)	1500	7500	30000	360000
enrochement (3-6t)	300	1500	6000	72000

QUATRIEME CHAPITRE

Phases des travaux

4-1- Introduction :

Le mode d'exécution de l'ouvrage est prévu par voie terrestre en deux principales étapes : la première étape à la côte +2,00 et la deuxième à la côte projet, s'articulant sur 06 principales phases de réalisation, après les deux (02) phases préliminaires d'implantation et d'actualisation (Topographie / bathymétrie).

4-2- Principales phases de réalisation : Voir les figures (18, 19,20 ,21)

Les principales phases de réalisation sont :

4-2-1 Implantation, Piquetage et tracé des ouvrages : (Voir figure N° 16 : Les cordonnées des points d'axe de l'ouvrage)

Les opérations de piquetage général, ayant pour objet le report d'implantation des ouvrages pour raccordement à des repères fixes caractérisés en plan, en altitude et les limites des zones dont il aura l'usage.

Pour cela, il est prévu une équipe topographique avec un théodolite pour mesurer les distances que nous voulons obtenir entre les points d'implantation et les stations.

4-2-2 Mise en place du noyau 0-500Kg (1^{ère} côte +2,00) : (Voir figure N ° 18)

Après la phase d'implantation, vient la mise en place du noyau en tout-venant de carrière (TVC) de (0-500) Kg, effectuée par déversement de TVC le long du tracé d'implantation (voir photo N°7). Un bulldozer pousse cette charge de façon à obtenir une surface plane avec une pente de 3/2 (pente de l'ouvrage). (Voir photo N°6).

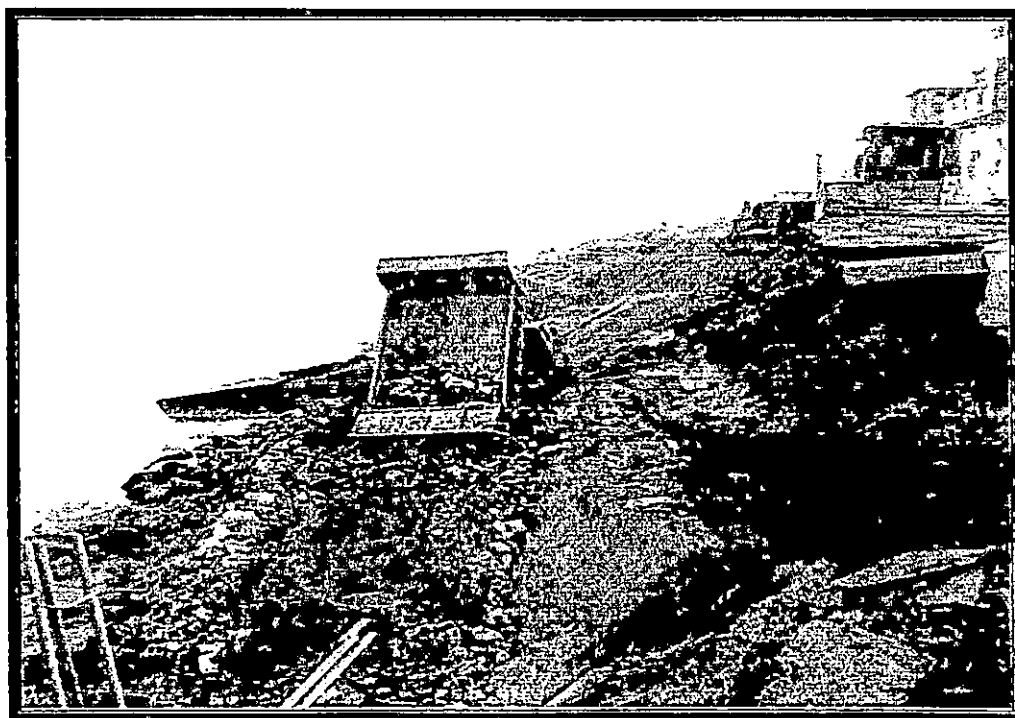


Photo N°6 : déversement de TVC par camions



Photo N°7 : *Etalement de TVC par des Bulldozers*

4-2-3 Mise en place de la sous-couche filtre en enrochements (1 à 2t) :
(Voir figure N° 18)

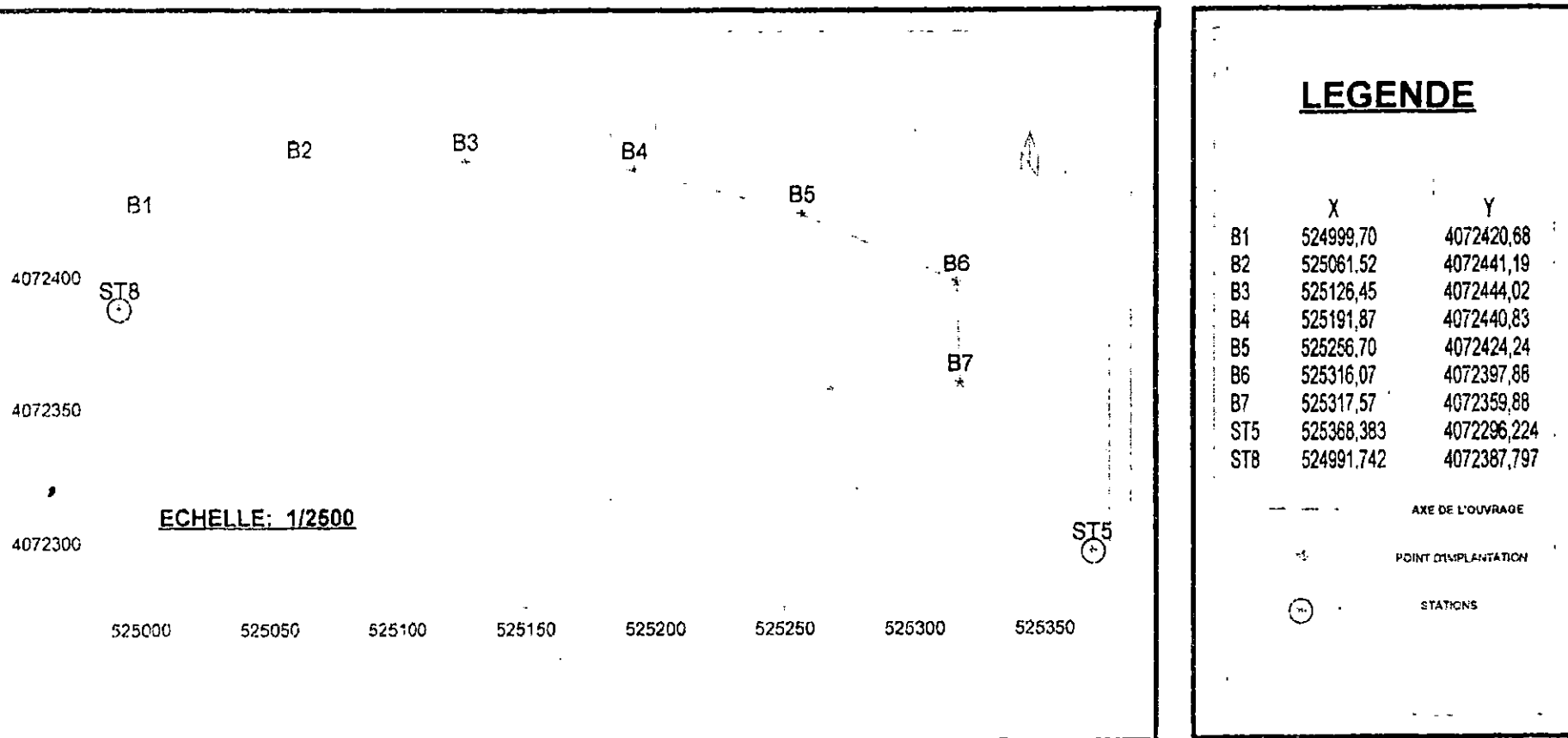
Cette opération se fera en parallèle avec l'avancement du noyau. Lorsque le tout-venant est avancé de 10m, il est protégé par des enrochements de 1-2t (déposés par une pelle hydraulique équipée d'un grappin) d'une façon organisée pour protéger le noyau de l'effet de houle. (Voir photos N°8, N°9)



Photo N°8,9 : *Etape de la Mise en place de la sous-couche*

PROTECTION DU RIVAGE DU SITE DE AIN- BEIDA (SUFFREN)

Figure N° 16 : COORDONNEES DES POINTS D'AXE DE L'OUVRAGE



SOURCE : CTH

***Catégorie d'engrochements et la granulométrie:**

Les matériaux, constituant les différentes parties de l'ouvrage, sont sélectionnés en fonction de leur poids et leur taille.

Chaque catégorie d'engrochements fait l'objet d'un tri soigné. En ce qui concerne le tout-venant de carrière, il est soumis à un lavage préliminaire afin d'éliminer les éléments fins susceptibles de déformer la représentation de la perméabilité de l'ouvrage.

Ces matériaux sont classés en catégorie dont les valeurs sont fixées ci après :

Catégorie N°1 : engrochements de (0,5-2t)

P10 : supérieur à 0,5t

P50 : supérieur à 1t

P90 : inférieur à 2t

Catégorie N°2 : engrochements de (1-2t)

P10 : supérieur à 0,5t

P50 : supérieur à 1t

P90 : inférieur à 2t

Catégorie N°3 : tout-venant de carrière (0,5-500Kg)

P10 : inférieur à 0,5Kg

P50 : supérieur à 1Kg

P90 : inférieur à 500Kg

Catégorie N°4 : déchets de carrière

Pa : est la masse de l'engrochement tel que « a % » de la masse totale est supérieur à Pa .

4-2-4 Mise en place des blocs de carapace B.C.R (5t) : Voir figure N°20)

La mise en place des B.C.R (blocs cubiques rainurés) est assurée par une grue (KH 300) de 20t équipée d'une pince. La pose des blocs est pêle-mêle. (Voir photo N°10)

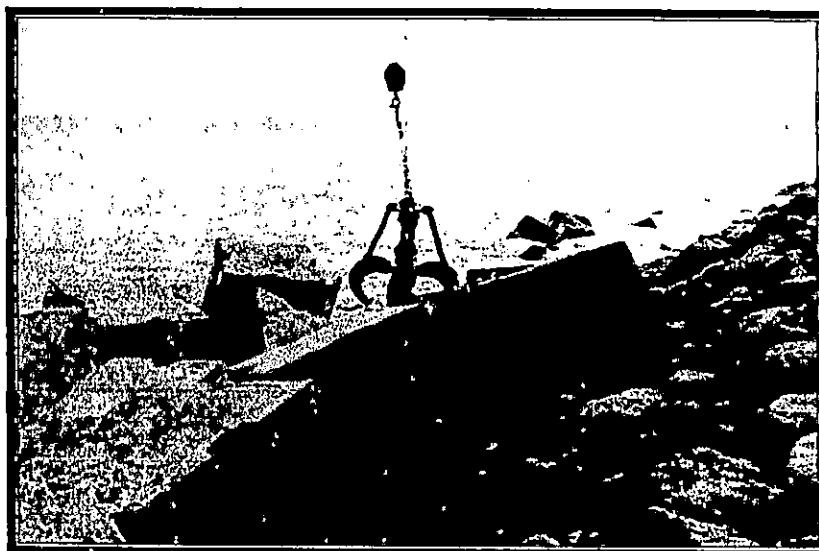


Photo N°10 : Mise en place des B.C.R

***Mise en place des blocs pêle-mêle :**

**** Plan de Pose : (voir figure N° : 17)**

Un plan théorique de pose, appelé plan de présentation des blocs pêle-mêle, prévoit une pose de B.C.R (blocs cubiques rainurés) en deux couches.

