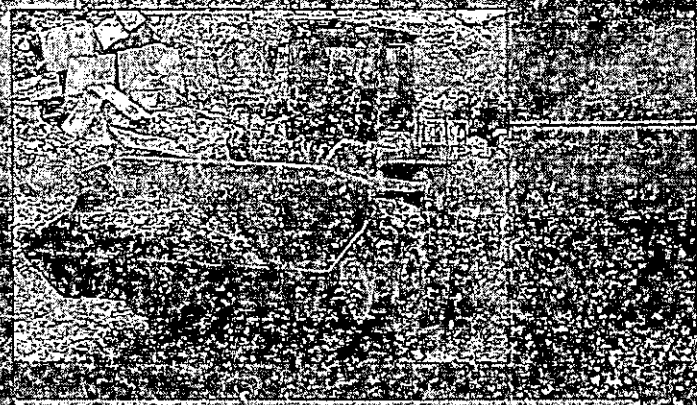
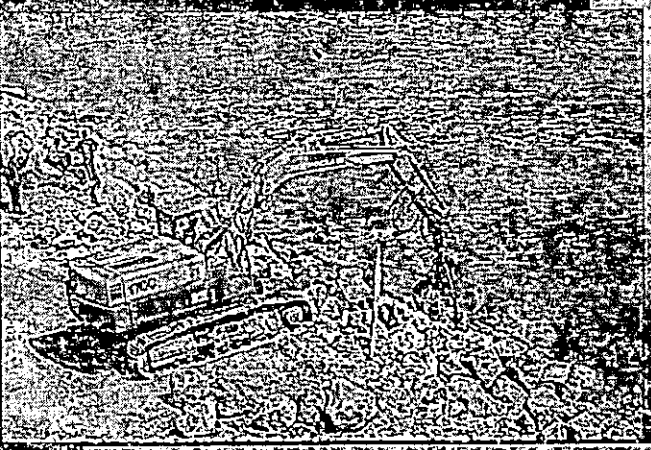
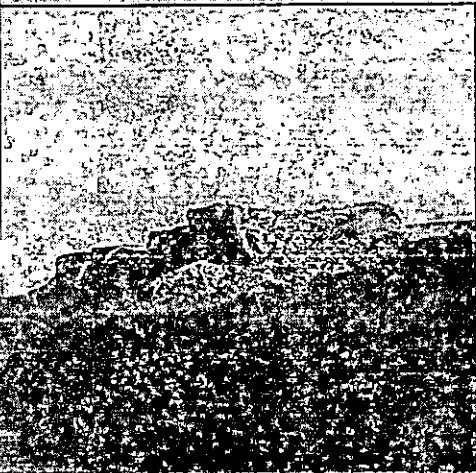
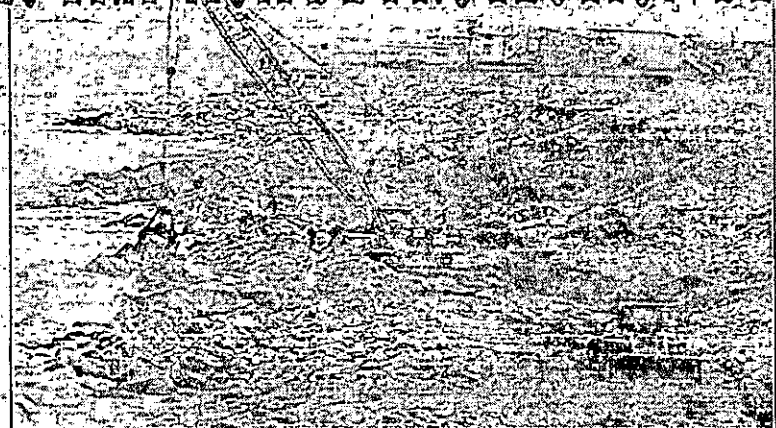


RÉPUBLIQUE ALGERIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
INSTITUT DES SCIENCES DE LA MER ET DE L'AMÉNAGEMENT DU LITTORAL

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES POUR L'OBTENTION DU
DIPLOME D'INGENIEUR SUR

LES TRAVAUX DE PROTECTION DE LA COTE DE AIN TAYA



Mr LARID M. Président
Mr BEEKESSA R. Examinateur
Mr GUEREL. Examinateur

Mr ABISSEUR AGGAD Lamine
ET CHEBREK Salim

PROMOTEUR Mr AMARI M.

REMERCIEMENT

Nous remercions dieu de nous avoir guidé et aidé, pour arriver à mener à terme notre mémoire de fin d'études.

Nous voulons exprimer nos profonds et sincères remerciements à toutes les personnes qui nous ont soutenu et aidé dans nos recherches.

Nos remerciements s'adressent tout particulièrement à notre respectable professeur et promoteur Mr AMARI, et ses assistants et amis Mohamed et Rachid, pour leurs encouragements et les efforts qu'ils ont déployés pour nous aider à avancer dans nos travaux.

Aussi à nos professeur, pour la connaissance qu'ils nous ont fournie le long du chemin de nos études. Et pour leur patience envers nous.

Notre reconnaissance aussi à toute l'équipe du CTH « Mr DRISS BEY, Said, Rafik, Lounisse, Kamel, Brahim et les autres. », ainsi qu'à la responsable de la DTP Mme MAROUF chargée du chantier de Ain Taya, sans oublier les ingénieurs du LEM et l'ANAT, pour leur accueil, leurs coopération et assistance dans le cadre de nos recherches.

Nous voulons citer aussi les employés de la SOTRAMO, et ceux de la carrière de Keddara, et les responsables de la centrale à béton. A qui nous exprimons de vive voix notre gratitude, pour leur apport particulier à notre travail.

Enfin nous tenons à remercier humblement nos chères familles, en particulier nos parents, pour leurs présences et leurs encouragements tout au long de nos études.

A nos amis aussi qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de notre mémoire.

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	1
<hr/> CHAPITRE 1. GENERALITES <hr/>	
1.1 LOCALISATION DU SITE	3
1.2 DESCRIPTION DU RIVAGE DE AIN TAYA ET SA SITUATION INITIALE	6
1.2.1. DONNEES NATURELLES	6
a- DONNEES CLIMATIQUES	6
b- DONNEES SUR LE SOL	10
1.2.2. DONNEES MARINES	13
1.2.3. DONNEES SUR LES HOULES.....	15
1.3 L'ÉTAT INITIAL DE LA CÔTE DE AIN TAYA.....	23
1.3.1. L'ÉROSION CÔTIÈRE.....	23
1.3.2. DIAGNOSTIC DE LA STABILITÉ DE LA FALAISE DE KEF AIN-TAYA	26
1.3.3. SÉDIMENTOLOGIE	26
1.3.4. LE TRANSPORT LITTORAL.....	26
1.4 PROPOSITIONS ET RECOMMANDATIONS POUR LA PROTECTION ET LA VALORISATION DU LITTORAL EST-ALGEROIS.....	27
1.4.1. CADRE LÉGISLATIF ET INSTITUTIONNEL.....	27
1.4.2. MESURE POUR LA PROTECTION ET LA VALORISATION DU LITTORAL.....	28
1.4.3. RECOMMANDATIONS POUR LUTTER CONTRE L'ÉROSION CÔTIÈRE.....	29
<hr/> CHAPITRE 2. RAPPEL DES ETUDES ANTERIEURES REALISEES A AIN TAYA <hr/>	
2.1 L'ÉTUDE DE SOGREAH	30
2.1.1. OBJET DE L'ÉTUDE.....	30
2.1.2. AVANT-PROJET SOMMAIRE.....	30
a) AMENAGEMENTS ENVISAGES.....	30
b) DEFINITION DES SECTIONS DE PROTECTION.....	31

2.1.3. AVANT-PROJET DETAILLE	34
a- DESCRIPTION DES OUVRAGES	34
b- OUVRAGE MARITIME DE PROTECTION DE LA FALAISE.....	34
c- TRAITEMENT DE LA FALAISE.....	35
d- AVANT-METRES ET COÛT DE L'AMÉNAGEMENT.....	36
2.1.4. RAPPORT FINAL DES ETUDES.....	36
2.2 ETUDE DU L.E.M.....	39
2.2.1. AVANT-PROJET SOMMAIRE	39
2.2.2. CALCUL DE LA HAUTEUR MAXIMALE ET LE POIDS UNITAIRE DE LA CARAPACE.....	39
2.2.3. ETUDE EN CANAL A HOULE D'UNE VARIANTE DE RECHANGE PROPOSEE PAR LA SOTRAMO.....	40
2.3 DIMENSIONNEMENT DE L'OUVRAGE.....	47
2.3.1. DIMENSIONNEMENT DU TRONÇON 1.....	47
a. CALCUL AVEC LA FORMULE DE HUDSON.....	47
b. CALCUL AVEC LA FORMULE DE VAN DER MEER.....	50
2.3.2. DIMENSIONNEMENT DU TRONÇON 2.....	54
a. CALCUL AVEC LA FORMULE DE HUDSON.....	54
b. CALCUL AVEC LA FORMULE DE VAN DER MEER.....	57

CHAPITRE 3. LES TRAVAUX DE PROTECTION DE LA CÔTE DE AIN TAYA

3.1 CONSISTANCE DES TRAVAUX	61
3.2 DESCRIPTIF DES TRAVAUX.....	64
1. NIVELLEMENT.....	64
2. DESCRIPTION DES OUVRAGES.....	64
3.3 METHODOLOGIE D'EXECUTION DES TRAVAUX	68
3.3.1. INSTALLATION DE CHANTIER.....	68
3.3.2. MOYENS MATERIELS ET HUMAINS.....	68
1. PERSONNEL.....	68
2. MATERIEL.....	71
3.3.3. PRINCIPALES PHASES DE RÉALISATION	71
1. IMPLANTATION PIQUETAGE ET TRACES DES OUVRAGES.....	72
2. LEVÉ BATHYMETRIQUE DU SITE.....	72
3. MISE EN PLACE DU NOYAU TVC (1 – 500 Kg) ET DU FILTRE EN ENROCHEMENT (0,5 – 2 t) A LA COTE +2,00 M.....	72

4. PRÉFABRICATION, TRANSPORT ET MISE EN PLACE DES BCR (9 t).....	73
5. MISE EN PLACE DE LA CONTRÉ BUTÉE.....	74
6. REPROFILAGE ET MISE EN PLACE DES DÉCHETS DE CARRIÈRE A LA CÔTE + 2,00 M.....	74
7. COMPLÉMENT DE L'OUVRAGE A LA COTE PROJET DÉFINITIVE.....	74
3.3. 4. REPLIMENT DU CHANTIER.....	79
3.4 PREFABRICATION DU BETON.....	79
3.4. 1. PRÉPARATION	79
3.4. 2. CONTRÔLE DE LA QUALITÉ DU BÉTON	80
1. CONTRÔLE D'AFFAISSEMENT	81
2. RÉSISTANCE A LA COMPRESSION.....	81
3.5 PROVENANCE DES MATÉRIAUX.....	81
3.5. 1. CARRIÈRE KEDDARA.....	81
3.5. 2. CARRIÈRE THENIA	84
3.6 SUIVI ET CONTRÔLE DES TRAVAUX DANS LE CHANTIER	85
3.7 SITUATION ET AVANCEMENT DES TRAVAUX.....	87