Le plan précisera les positions successives auxquelles doit être amené le crochet de la grue.

Ce plan consistera, pour chaque couche, en un carroyage à maille carrée dans le plan du talus. Les coins du croiycage relatif à la deuxième couche seront placés au centre du carroyage relatif à la première couche.

**** manutention et Pose :**

Les blocs cubiques rainurés (B.C.R) seront posés depuis le bas vers le haut du profil par série de 2 à 6 blocs comptés horizontalement selon un front d'avancement incliné à une pente de 3/2 dans le plan du talus.

La mise en place des blocs se fera en deux couches, la 2ème couche étant exécutée avec un décalage de deux blocs dans les deux sens.

Dans la première couche, entre deux B.C.R, il y a un espacement de 30 à 40 cm et pas plus de 80cm.

L'ingénieur pourra examiner éventuellement la possibilité d'un décalage plus important dans certaines conditions d'urgence (annonce de coups de vent).

L'entrepreneur veillera à ce que les blocs soient mis en place, pointe calée dans la sous-couche.

Pour ce qui concerne la première couche, il prendra soin d'éviter qu'un dallage ne se crée à la pose de chaque couche.

La carapace présentera un aspect de vrac.

Le procédé de saisie et de positionnement de la grue par rapport à la position de mise en place devra être étudié et testé au début du chantier pour obtenir l'orientation d'une arête du parallélépipède vers le large.

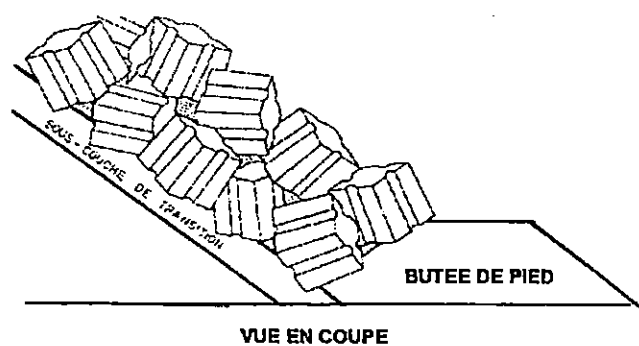
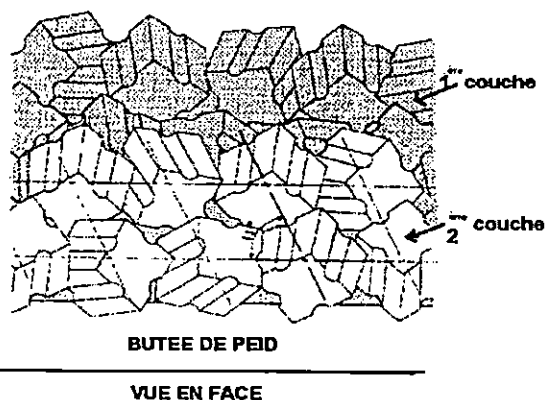


Figure N° 17 : Plan de pose des blocs cubiques rainurés

- Les blocs cubiques rainurés sont placés sur une pente 2 / 3 Et sur deux couches .
- L'indice de vide à respecter doit être de 44 % .
- La valeur du coefficient K_D est de 8 pour des dommages nuls, en partie courante. Bien que la présence de rainures assure une meilleure circulation de l'eau à l'intérieur de la carapace et une réduction des sous- pression, son intérêt essentiel réside dans l'amélioration du démoulage des blocs et dans une meilleure imbrication des blocs entre eux.

*** Remarque :**

Les BCR n'ayant pas été encore réalisés au niveau de notre site d'étude AIN BEIDA (ex-SUFFREN), j'ai pris des photos de la mise en place des B.C.R au niveau de AIN TAYA, puisque c'est le même mode d'exécution et la différence réside seulement dans les poids de ces blocs 9,0t de AIN TAYA au lieu de 5,0t AIN BEIDA.

4-2-5 Mise en place des déchets de carrière à la côte +2,00m (Voir figure N°18)

Cette opération suit aussi le mouvement de la réalisation de l'ouvrage à +2,00m, intervient une dernière phase des travaux.

4-2-6 Complément de l'ouvrage à la côte projet définitive :

Après la réalisation partielle de l'ouvrage à la côte +2,00 m, le complément de l'ouvrage à la côte de projet 5,50m définitive sera effectué de la même manière que la première partie de l'ouvrage.

4-3 Contrôle des travaux :

Au cours de la réalisation du projet de protection de la côte de AIN BEIDA (ex- SUFFREN), j'étais présente avec l'équipe de contrôle technique hydraulique (CTH) pour le suivi et le contrôle technique des travaux.

*** Rôle du CTH :**

La DTPWA (Direction des Travaux Publics de la wilaya d'Alger), a confié à l'organisme de contrôle technique des ouvrages hydrauliques (CTH) l'assistance et le contrôle des travaux.

Cette équipe se compose de :

• 04 ingénieurs en travaux maritimes, ayant pour rôle :

- le contrôle de la qualité du béton.
- le contrôle de l'application des règles de sécurité.
- le contrôle du poids des enrochements transportés et le nombre des blocs correspondant lors du passage des camions au chantier.
- contrôle de la mise en place des matériaux.

• Un topographe ayant pour rôle :

- contrôle la conformité des profils réalisés selon les plans.
- vérification du positionnement des stations.
- respecter l'implantation de l'ouvrage et l'alignement des points B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7 . (Voir figure N°13)

• Un plongeur ayant pour rôle :

- vérification de la bathymétrie du site pour évaluer les quantités des matériaux à mettre en place.

FIG. N°18 : OPERATION DE TERRASSEMENT DU TVC ET DES DECHETS DE CARRIERE

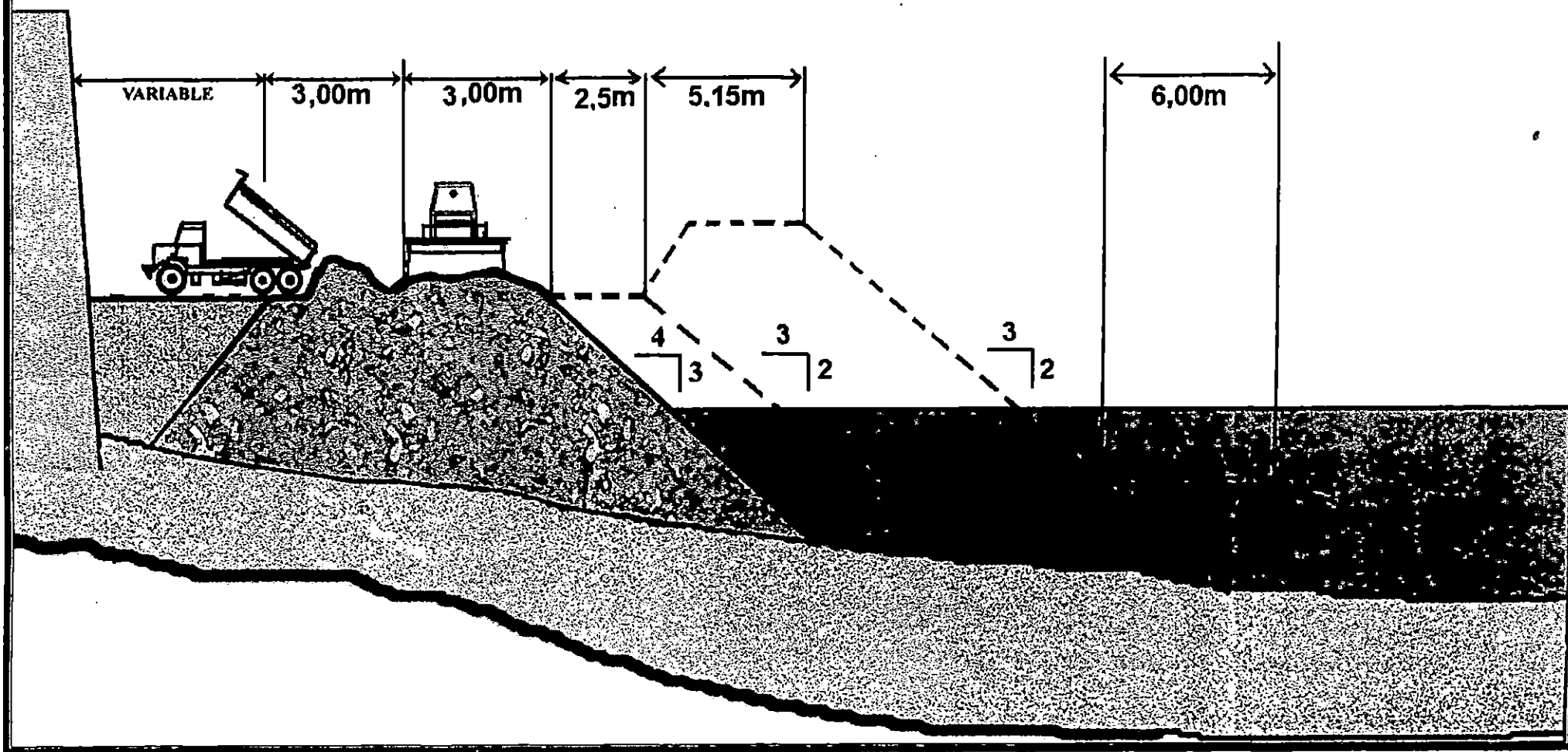
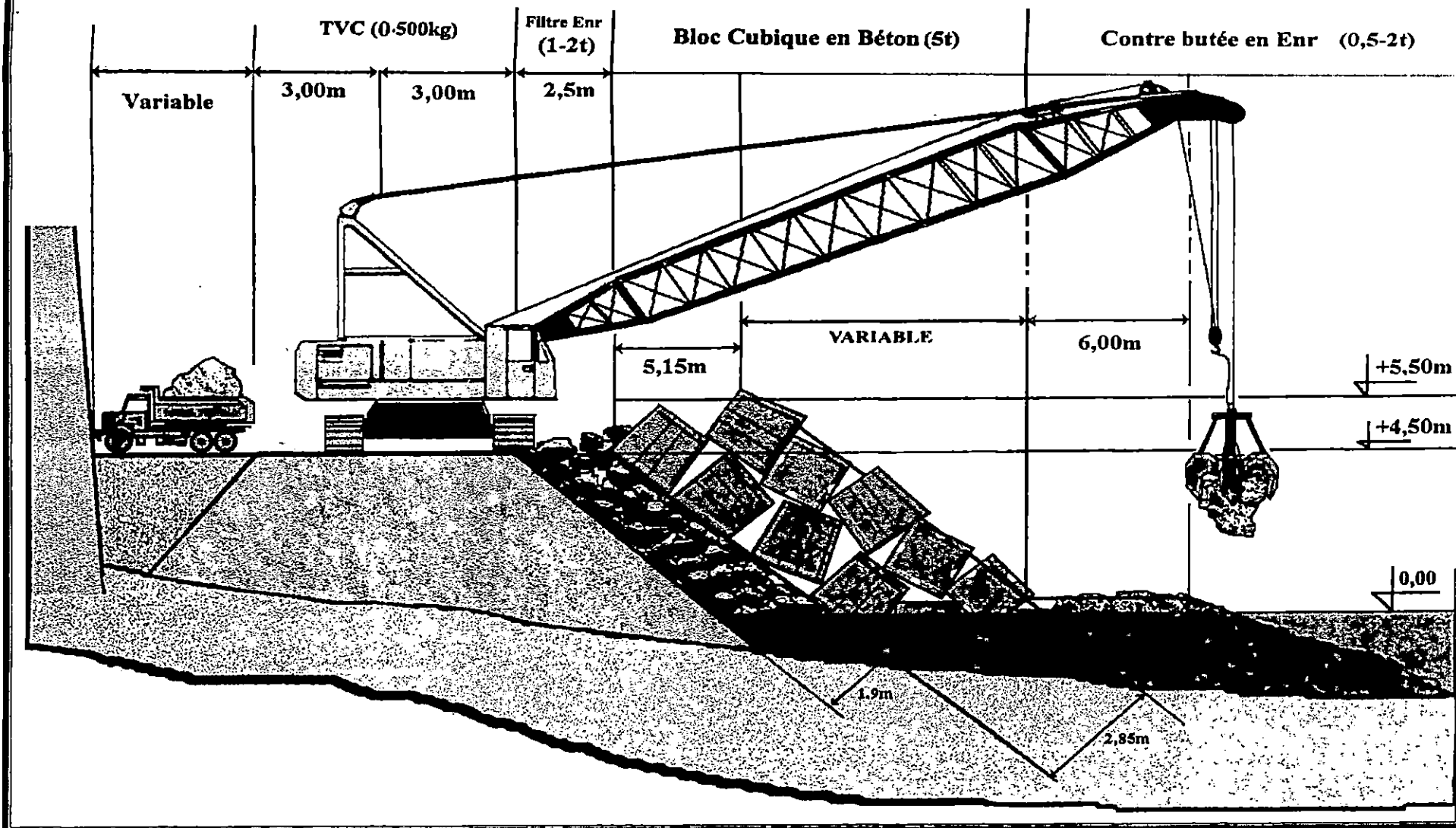