CHAPITRE 4. IMPACT DE LA RÉALISATION DE LA PROTECTION SUR L'ENVIRONNEMENT DE AIN TAYA

4.1 IMPACT LIE A LA RÉALISATION DE L'OUVRAGE :.....	88
4.2 AUTRES IMPACTS ENVISAGEABLES APRÈS LA FIN DES TRAVAUX	89
4.3 LA SOLUTION PROPOSEE.....	90
4.3. 1. LA PROTECTION AVEC LES GEOTUBES.....	90
4.3. 2. PROTECTION DE LA FALAISE AVEC LE MUR DE SOUTÈNEMENT.....	92
4.3. 3. LA TECHNIQUE DES GABION POUR LA PROTECTION DE LA FALAISE.....	93
4.3. 4. L'ALIMENTATION ARTIFICIELLE (PLAGE ARTIFICIELLE).....	93

SYNTHÈSE ET CONCLUSION	96
-------------------------------------	-----------

FIGURES

Fig .1	LOCALISATION DE AIN TAYA.....	4
Fig .2	LOCALISATION DE L'OUVRAGE DE PROTECTION DE AIN TAYA.....	5
Fig .3	PROFIL TOPOGRAPHIQUE DU SITE DE AIN TAYA.....	10
Fig .4	CARTE GÉOLOGIQUE DE AIN TAYA.....	12
Fig .5	CARTE BATHYMÉTRIQUE DE LA ZONE D'ÉTUDE DE AIN TAYA.....	14
Fig .6	CARTE DU FETCH.....	16
Fig .7	GRAPHE DE WILSON.....	17
Fig .8	ABAQUE DE GODA.....	20
Fig .9	ABAQUE DE WEGGEL 1972.....	21
Fig .10	ACTION DE LA HOULE SUR LA FALAISE.....	24
Fig .11	PLAN DE MASSE DE LA PROTECTION RECOMMANDE PAR SOGREAH.....	37
Fig .12	PROFIL EN TRAVERS SECTION A3 TYPE ACCROPODE.....	38
Fig .13	PROFIL EN TRAVERS SECTION B1 TYPE ENROCHEMENTS.....	38
Fig .14	ESSAI EN CANAL A HOULE VUE DE PROFIL.....	41
Fig .15	ESSAI EN CANAL A HOULE VUE DE FACE.....	41
Fig .16	PROFIL TYPE DE LA VARIANTE 1 - TRONÇON 1.....	43
Fig .17	PROFIL TYPE DE LA VARIANTE 2 - TRONÇON 1.....	44
Fig .18	PROFIL TYPE DE LA VARIANTE 1 - TRONÇON 2.....	43
Fig .19	PROFIL TYPE DE LA VARIANTE 2 - TRONÇON 2.....	43
Fig .20	PROFIL EN TRAVERS DU - TRONÇON 1.....	65
Fig .21	PROFIL EN TRAVERS DU - TRONÇON 2.....	66
Fig .22	PLAN DE MASSE DE LA PROTECTION DU RIVAGE DE AIN TAYA.....	67
Fig .23	INSTALLATION DE CHANTIER A AIN TAYA	69
Fig .24	PLAN D'INSTALLATION DE LA CENTRALE A BÉTON.....	70
Fig .25	OPÉRATION DE TERRASSEMENT DU TVC ET DES DECHETS DE CARRIÈRE.....	75
Fig .26	OPÉRATION DE MISE EN PLACE DES ENROCHEMENTS DU FILTRE.....	76
Fig .27	OPÉRATION DE MISE EN PLACE DES BCR.....	77
Fig .28	OPÉRATION DE MISE EN PLACE DE LA CONTRE BUTÉE.....	78
Fig .29	LOCALISATION DE LA CARRIÈRE DE KEDDARA ET DE THENIA.....	84
Fig .30	SOLUTION RECOMMANDEE POUR LE TRONÇON 2.....	95

TABLEAUX

Tab .1	MOYENNES MENSUELLES DES PRECIPITATIONS EN MM (PÉRIODE 1993-2003) RÉGION D'ALGER...	7
Tab .2	MOYENNES MENSUELLES DES TEMPERATURES EN C° (PÉRIODE 1993-2003) RÉGION D'ALGER.....	5
Tab .3	FRÉQUENCES ET DIRECTIONS DES VENTS EN m/s.....	9
Tab .4	HS EN FONCTION DE LA VITESSE DU VENT ET DU FETCH	16
Tab .5	LES HAUTEURS SIGNIFICATIVES SELON LES DIRECTIONS ET LES PERIODES DE RETOURS.....	18
Tab .6	ANALYSE DE LA HOULE A LA COTE.....	18
Tab .7	RECAPITULATIFS DES HOULES REFRACTEES AU LA LARGE H ₀	19
Tab .8	RÉCAPITULATIF DES DIFFÉRENTS RESULTATS CALCULES.....	23
Tab .9	TABLEAU ESTIMATIF POUR SOLUTION DE CARAPACE EN ENROCHEMENTS NATURELS.....	32
Tab .10	TABLEAU ESTIMATIF POUR SOLUTION DE CARAPACE EN BLOCS CUBIQUES DE 5 M ³ ET 1,2 M ³	33
Tab .11	TABLEAU ESTIMATIF POUR SOLUTION DE CARAPACE EN ACCROPODE DE 4 M ³ ET 0,8 M ³	33
Tab .12	ESTIMATION DU COÛT DE LA SOLUTION RECOMMANDEE PAR LA SOGREAH.....	34
Tab .13	TABLEAU ESTIMATIF DE LA PROPOSITION RECOMMANDEE PAR LE LEM (1995).....	40
Tab .14	RÉCAPITULATIF DES CALCULS DES POIDS ET EPAISSEURS.....	59
Tab .15	TABLEAU DEVIS ESTIMATIFS ET QUANTITATIFS.....	63
Tab .16	PLANNING DES TRAVAUX	64
Tab .17	CAPACITÉ DE PRODUCTION EN ENROCHEMENT ET TVC 6 J / 7.....	84
Tab .18	CAPACITÉ DE PRODUCTION EN CONCASSAGE 6 J / 7.....	84
Tab .19	PERSONNEL DU CTH.....	86

GRAPHES

GRAPHE : 1.	MOYENNES MENSUELLES DES PRECIPITATIONS REGION D'ALGER.....	7
GRAPHE : 2.	MOYENNES MENSUELLES DES TEMPERATURES REGION D'ALGER.....	7
GRAPHE : 3.	DIAGRAMME OMBROTHERMIQUE DE GAUSSEN (1993-2003).....	8
GRAPHE : 4.	FREQUENCES CUMULEES DES VENTS SELON LES DIRECTION.....	9

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Le littoral est par nature, fragile, instable, sensible ; Les différents points du littoral sont " solidaires " les uns des autres : toucher à un point donné (en creusant, en bétonnant, en construisant) a des répercussions inévitables ailleurs, toujours négatives, très difficiles à prévoir (lieu et intensité des impacts).

Les facteurs les plus actifs dans le littoral sont l'action de la houle et l'action des courants côtiers de manière directe sur la côte ou indirecte sur les fonds littoraux .

On évoque l'action du climat notamment dans les grandes tempêtes.

Il y a aussi des séquelles à échelle plus réduite en conséquence mais qui restent importantes car leur effet qui est constant à long terme induit des destructions notables sur certains axes du littoral. On peut évoquer l'action des vents et des eaux superficielles qui ont un effet dévastateur également. Si on les considère dans leurs actions continues et à long terme leurs conséquences sur le littoral sont plus visibles et très importantes.

On doit souligner un facteur qui a pris une importance palpable et on le distingue de plus en plus ces dernières années, on veut parler de l'action anthropique; l'action de l'homme qui est la plus déstabilisatrice de l'équilibre littoral (piétinements, destructions des zones sableuses, et pillages des plages ...).

A Ain-Taya, le phénomène est bien visible : sur les falaises, le long des dunes, des villas, des routes en péril ; les plages se creusent, et aussi des polémiques sur des projets de construction en bord de mer.

« La question pèse sur les communes littorales toutes entières, car leur prospérité dépend d'un environnement sain et stable au bord de l'eau. Le salut ne peut venir que de nous, de nos comportements, de nos choix d'aménagement et de protection de notre littoral. De ces solutions dérivent les conséquences sur l'avenir de nos littoraux », (Roland PASKOFF)

Dans notre mémoire on a essayé de donner un aperçu sur les travaux de protection de la côte en cours de réalisation, suivant une démarche qui nous a été proposée par notre promoteur et qui est décrite dans la suite du mémoire.

L'objectif principal de notre étude étant de résumer les études entreprises au préalable pour la protection du site de Ain taya, la réalisation des travaux de protection, le suivi de l'avancement des travaux sur le terrain, et le contrôle du dimensionnement de la digue de protection, ainsi que l'étude d'impact de ce projet sur l'environnement immédiat.

A l'issue de cette expérience nous allons développer dans la suite du mémoire les différents aspects de la protection, à savoir :

- Une description de la situation du site, et des raisons qui ont induit à la réalisation de la protection.
- Un aperçu des études réalisées par le LEM et SOGREAH et les différentes solutions proposées pour stabiliser la zone côtière.
- Une vérification du dimensionnement de l'ouvrage qui a été retenu dans le présent projet et qui est en cours de réalisation
- Une description générale sur les travaux de protection.

- L'installation du chantier et repliement.
- L'organisation et le suivi du chantier et les différentes étapes et méthodes de réalisation de l'ouvrage :
 - avec un bref aperçu sur la provenance et qualité des matériaux.
 - La préparation des blocs cubiques en béton
- Les Impacts des travaux pendant et après réalisation sur l'environnement global du site.
- Les différentes variantes qu'on a proposées en alternative au projet actuel qui est une protection lourde.
- En fin les conclusions qu'on a relevées sur les travaux de protection du rivage Ain-taya, et notre expérience durant ce mémoire.
- Plusieurs figures, tableaux, graphes et photos prises sur site illustrent bien le contenu de notre mémoire.