FIG. N° 21: MISE EN PLACE DE LA CONTRE BUTEE



4-4 Fabrication des blocs artificiels en béton :

4-4-1 Généralités :

Le choix, puis la détermination des différents composants du béton constituent une étape essentielle permettant d'obtenir un ouvrage de qualité.

Les recherches nécessaires pour définir le béton comme matériau de construction des ouvrages de protection en mer portant notamment sur :

- la densité
- la résistance à la compression
- La résistance aux gèles
- résistance aux eaux agressives.

4-4-2 Etude de la composition du béton :

Pour la classification du béton, il existe trois catégories :

- béton N° 1
- béton N° 2 celui-ci est utilisé dans la fabrication des BCR de 5t
- béton N° 3

* Etude de la composition du béton N° 2 est mentionné dans le tableau suivant :

Tableau N°19 : Description de la 2^{ème} catégorie du béton

Désignation du béton	Dosage théorique en ciment (kg/m ³)	Diamètre max. des granulats (mm)	Coefficient eau/ciment (E/c) maximum	Résistance normale à la compression (bars)		Densité (t/m ³)	Utilisation
				07 jours	28 jours		
N° 2	300	64	< 0,55	190	265	2,4	béton pour blocs cubiques rainurés

Source : visite au niveau de laboratoire du chantier

La formulation pour 1m^3 de béton est la suivante :

- gravier 15/25 : 663 Kg/m^3
- gravier 8/5 : $3/2\text{ Kg/m}^3$
- gravier 3/8 : 275 Kg/m^3
- sable de Oureah 583 Kg/m^3

- ciment : 300 Kg/m^3

- eau de gâchage : $200\text{-}210\text{ L/m}^3$ (l'eau utilisée est celle de la localité de AIN BEIDA, la température ne devra pas dépasser 25 C°)

- la densité du béton frais : $2,4\text{t/m}^3$

* toutes les études et essais faits sur des éprouvettes de même nature (voir photo N° :8) et dans Et les mêmes conditions sont prescrites dans le cahier des prescriptions spéciales (C.P.S) pour l'exécution des essais de contrôle. (Voir: contrôle de qualité du béton).

4-4-3 Fabrication du béton : (Voir figure N°22 : Plan d'installation de la centrale à béton)

La fabrication du béton se fait par deux étapes :

- **La première étape :**

* **Stockage, dosage et malaxage des matériaux** : consiste à mélanger les granulats et le ciment au niveau de la centrale à béton, qui a une capacité de stockage de 70 tonnes de ciment en vrac.

- **La deuxième étape :**

* **Transport du béton frais**: deux camions malaxeurs transport le béton frais sur la zone de préfabrication et le déversant dans les coffrages métalliques de $2,1\text{m}^3$ soit 5t .

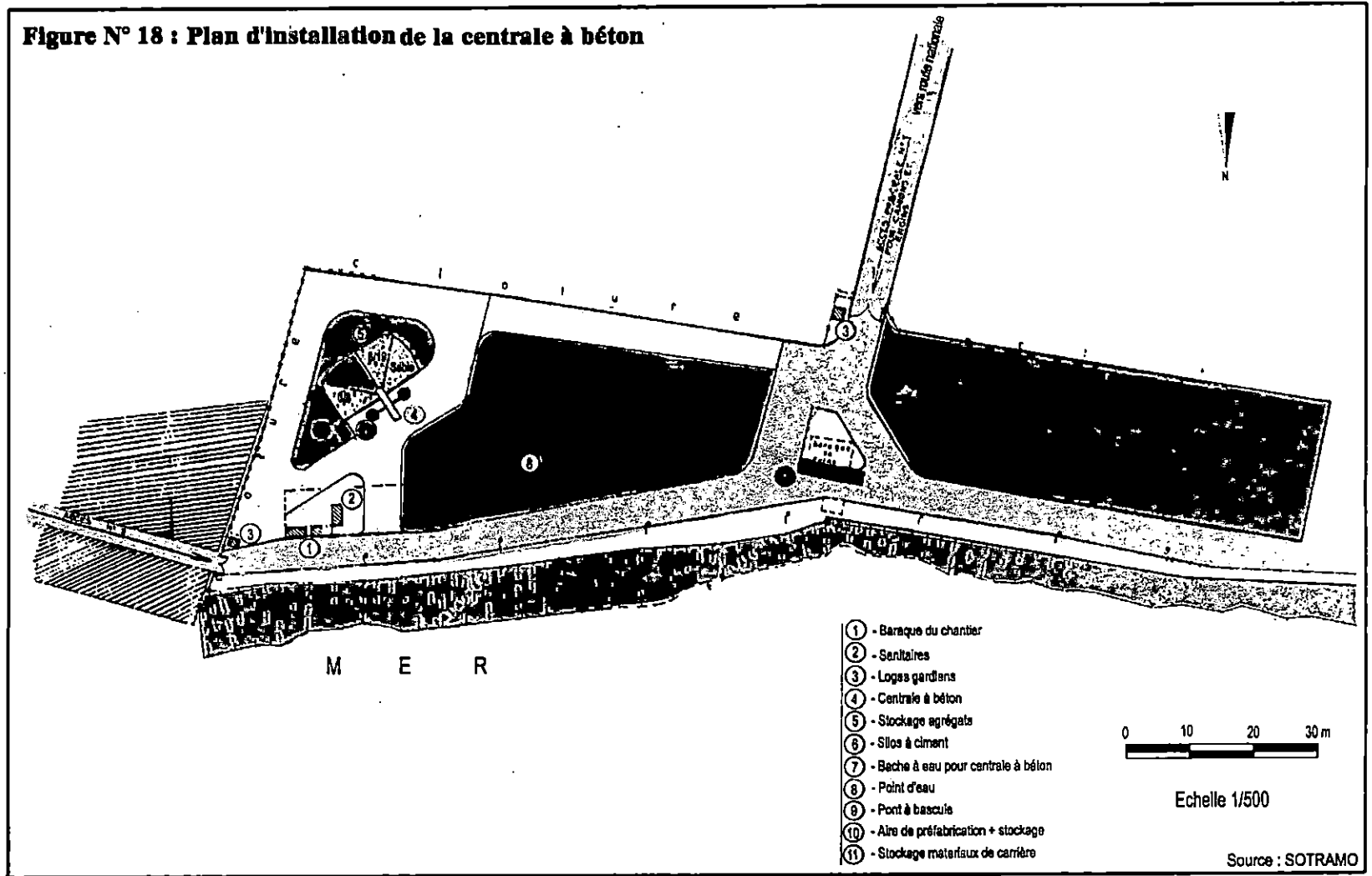
4-4-4 Mise en œuvre du béton (bétonnage) :

La bétonnière devra avoir une température de 35°c à l'intérieur.

Les camions malaxeurs déverseront, par tranches, le béton dans des coffrages (moules métalliques) pour obtenir la forme du bloc.

Le béton devra être exempt de toute ségrégation au moment de sa mise en place, et en contact parfait avec les parois des moules et avec les armatures sur toute leur surface.

Figure N° 18 : Plan d'installation de la centrale à béton



- ① - Baraque du chantier
- ② - Sentiers
- ③ - Loges gardiens
- ④ - Centrale à béton
- ⑤ - Stockage agrégats
- ⑥ - Silos à ciment
- ⑦ - Bêche à eau pour centrale à béton
- ⑧ - Point d'eau
- ⑨ - Port à bascuils
- ⑩ - Aire de préfabrication + stockage
- ⑪ - Stockage matériaux de carrière



Echelle 1/500

Source : SOTRAMO

* Vibration du béton :

Les appareils de vibration (pervibrateur) sont utilisés lors de chaque phase de bétonnage. L'épaisseur des couches à vibrer est d'environ quarante cinq (45) centimètres. S'il reste une couche de béton d'épaisseur inférieure ou égale à 30 cm pour remplir le moule, ce béton sera mis en place en une seule couche pour la vibration.

* Méthode de vibration du béton :

Cette méthode est effectuée par un pervibrateur qui possède trois (03) aiguilles de diamètre $\Phi = 60$ mm plongées verticalement, à intervalles réguliers, dans la couche inférieure du béton complété.

(Voir figure N°14)

La dernière étape consiste à enlever le coffrage, et nous avons enfin notre bloc prêt. (Voir album photo)