CHAPITRE - 1-

GENERALITES

1.1 LOCALISATION DU SITE :

La zone d'étude fait partie de la commune de Ain Taya, de la circonscription administrative de Dar el Beida, et qui est située à 25Km à l'Est D'Alger et à 27Km à l'Ouest de Boumerdes ; le site se localise à la croisée du méridien 3°22'18" Est, avec la latitude 36°47'42" Nord (Voir fig.1).

La commune couvre une superficie totale estimée à 955 Ha ; et compte une population de 29 529 habitants, au dernier recensement de la population (RGPH 1998).

Elle est limitée au nord par la mer Méditerranée, au sud par les communes de Rouiba et Heuraoua, à l'Est par la commune de Heuraoua, et à l'Ouest par la commune d'El Marsa.

D'un point de vue géographique, cette zone couvre à la fois une partie de la plaine de la Mitidja-Est, et une marge littorale d'une longueur de 5km ; cette marge littorale est une multitude de belles plages qui parsèment le littoral ; à citer les plages de Deca-Plage, Ain Chorb, Tamaris, Kef Ain Taya et Ain Beida.

Notre site se situe dans la plage de Kef Ain Taya, à l'Est de Ain Beida, et s'étend sur une partie de la plage de Tamaris (voir fig.2).

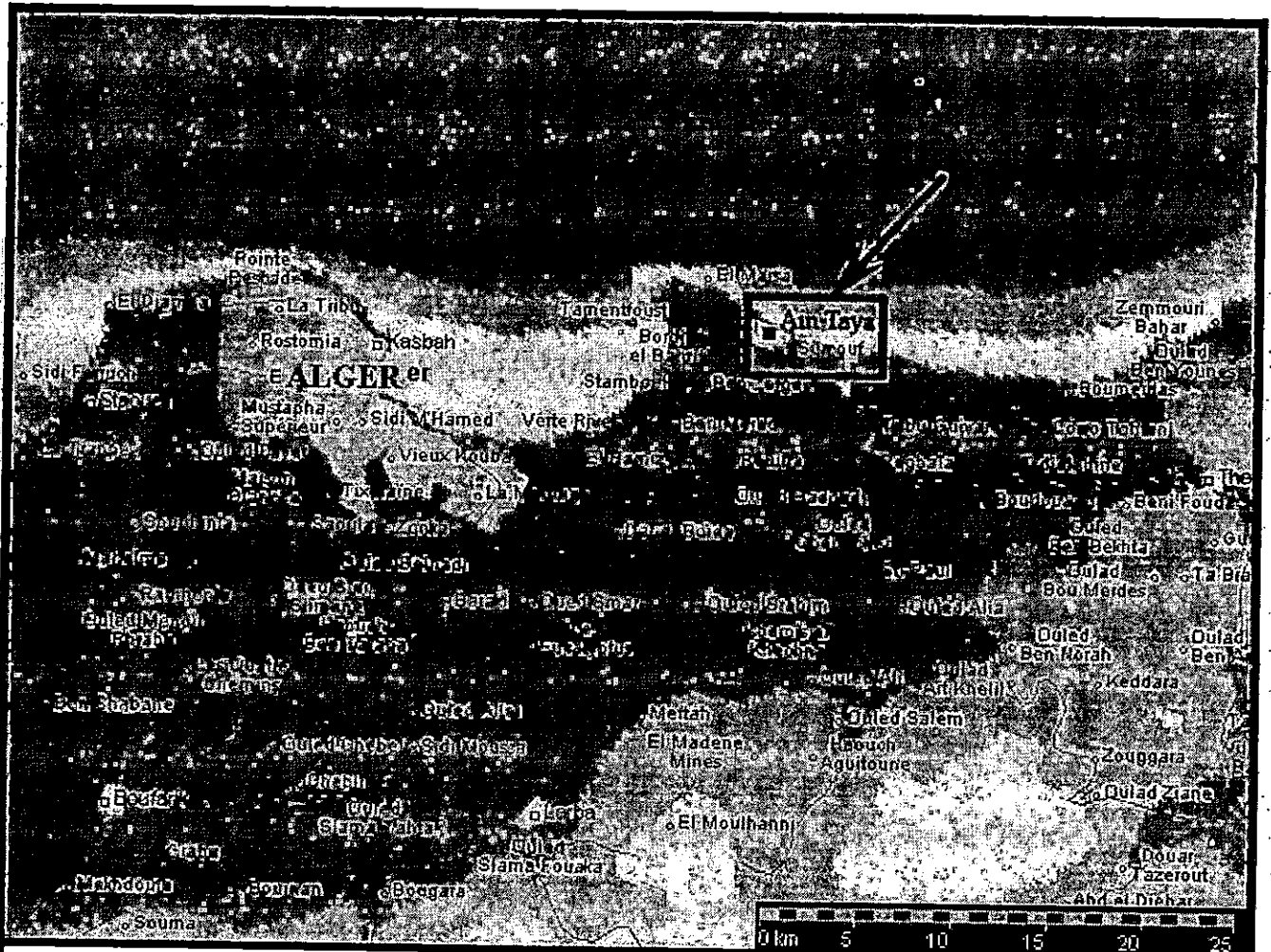


Fig. 01: LOCALISATION DE AIN TAYA

1.2 DESCRIPTION DU RIVAGE DE AIN TAYA ET SA SITUATION INITIALE :

1.2.1 DONNEES NATURELLES :

Parmi ces données naturelles, nous avons focalisé nos recherches sur les éléments qui ont un rôle actif sur la zone, on s'est basé sur les données marines, climatiques et celles de la nature du sol car les travaux de protection sont conditionnés par ces différents facteurs.

a) -Données climatiques:

- Le climat :

La zone côtière de Ain Taya est caractérisée par un climat de type méditerranéen avec des étés chauds et secs et des hivers tempérés, doux et humides. Les différentes données climatologiques (pluies, températures, vents) ont été recueillies au niveau de la station de Dar-El-Beida de la période (1993-2003).

- Les précipitations :

Les pluies dans cette zone sont relativement importantes en automne et surtout en hiver. La période pluvieuse s'étale du mois de septembre jusqu'au mois de mai avec une moyenne maximale de 103,82 mm au mois de Décembre, alors que la période d'été est pratiquement sèche (voir tab N° 1, graphe N° 1).

- Les températures :

Globalement la température est douce dans la région, due à la proximité de la mer, les moyennes mensuelles des températures varient entre 11,15 C° et une température maximale de 26,41 C° au mois d'août

(Voir tab N°2) et elle est mieux dévoilée dans le graphe N°2.

Graphe N°3 : Il ressort de l'analyse du diagramme ombrothermique, que notre zone d'étude est caractérisée par un climat à deux saisons :

- Une saison bien froide, s'étend du mois d'Octobre jusqu'au mois d'Avril avec une moyenne de 14,00 c°.
- Une saison chaude, allant du mois de Mai au mois de Septembre avec une moyenne de 22,95 c°.

- Les vents :

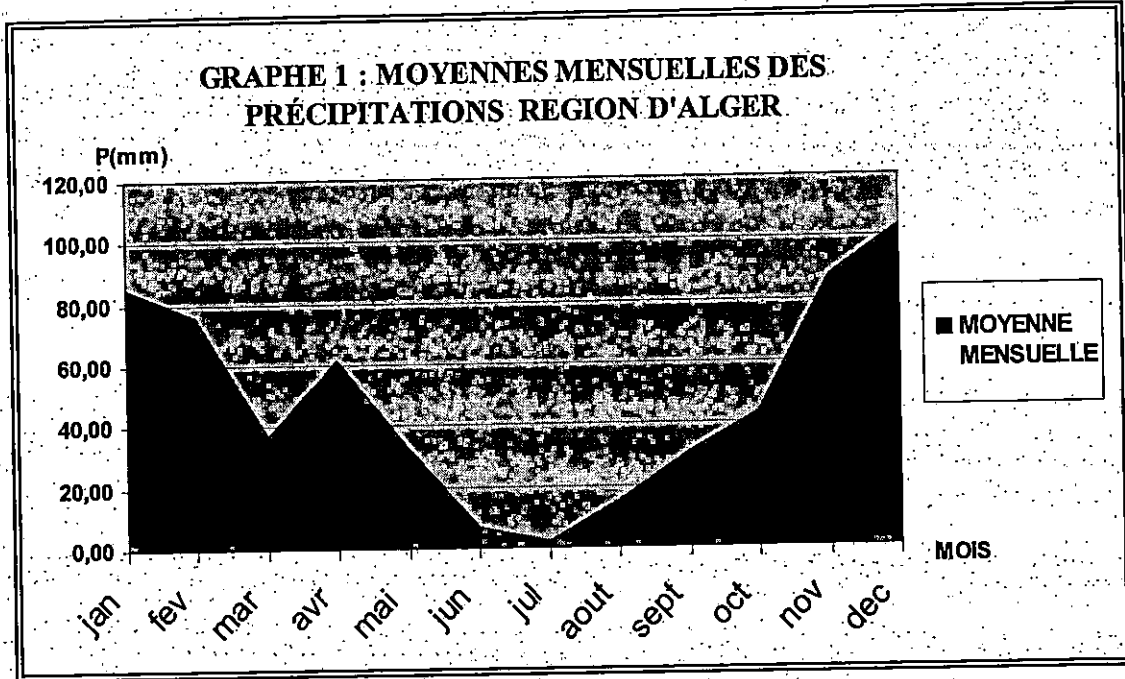
Les vents jouent un rôle important dans la dynamique des eaux marines, ils sont générateurs des houles et des courants superficiels dont l'impact évolue avec leur vitesse. (A. GUILCHER 1979)

D'après le régime des vents, en été les vents dominants sont de directions (Nord, Nord-est), pour l'automne l'hiver et le printemps, ils sont de direction (Nord-ouest) (voir tab N°3) (voir graphe 4) .

Tab 01 : Moyennes mensuelles des précipitations en mm (période 1993-2003) région d'Alger

mois	jan	fev	mar	avr	mai	jun	juil	aout	sept	oct	nov	dec	total annuel
MOYENNE MENSUELLE	84,83	75,93	37,06	61,40	32,13	6,47	1,74	14,89	31,32	43,37	87,40	103,82	580,35