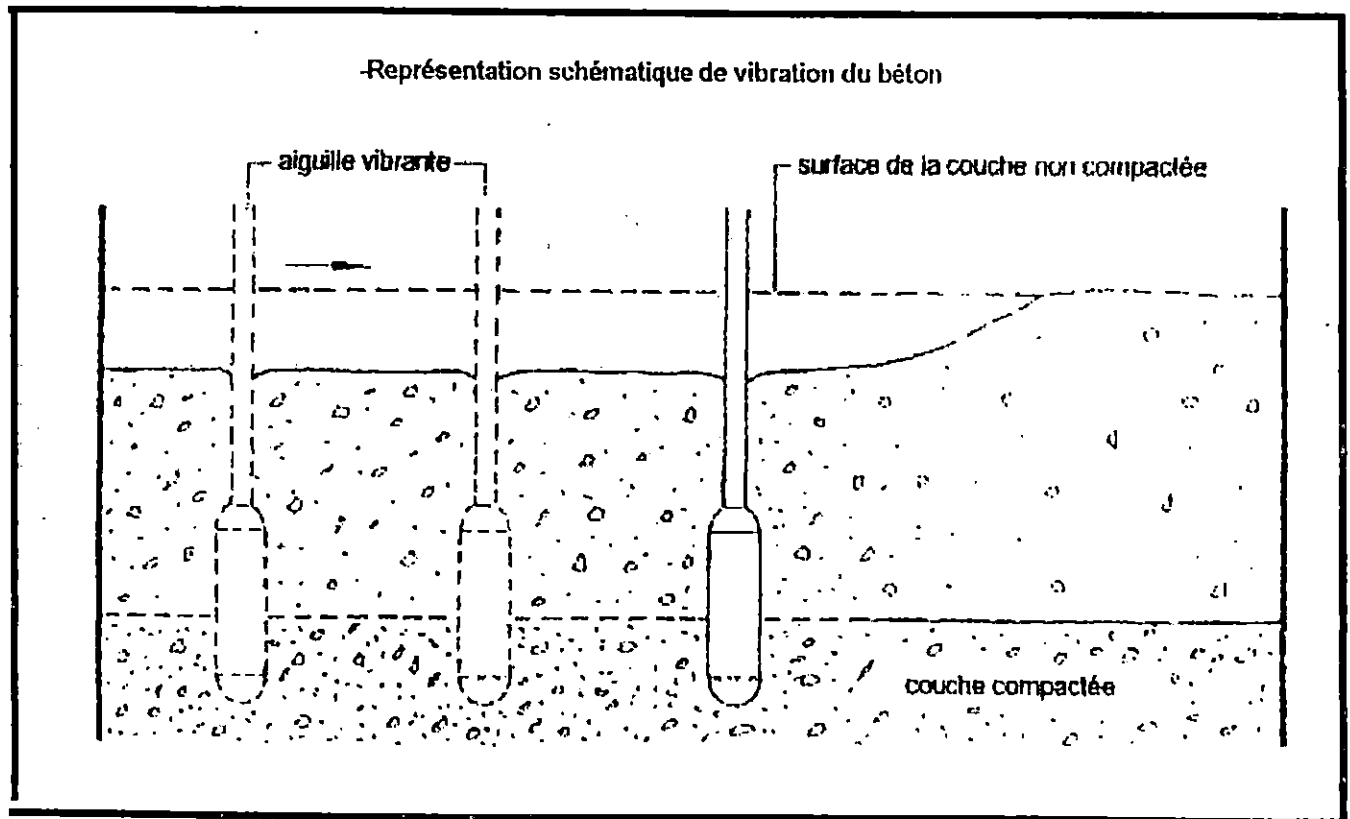


Figure N°23 : Représentation schématique de vibration du béton

Note : la densité du béton frais = $2.400 \text{ Kg/m}^3 = 2,4 \text{ t/m}^3$.

Cette formulation peut être modifiée au cours des travaux et cela par rapport au climat (chaud ou froid) pendant la journée des travaux de fabrication.

Dans le chantier de notre site, lorsque la température maximale de l'air dépasse 35°C (température mesurée dans la bétonnière), les bétonnages auront lieu de nuit

4-4-5 Contrôle de la qualité du béton :

Le contrôle de la qualité du béton est effectué suivant les dispositions ci après :

- a – Contrôle d'affaissement : mesuré au moyen du cône d'Abrams. (Voir album photo)
- b – Résistance à la compression : à sept (07) jours et vingt huit (28) jours mesurée sur Eprouvettes.

a) Contrôle d'affaissement :

L'essai d'affaissement permet de mesurer la consistance (maniabilité) du béton. Plus l'affaissement est grand, plus le mélange contient de l'eau.

Cet essai s'effectue à l'aide d'un cône en métal de 300 mm de hauteur (cône d'abrahms). Le technicien remplit le cône en trois couches ayant à peu près le même volume. Chaque couche est pilonnée 25 fois. Après le pilonnage et l'arasement de la dernière couche, le cône est soulevé lentement alors que le béton demeure en place ou s'affaisse à une nouvelle hauteur. Le cône vide est placé à proximité du béton.

L'affaissement est la différence entre la hauteur du cône et la hauteur du béton affaissé (l'affaissement est compris entre 2 cm et 6 cm).

b) contrôle de la résistance à la compression :

Le béton constitutif des éprouvettes (métalliques d'une forme cylindrique) est prélevé soit à la sortie des machines de fabrication du béton, soit après transport de ce dernier au lieu même de son emploi.

Les éprouvettes sont marquées au moment de leur bétonnage et à tout prélèvement fait sous surveillance ou contrôle.

Une période comprise entre douze (12) et vingt quatre (24) heures après leur coulée, les éprouvettes sont conservées dans leurs moules à une température de 20 c°, ensuite entreposées dans un bassin d'eau d'une température comprise entre 18 c° et 21c°

Un système de régulation thermique et un thermomètre enregistreur permettront le contrôle de la température.

Après démoulage, on prépare les éprouvettes au moyen d'un surfaçage au soufre liquide pour obtenir une surface plane (régulière) pour les essais d'écrasement du béton.

- A 7 jours : 190 bars
- A 28 jours : 265 bars

NB : la résistance minimale à l'écrasement sur cylindre d'au moins 190 bars à 7 jours et 265 bars à 28 jours avec une tolérance de plus ou moins 15% selon le procès verbal de la réunion du 05/03/2002.

- A 7 jours : 173 bars
- A 28 jours : 235 bars.

*Le matériel existant sur chantier pour la fabrication du béton est :

- 01 centrale à béton
- 01 citerne d'approvisionnement d'eau.
- 02 camions malaxeurs
- 01 compresseur à air (07bars)
- 01 groupe électrogène
- 03 aiguilles vibrantes de Φ 60mm
- 2,1 m3 (5 t) de coffrages métalliques

4-5 : Stockage des BCR : (voir photo N°11)

Le stockage des blocs cubiques rainurés (B.C.R) se trouve sur le site, et plus précisément sur la falaise. Cet endroit présente un avantage au vu de la proximité du lieu d'utilisation, mais il présente des risques sur cette falaise à cause du poids et quantités importants des B.C.R de (9t pour le projet de AIN TAYA et 5 t pour le projet de AIN BEIDA), ainsi que la durée de stockage.



Photo N°11 : Pont bascule pour pesage des B.C.R

*** Remarque :**

Au cas où la durée du stockage des matériaux été assez longue ou égale à la durée normale de conservation, de nouveaux essais pourraient être prescrits avant leur emploi.

Les matériaux sur chantier sont nettement séparés suivant leur nature, leur qualité et leur dimension.

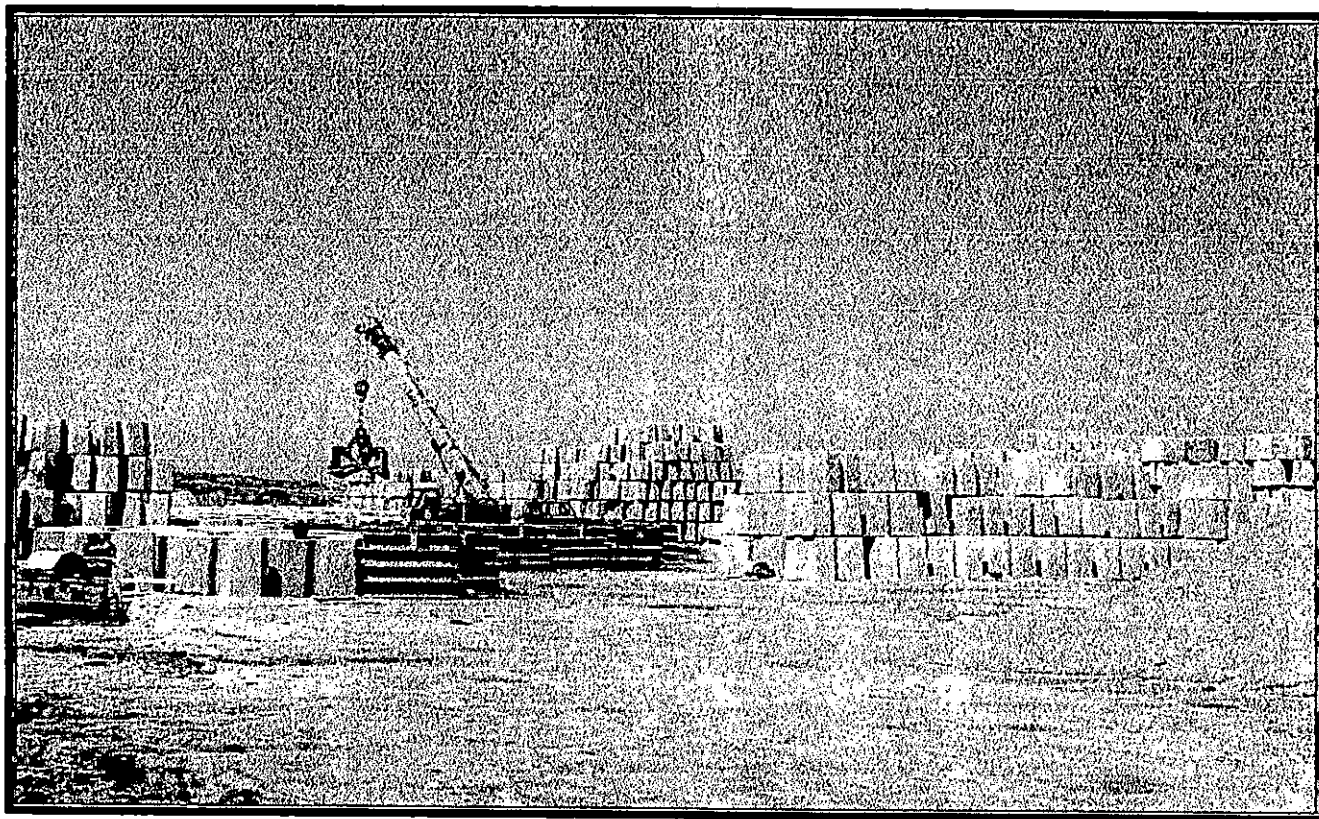


Photo N°12 : Stockage des BCR.

*** Suivi sur chantier :**

Le suivi se fait chaque jour. Tous les travaux effectués par jour sont mentionnés dans le cahier de chantier spécialement réservé au CTH (contrôle technique hydraulique). Un autre cahier pour le suivi de la préfabrication des B.C.R réservé au L.C.T.P (laboratoire du contrôle des travaux publics).

4-6 : Moyens humains :

- Des cadres techniques expérimentés et compétents ainsi que des conducteurs chefs de chantier et chefs d'équipe capables de diriger et de surveiller les travaux qui leur sont confiés.
- Des ouvriers qualifiés et des manœuvres nécessaires à la bonne exécution des travaux dans les délais prescrits.

CINQUIEME CHAPITRE

Etude d'impact sur l'environnement

5-1 Introduction :

L'étude d'impact sur l'environnement analyse et interprète, sur la base de connaissances et de données scientifiques, les résultats négatifs ou positifs d'une action humaine dans un milieu naturel, et précise sa durée.

5-2 Description du projet :

Le projet d'aménagement est un ouvrage longitudinal (ou de protection frontale) destiné à soustraire le haut de la plage à l'action de la houle.

L'exécution du projet comprend :

- L'aménagement du site nécessaire à l'implantation des installations du chantier
- Le levé topo bathymétrique.
- Les terrassements.
- La fourniture et la mise en place des matériaux de carrière.
- La fourniture des agrégats pour la fabrication des bétons.
- La fabrication et la mise en œuvre des bétons pour les blocs cubiques rainurés (B.C.R)
- La mise en place des blocs cubiques rainurés (B.C.R).

La longueur à protéger est de 390 m environ (voir les détails dans le chapitre III : description des travaux d'aménagement).

5-3 Analyse de l'état initial du site :

La falaise de AIN BEIDA (ex. SUFFREN) subie une érosion intense car au pied de cette falaise, les marnes soumises à l'action répétée de la mer sont l'objet d'une alternance accélérée qui engendre des effondrements fréquents avec une progression importante du domaine maritime sur la terre .

L'état initial de l'environnement de la zone d'étude est alarmante et risque de s'aggraver davantage si des mesures de protection ne sont pas prises dans les délais.

La situation inquiétante de dégradation continue de cet espace stratégique a donné lieu à une réaction forte du gouvernement. A cet égard, la loi n° 02-02 du 05 Janvier 2002, relative à la protection et à la valorisation du littoral constitue l'instrument privilégié de mise en œuvre du programme politique national de sauvegarde et de valorisation rationnelle de l'espace côtier et ses ressources.