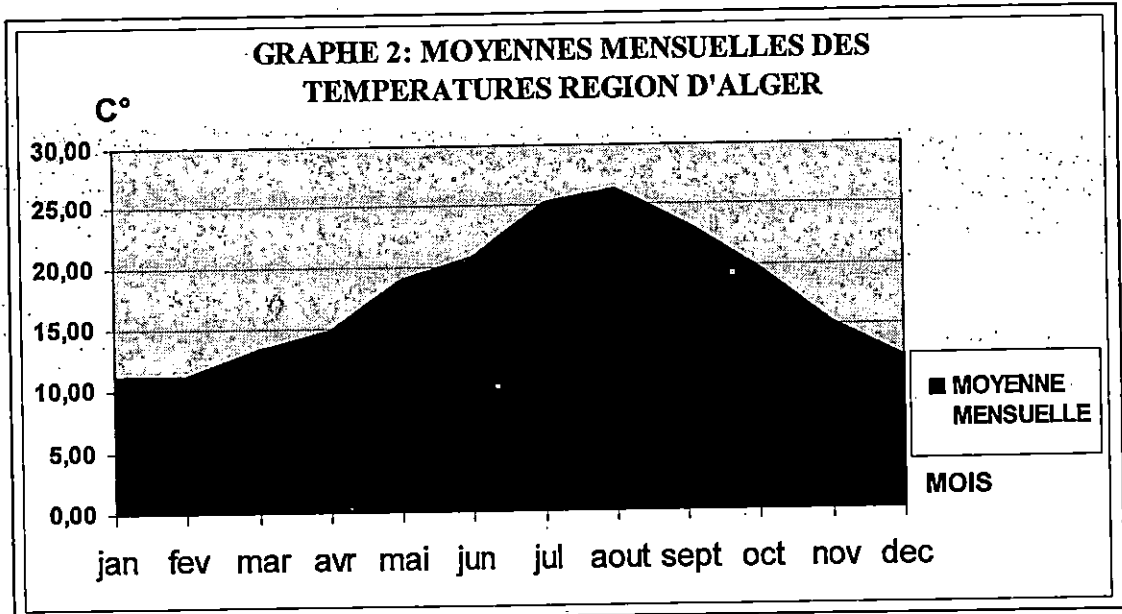
Source ONM 2004



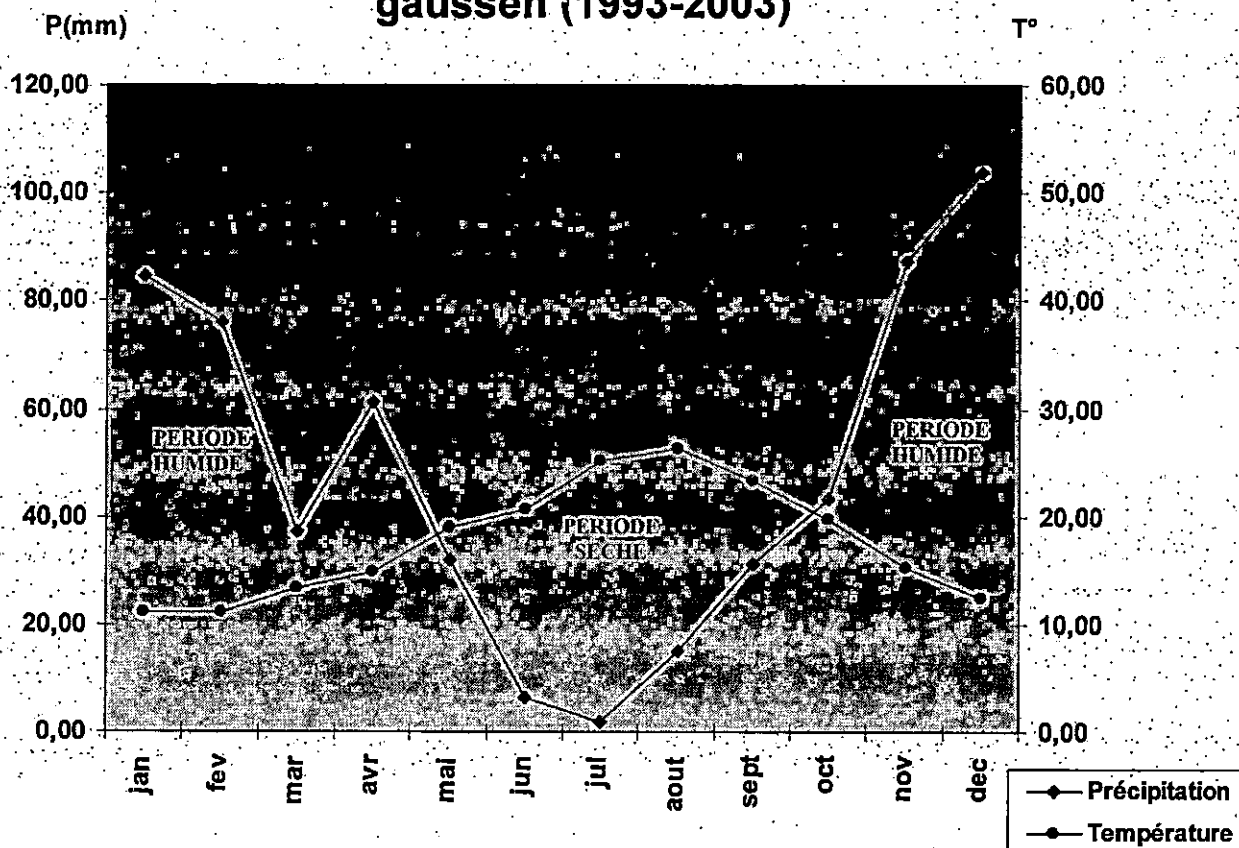
Tab 02 : Moyennes mensuelles des températures en c° (période 1993-2003) région d'Alger

MOIS	jan	fev	mar	avr	mai	jun	juil	aout	sept	oct	nov	dec	MOYENNE ANNUELLE
MOYENNE MENSUELLE	11,15	11,16	13,43	14,85	18,99	20,75	25,28	26,41	23,33	19,79	15,21	12,44	19,34