Les principes fondamentaux de ladite loi sont :

- Les actions du développement qui doivent s'effectuer dans le cadre de la politique nationale d'aménagement du territoire et de la protection de l'environnement.
- L'orientation de l'extension des centres urbains existants vers les zones éloignées du littoral.
- Le développement et la promotion des activités sur le littoral doivent se conformer à une occupation économique de l'espace et à la non détérioration du milieu environnemental.

La connaissance de certains paramètres liés au milieu physique naturel et humain est fondamentale pour la détermination future de certains impacts.

a) Données météorologiques et océanographiques :

Les houles, par l'énergie qu'elles dissipent à l'approche de la côte et suivant la direction de leur attaque vis-à-vis du rivage, provoquent des transites perpendiculaires, soit des transites parallèles à la plage. Les houles et les vagues, provoquées par l'action du vent qui vient de secteur Nord Nord-Est, Ouest-nord-ouest, attaquent les hauts de plages provoquant une déstabilisation et une érosion intense de la falaise.

b) La nature du fond :

Le fond marin de notre zone d'étude d'Ain Beida est caractérisé par un plateau généralement rocheux, parfois sableux dans certains endroits, avec de faibles profondeurs.

c) Détermination de l'état de pollution :

La concentration de l'habitat, l'occupation anarchique du territoire et l'absence de gestion dans l'aménagement de la zone d'étude ont entraîné :

- une pollution marine d'origine organique ou bactérienne causée par le rejet des eaux usées au niveau de AIN BEIDA avec un débit plu ou moins important (voir photo N°13) et deux rejets au niveau de AIN TAYA, déversés directement dans la mer sans traitement.

- Une pollution par les déchets solides.



Photo N°13 : pollution par les déchets solides

5-4 Simulation de quelques impacts sur l'environnement dans le cas de la réalisation du projet :

a- Pendant la période de chantier :

Les impacts issus de la période de réalisation du projet de protection du rivage de AIN BEIDA sont :

- L'augmentation des matières en suspension et donc de la turbidité des eaux dans tout le voisinage du site, lors des opérations de mise en place des matériaux (B.C.R, enrochements, tout-venant).
- Les besoins d'entretien des engins et d'autres équipements de chantier polluant les eaux de surface (fuites au remplissage, nettoyage,)
- Le cadre de vie perturbé dans tout le voisinage du chantier (bruits dus à la circulation des engins, Poussière, ...).

b- Après la réalisation de projet :

Après l'achèvement des travaux de protection, les impacts sur l'environnement sont :

• Sur le milieu physique :

Le principal problème posé par la modification de la dynamique sédimentaire est le départ et l'accumulation des sédiments le long du rivage, ainsi que la modification de l'agitation de la mer et la direction des courants marins littoraux.

• Sur le milieu biologique :

***Comme impact direct :**

- La disparition de peuplement animal et végétal par la réduction de la biomasse locale (par exemple destruction des herbiers et des algues).
Les enrochements et les blocs constituant la carapace créent des effets de récifs artificiels susceptibles de favoriser le développement et l'apparition de nouvelles espèces «cours d'aménagement 5^{ème} année, LARID M^{ed} ».
- Une pollution par les déchets solides (voir photo N°12)

***Comme impact indirect :**

Les modifications des échanges et des flux hydrodynamiques en qualité et en quantité peuvent engendrer des transformations des paramètres écologiques.

5 – 5 Les mesures à prendre :

a – Lutte contre la pollution par les déchets solides :

La pollution par les déchets solides à AIN BEIDA (ex-SUFFREN) ne connaît aucun problème de pollution important car il existe des systèmes d'évacuation journalière de manière appropriée des ordures déversées dans des bancs vers une décharge contrôlée, d'après l'application et la mise en œuvre de la loi n° 1 du 12 décembre 2001 relative au gestion, contrôle et l'élimination des déchets solides.

B – Lutte contre la pollution par les eaux usées :

Actuellement, les eaux usées domestiques sont déversées directement en mer et sans traitement au niveau de AIN BEIDA.

Afin d'atténuer cette pollution, un certain nombre d'aménagements doivent être réalisés à court, moyen, et long terme. Il y a lieu de prévoir:

* La mise en service d'une station de relevage pour acheminer les eaux usées vers la station d'épuration de REGHAIA.

* L'entretien des fosses septiques par le service d'hygiène de la APC et garantir leur utilisation dans un cadre réglementaire à moyen et long terme.

* la mise en service des différentes stations de relevage située à AIN BEIDA.

5-6 Conclusion sur l'étude d'impact :

A partir de cette étude d'impact sur l'environnement, on peut conclure que les travaux d'aménagement de protection du rivage de AIN BEIDA n'ont pas vraiment d'impact négatif sur l'environnement, vu le caractère rocheux du fond marin, la bonne qualité des matériaux utilisés, l'absence de plage en pied de cette falaise et leur morphologie.

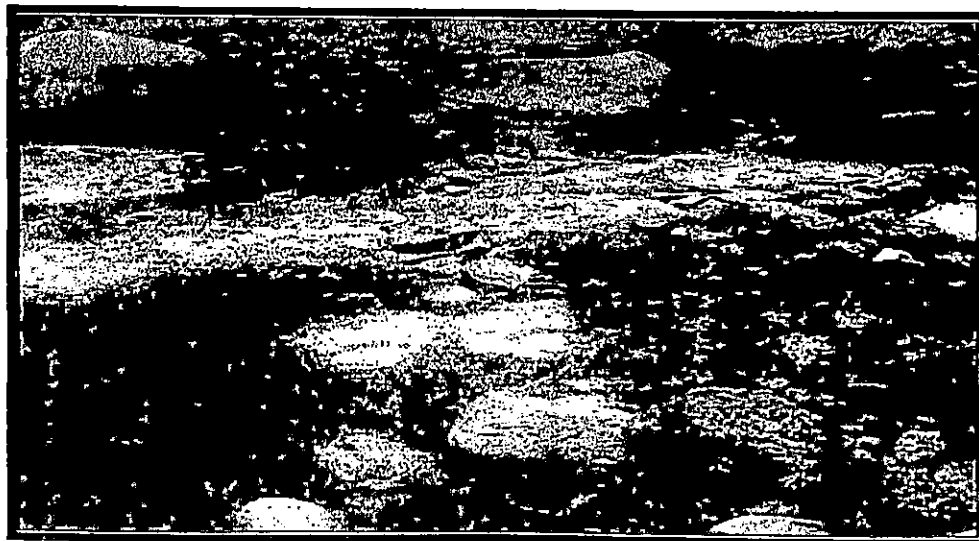


Photo N°14 : L'apparition des algues par l'effet des rejets

**LA VARIANTE
PROPOSEE**

****Les avantages d'un géo tube :**

Les avantages d'un géo tube sont :

-L'absence d'impact sur l'environnement

-Le géo tube est fabriqué à partir d'un géotextile haute densité, sa durée de vie est estimée à 100 ans.

-Délai de pose réduit

-Coût au m³ de l'ordre de 1500 DA/m³ (fourni et mis en place)

-Coût est 4 fois moins chère que la fourniture, transport, fabrication des matériaux blocs cubiques rainurés (BCR) et le tout venant de carrière (TVC)

Pour stabiliser le haut des falaises de l'érosion par les eaux pluviales, il faut mettre un système d'évacuation de ces eaux pour diminuer la stagnation des eaux sur la surface en l'évacuant en mer, ainsi le boisement (Cyprés, pin maritime) amant de la falaise constitue une défense contre l'érosion, car la vitesse de reconstitution naturelle pourrait être particulièrement lente, comme il joue un rôle de coupe-vent et de stabilisateur de sable. De plus la végétation présente l'avantage de diminuer par évaporation le volume d'eau souterraine.

****Conclusion :**

Le site de AIN BEIDA ne présente pas de plage au pied de la falaise, la protection du site ne justifie pas l'aménagement artificiel. La seule solution qui semble vraisemblable est une solution frontale.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

L'ensemble des côtes du littoral Algérien présente des formes d'érosion liées à l'action marine et anthropique. Par endroits, se dressent des falaises vives avec risques d'affaissement ; Par conséquent, celui-ci doit, nécessairement, faire l'objet de mesures de protection.

C'est le cas de notre zone d'étude de AIN BEIDA (ex-SUFFREN) qui est soumise au travail de la houle de directions nord-est, nord et nord-ouest, dont la hauteur significative est de 5,30m et une période de retour de 50ans.

Le marché, objet du projet de protection du site de AIN BEIDA, a été conclu entre la direction des travaux publics (DTP) de wilaya d'Alger et le groupement d'entreprises constitué par deux entreprises nationales de réalisation en travaux maritimes suivantes :

-**SOTRAMO** : société des travaux maritimes de l'ouest pour la fabrication et mise en place des B.C.R (bloques cubiques rainurées) et du béton de couronnement.

-**AL.D.I.P.H** : algérienne de dragage des infrastructures portuaires et hydrauliques : pour le transport et la mise en place des matériaux (T.V.C, enrochements)

Les travaux de protection ont débuté le **07 Avril 2003** (date de ODS) avec un délai de réalisation de quatorze (14) mois

Le pré dimensionnement des ouvrages que j'ai vérifié à l'aide des formules empiriques (HUDSON, VAN DER MEER) classique comporte les résultats au modèle réduit physique du SOGREA.H.

La méthodologie de réalisation des travaux ainsi que le suivi et le contrôle d'exécution des travaux se déroulent selon les normes prescrites dans le cahier de prescriptions spéciales (C.P.S).

L'étude de la carrière d'AMMAL m'a permis de constater les paramètres physico-chimiques des matériaux utilisés qui sont de bonne qualité. la durée de vie de ces matériaux est de 12 ans. La capacité de production de cette carrière est de 880 000 t/an et permet de satisfaire les besoins du projet en enrochements et TVC.

L'étude d'impact sur l'environnement de la zone d'étude AIN BEIDA a pour objet de faire apparaître les différentes conséquences positives ou négatives que l'ouvrage peut engendrer durant et après la période du chantier (le transit sédimentaire, l'impact social, l'érosion des plages avoisinantes)

A la fin de ce mémoire, j'ai proposé une variante de protection par le géo tube. Cette variante présente l'avantage d'être légère et rapide à réaliser et est peu coûteuse, esthétique et présente peu d'impacts négatifs sur l'environnement.

Au cours de l'étude, le suivi du projet de protection du site de AIN BEIDA m'a permis d'approfondir mes connaissances sur la méthodologie d'exécution des travaux de protection de rivages et sur le pré dimensionnement des ouvrages de protection (digue à talus).

REFERENCES

REFERENCES

- *1- FRANK LEVOY et CLAUDE LARSONNEUR (1992) : notice d'impact en vue de travaux de protection contre la mer (guide méthodologique).
- *2- J.FEUILLET Y.COEFFE (1987) , J.BERNIER B.CHALOIN Le dimensionnement des digues à talus, 5^{ème} édition EYROLLES-Paris (1987).
- *3- VAN DER MEER (1990): Stabilité statique et dynamique des matériaux non cohérents sous l'action de la houle, édition intitulé «COASTAL PROTECTION » traduit de l'Anglais par l'ingénieur M.AMARI (LEM).
- *4- J.CHAPON (1984) : Travaux maritimes 5^{ème} édition EYROLLES Paris (1984) tome 2
- *5- Presse de l'école nationale des ponts et chaussés : Projet national Bacara, 1988-1996, le béton compacté au rouleau.
- *6- MOHAMED LARID (2003) : Approche méthodologique pour les études sur l'environnement.
- *7 – R-BONFILLE (1992): Cours hydraulique maritime.
- *8- ABDI et KHELIFI (2003) : Travaux d'Aménagement du Port de Pêche et de Plaisance d'EL-Djamila
- *9- BAUCHE MOUNIRA, MOUHOUBE LILA (2003) : évolution dynamique du littoral Est Algérois et proposition d'aménagement
-Bordj El Bahri
- Ain-Taya.
- *10- (2002) : Travaux de confortement de la jetée KHEIREDDINE sur 600M Et de son musoir définitif au port d'Alger.
- *11- HADAD et MOULOUDI (2003): Travaux d'Aménagement du Port de Pêche et de Plaisance de Tizirt

Rapport : sources d'informations

a- Laboratoire d'Etude Maritime LEM.

- Rapport de synthèse SOGREA.H.
- APS (Avant projet Sommaire).
- APD (Avant Projet Détaillé).

b- DTP W. d'Alger : (Direction des Travaux Publiques de la wilaya d'Alger)

- CPS (Cahier de Prescription Spéciales).

c- Inspection de l'environnement d'Alger

d- L'Agence Nationale de l'Aménagement du territoire (ANAT).

e- L'Office National de la Météorologie (O.N.M)

f- L'Office National de la Géologie (O.N.G).

ANNEXE

ALBUM PHOTOS



Photo N°1 : Mise en place des BCR avec une pincette

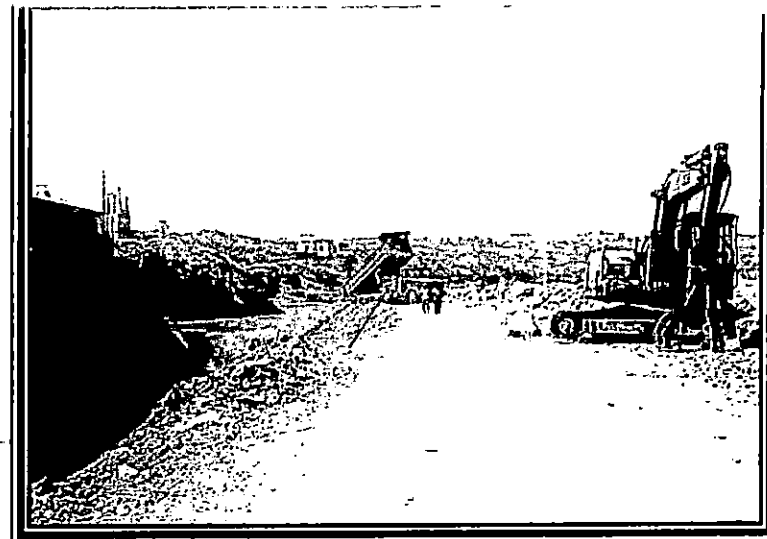


Photo N° 2 : Mise en place du TVC par voie terrestre au moyen d'un Camions



Photo N° 3 : Protection en enrochements naturels

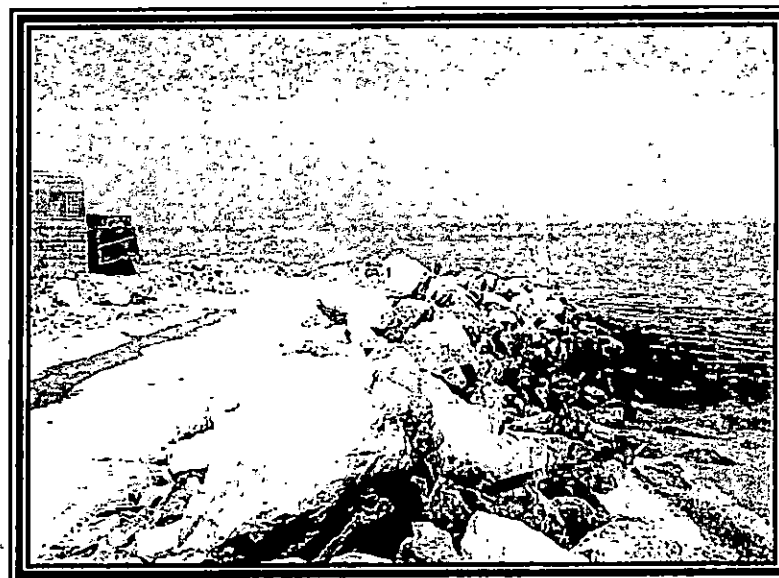


Photo N°4 : Accumulations du sable au pied de l'ouvrage

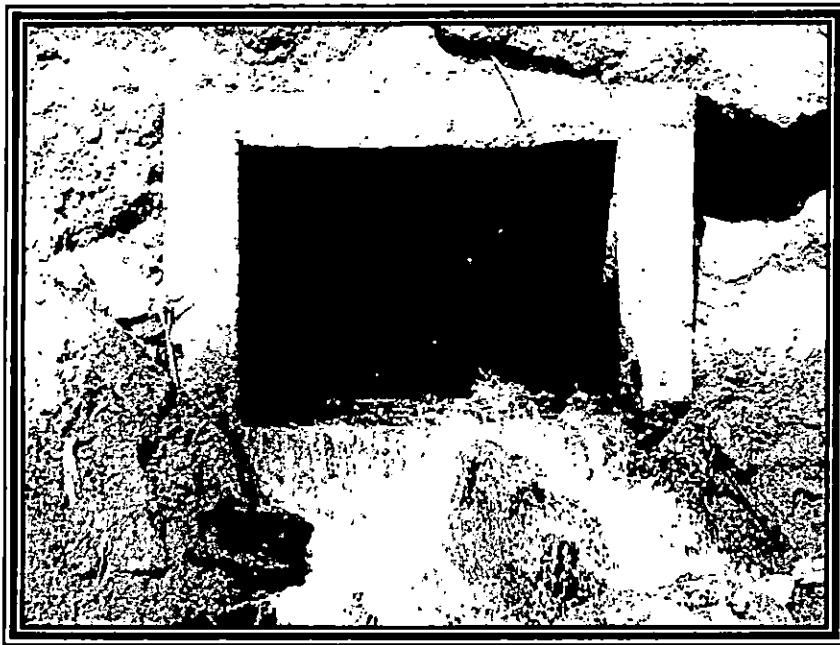


Photo N°5 : Rejet de Ain Beida

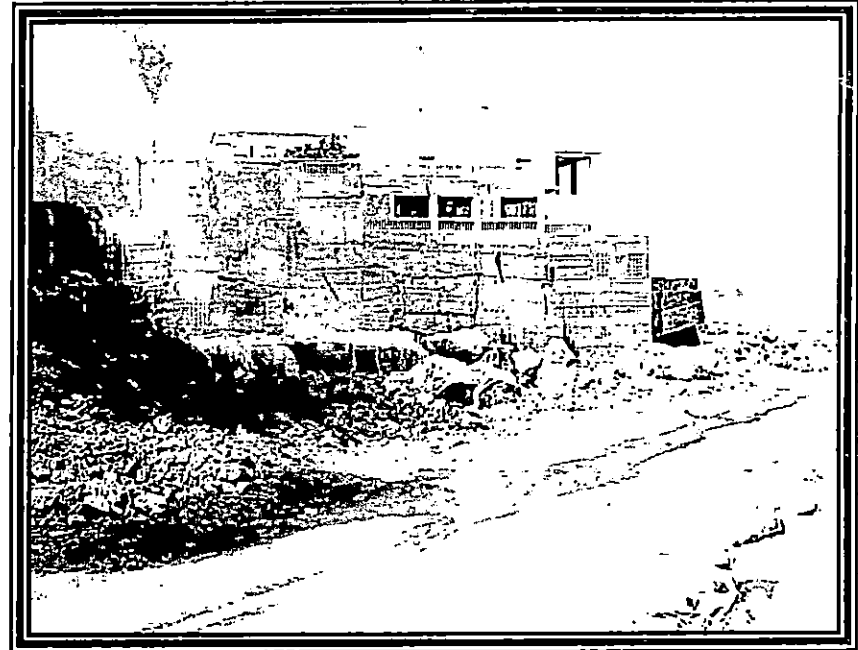


Photo N° 6 : Début de déversement des eaux usées

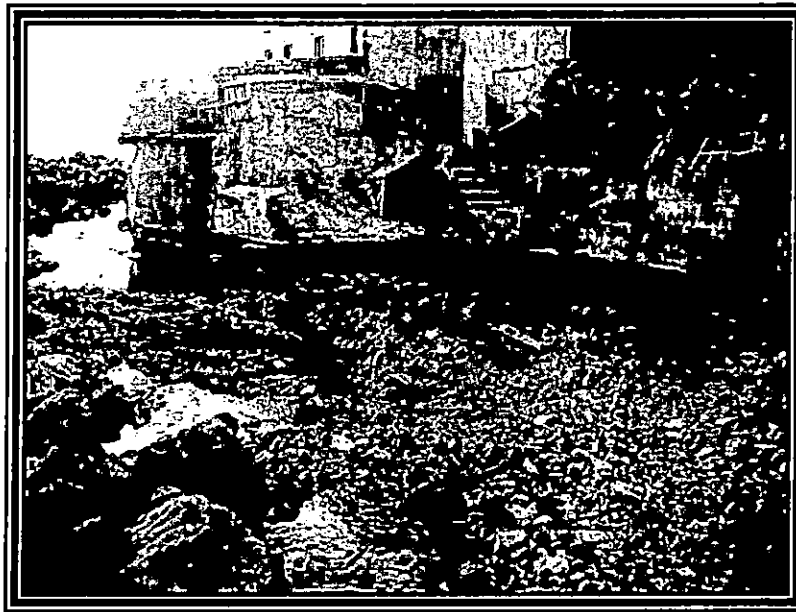


Photo N° 7 : Déversement d'eau usée directement sur le TVC



Photo N° 8 : Protection par un mur du béton

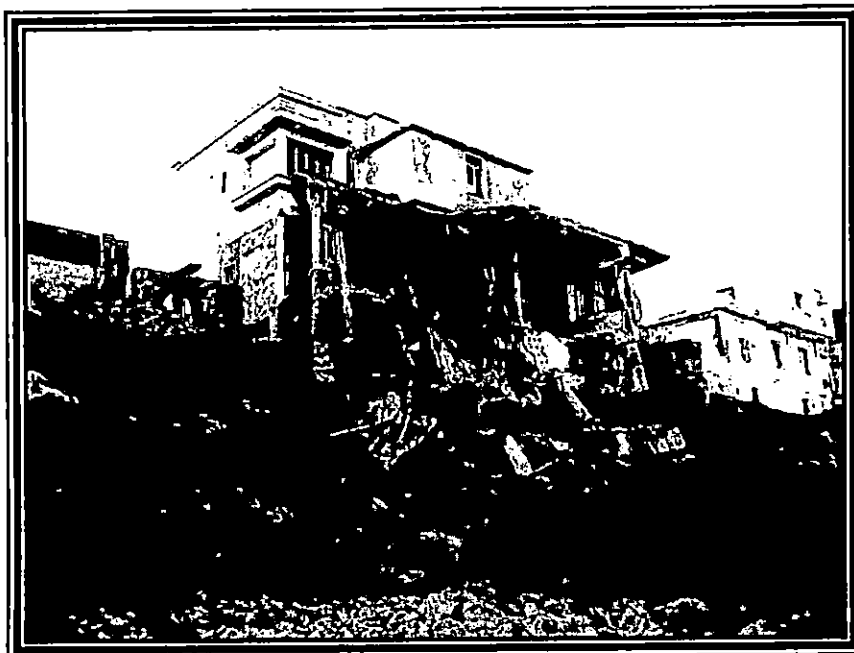


Photo N° 9 : Effondrement des habitations sous l'effet de la mer et du séisme

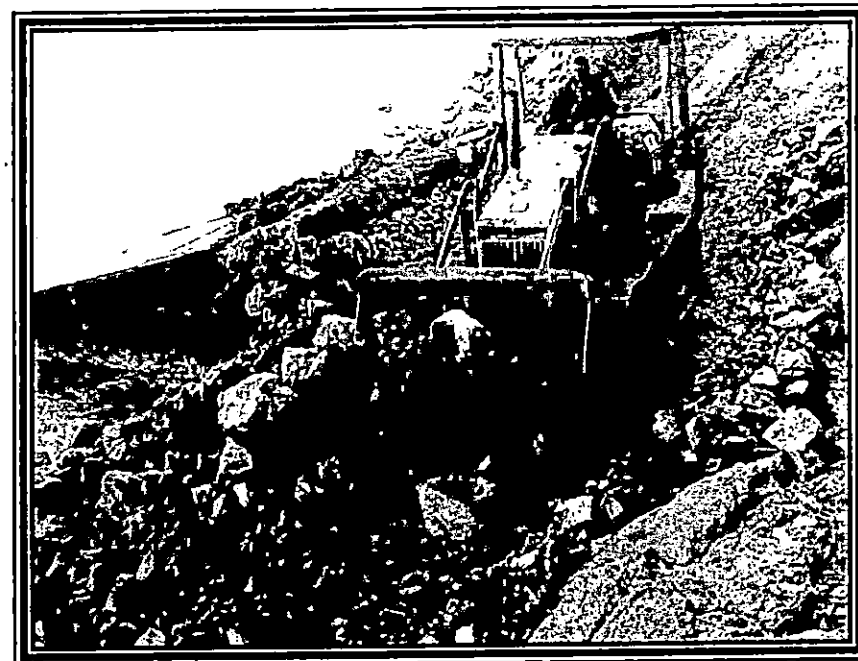


Photo N° 10 : Etalement de TVC par un Bulldozer

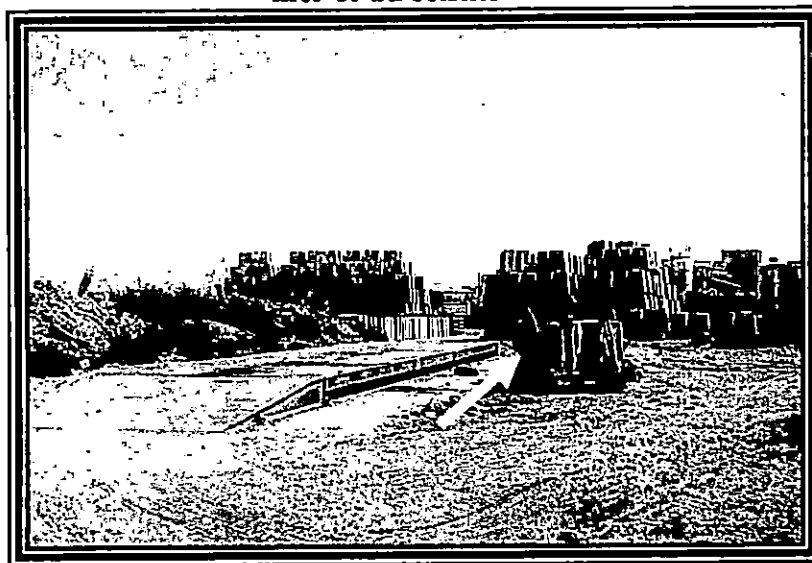


Photo N° 11 : La pince des BCR

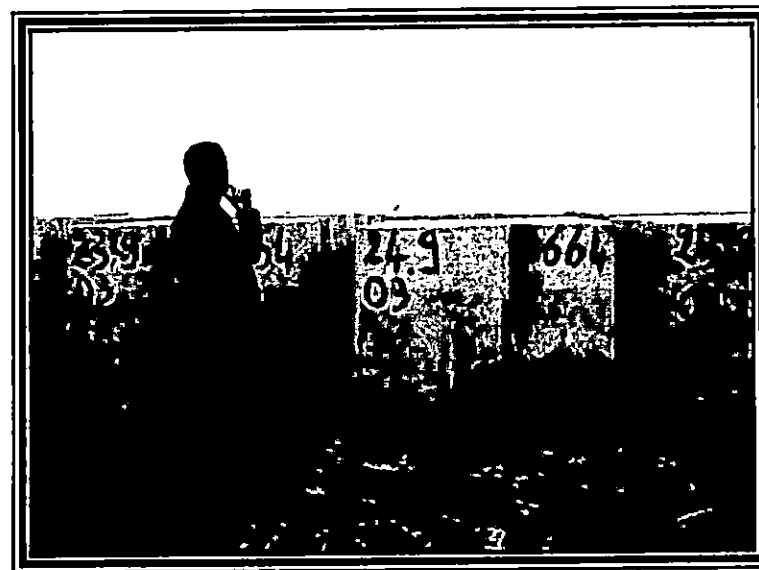


Photo N° 12 : Numérotation et date de fabrication des BCR

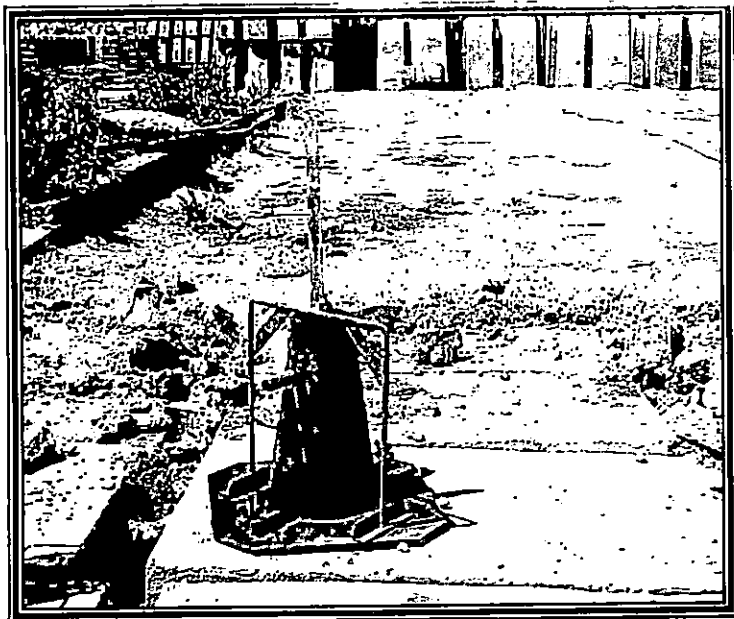


Photo N° 13 : Cône d'Abrams (Les essais d'affaissement)

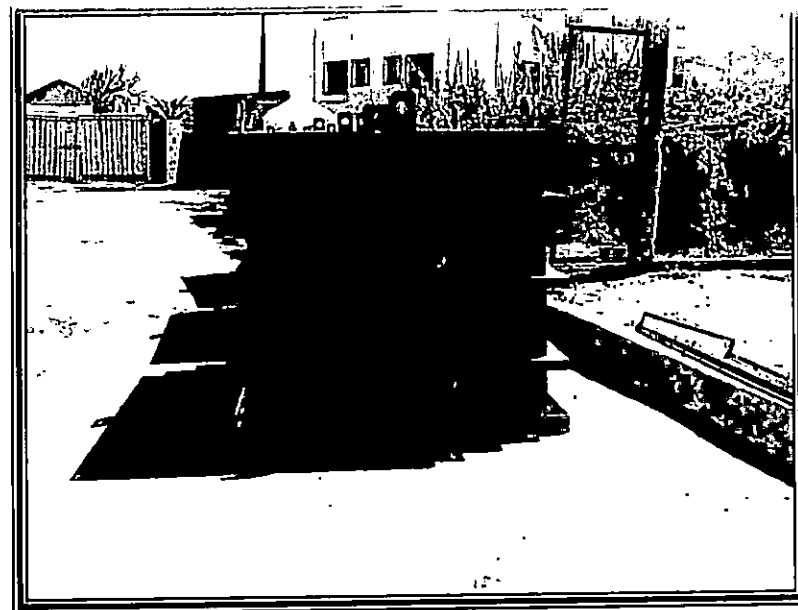


Photo N° 14 : Coffrage des BCR

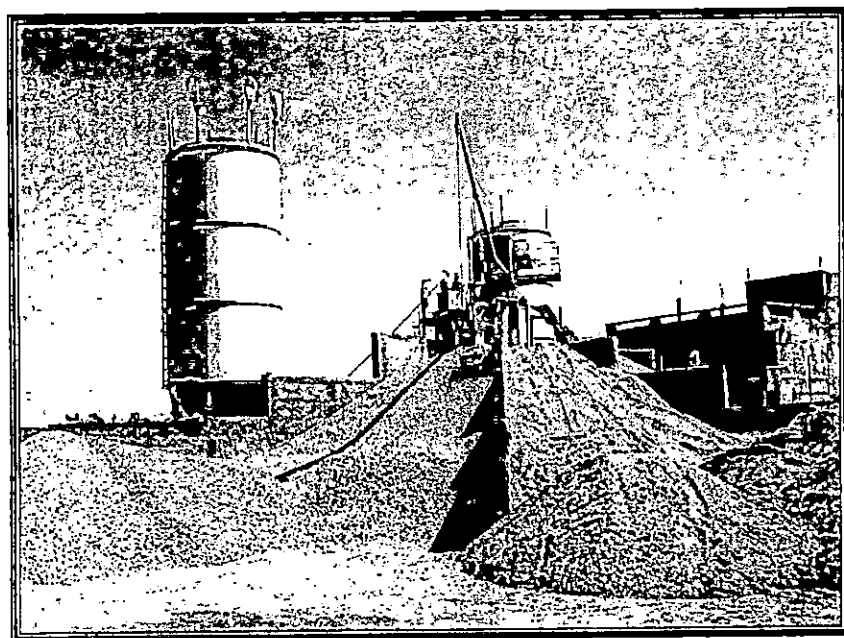


Photo N° 15 : La centrale à béton

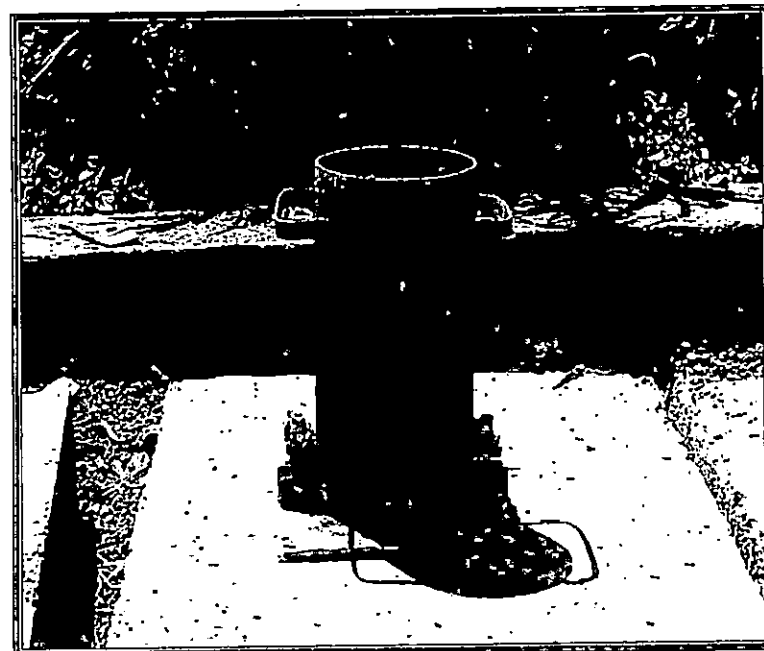


Photo N°16 : Éprouvette pour les essais d'écrasement

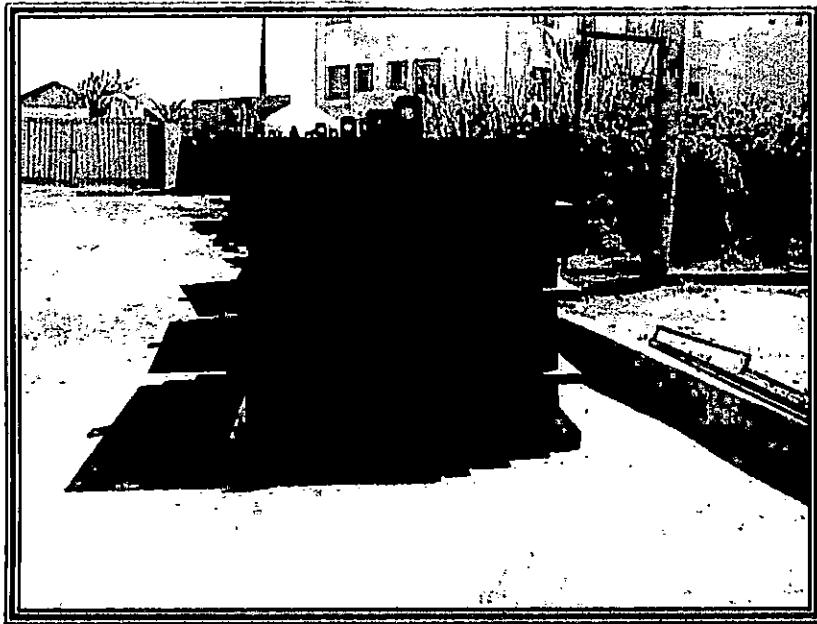


Photo N° 17 : Coffrage des B.C.R

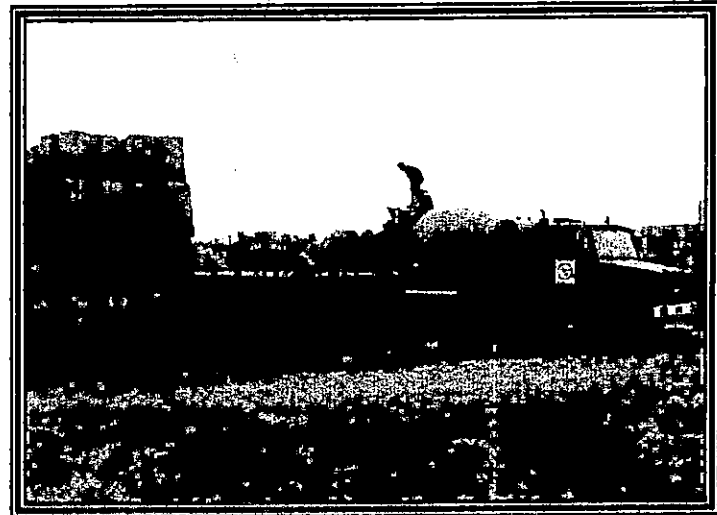
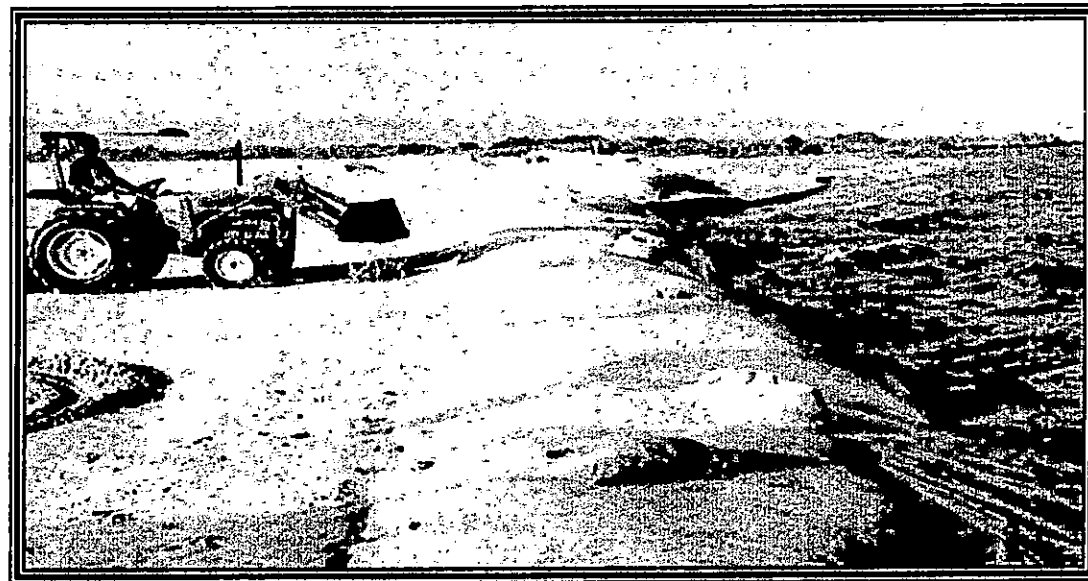


Photo N° 18 : Déversement du béton dan des coffrages



Photos N° 19: Système de protection par un géotube blanc

Tableau N° 12 : Formule de calcul du poids des blocs de la carapace d'une digue à talus

Pays Auteurs et références	FORMULES GENERALES	FIGURE	
		Applications numériques	$f(\alpha) = \frac{W \left(\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1 \right)^3}{H^3 \cdot \rho_s}$
Espagne :			
Castro (1)	$W = \frac{0.704}{(\cotg \alpha + 1)^2 \cdot \sqrt{\cotg \alpha - \frac{2}{\rho_s}}} \cdot \frac{H^3 \cdot \rho_s}{\left(\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1 \right)^3}$	$\rho_s = 2.65$	$\frac{0.704}{(\cotg \alpha + 1)^2 \cdot \sqrt{\cotg \alpha - 0.7}}$
Iribarren * (2) (3) (4)	$W = \frac{K}{(\cos \alpha - \sin \alpha)^3} \cdot \frac{H^3 \cdot \rho_s}{\left(\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1 \right)^3}$	$K = 0.023$ (pour $d \leq 0.06L$)	$\frac{0.023}{(\cos \alpha - \sin \alpha)^3}$
Iribarren ** (5)	$W = \frac{K}{(\mu \cos \alpha - \sin \alpha)^3} \cdot \frac{H^3 \cdot \rho_s}{\left(\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1 \right)^3}$	$K = 0.43$ $\mu = 2.38$	$\frac{0.43}{(2.38 \cos \alpha - \sin \alpha)^3}$
Etats-Unis :			
Mathews (rapport non publié)	$W = \frac{0.0149}{(\cos \alpha - 0.75 \sin \alpha)^2} \cdot \frac{H^2 \cdot T \cdot \rho_s}{\left(\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1 \right)^3}$	$T = 2.5H$	$\frac{0.03725}{(\cos \alpha - 0.75 \sin \alpha)^2}$
Epstein and Tyrrel (6)	$W = \frac{K}{(\mu - \tg \alpha)^3} \cdot \frac{H^3 \cdot \rho_s}{\left(\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1 \right)^3}$ Avec $K = K(\alpha ; \mu ; d/L)$	—	—
Hickson and Rodolf (7)	$W = \frac{0.0162}{\tg^3 \left(45^\circ - \frac{\alpha}{2} \right)} \cdot \frac{H^2 \cdot T \cdot \rho_s}{\left(\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1 \right)^3}$	$T = 2.5H$	$\frac{0.0405}{\tg^3 \left(45^\circ - \frac{\alpha}{2} \right)}$
Hickson (8) (9)	$W = \frac{l}{K_D \cdot \cotg \alpha} \cdot \frac{H^3 \cdot \rho_s}{\left(\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1 \right)^3}$	$K_D = 3.2$ (pour 0-1 % dommage) $K_D = 15.9$ (pour 30-6 % dommage)	$\frac{1}{3.2 \cotg \alpha}$ $\frac{1}{15.9 \cotg \alpha}$
France :			
Larras (10)	$W = \frac{K \cdot \left[\frac{2\pi H}{L} \cdot \frac{1}{\sinh \frac{4\pi Z}{L}} \right]}{(\cos \alpha - \sin \alpha)^3} \cdot \frac{H^3 \cdot \rho_s}{\left(\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1 \right)^3}$	$K = 0.0152$ avec : $Z = \frac{H}{2}$	$\frac{0.0152}{(\cos \alpha - \sin \alpha)^3}$
Beaudevin (11)	$W = K \cdot K_s \left(\frac{1}{\cotg \alpha - 0.8} - 0.15 \right) \cdot \frac{H^3 \cdot \rho_s}{\left(\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1 \right)^3}$	et $\frac{H}{L} < \sim 0.1$ $K = 0.10$	$0.25 \left(\frac{1}{\cotg \alpha - 0.8} - 0.15 \right)$

Tableau N° 13 : Formule de calcul du poids des blocs de la carapace d'une digue à talus

Pays Auteurs et références	FORMULES GENERALES	FIGURE	
		Applications numériques	$f(\alpha) = \frac{W \left(\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1 \right)^3}{H^3 \cdot \rho_s}$
Suède :			
Hedar * (12)	$W = \frac{K}{(\cos \alpha - \sin \alpha)^3} \cdot \frac{H^3 \cdot \rho_s}{\left(\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1 \right)^3}$	K = 0,015	$\frac{0,015}{(\cos \alpha - \sin \alpha)^3}$
Hedar ** (13)	$W = \frac{K^3 \cdot K_1}{(\mu \cos \alpha - \sin \alpha)^3} \cdot \frac{H^3 \cdot \rho_s}{\left(\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1 \right)^3}$ avec : K1 = K2 (α : noyau de perméabilité) et α ≥ 15°	K = 0,1113.10 ³ μ = 1,11 noyau perméable : K1(15°) = 7,44 K1(20°) = 7,48 K1(25°) = 6,36 K1(30°) = 5,30 K1(35°) = 4,20 K1(40°) = 3,00 * K1(45°) = 1,40 * * extrapolation	$\frac{0,1113.10^3 \cdot K_1^3}{(1,11 \cos \alpha - \sin \alpha)^3}$
Norvège :			
Svee (14)	$W = \frac{K}{(\cos \alpha)^3} \cdot \frac{H^3 \cdot \rho_s}{\left(\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1 \right)^3}$	K=0,12	$\frac{0,12}{\cos^3 \alpha}$
URSS:			
SN-92-60 (15)	$W = \frac{K}{\sqrt{1 + \cot g^3 \alpha}} \cdot \frac{H^2 \cdot L \cdot \rho_s}{\left(\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1 \right)^3}$	K=0,025 L=20H	$\frac{0,5}{\sqrt{1 + \cot g^3 \alpha}}$
Rybtchevsky (16)	$W = \frac{K}{\cos^3 \alpha \sqrt{\cot g^3 \alpha}} \cdot \frac{H^2 \cdot L \cdot \rho_s}{\left(\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1 \right)^3}$	K=0,015 L=20H	$\frac{0,3}{\cos^3 \alpha \cdot \sqrt{\cot g^3 \alpha}}$
Metelicyna (17)	$W = \frac{K K_s}{\cos^3 (23^\circ + \alpha)} \cdot \frac{H^3 \cdot \rho_s}{\left(\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1 \right)^3}$	K=0,025 K _s =1,5	$\frac{0,0375}{\cos^3 \alpha (23 + \alpha)}$
Goldshtein et Kcnonenko (18)	$W = 0,3 K \cdot \text{tg}^{1,83} \alpha \cdot \frac{H^3 \cdot \rho_s}{\left(\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1 \right)^3}$	K=1,4 (pour : H < 5m)	$0,42 \text{tg}^{1,23} \alpha$