Source ONM 2004



Graphe 03: Diagramme ombrothermique de gausсен (1993-2003)

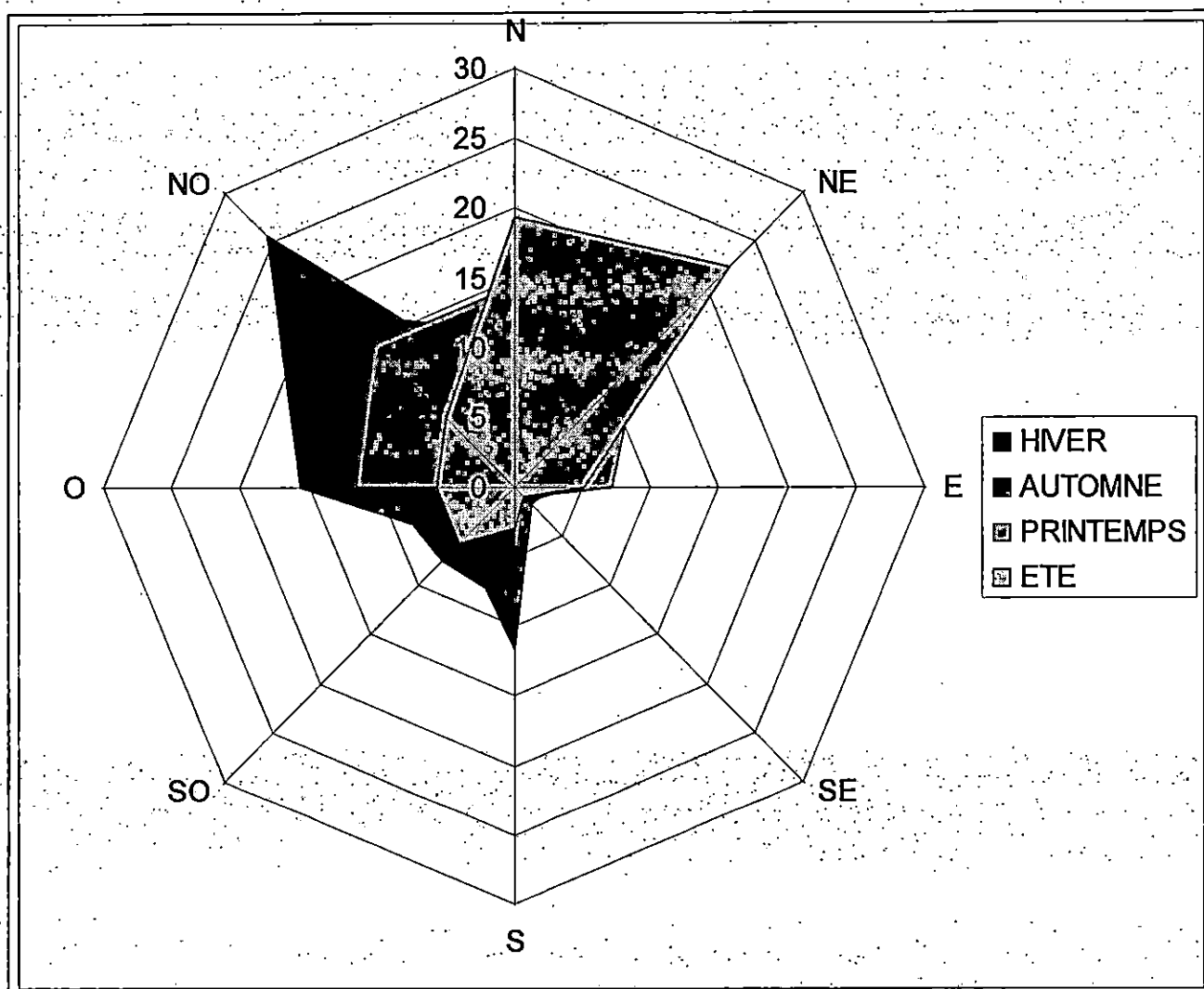


Tab 03: FREQUENCES ET DIRECTIONS DES VENTS EN m/s

DIRECTIONS	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
HIVER	7	3,8	2,6	1,8	11,5	5,4	15,5	25,3
PRINTEMPS	14,3	12,8	7,1	1	5,7	-	11,5	14,4
ETE	19,3	22,2	5,1	1	3	5,7	5,6	7,1
AUTOMNE	11,2	11,2	4,4	1,3	8,4	7,3	9,5	17,2

Source ONM 2004

GRAPHE 4: FREQUENCES CUMULEES DES VENTS SELON LES DIRECTIONS



Source : station Dar el beida

b) –Données physiques :

- Relief :

Dans notre zone d'étude nous avons à souligner que le site est une falaise assez vive, haute de 16 à 25 m, qui s'immerge dans une petite plage dans le côté Ouest et la plage de Ain-Taya à l'Est dont une partie est rocheuse au centre.

De la (fig. 03) on remarque que la zone est constituée d'un plateau incliné vers le nord jusqu'à sa bordure sur la façade littorale, le point le plus haut du plateau se trouve au sud de l'agglomération de Ain-Taya avec 50 m d'altitude.

Les plages dans cette zone, sont plus longues que larges, elles peuvent avoir deux origines :

- des sédiments provenant du continent acheminés par les cours d'eaux.
- des sédiments autochtones et qui proviendraient de l'érosion in-situ des roches.

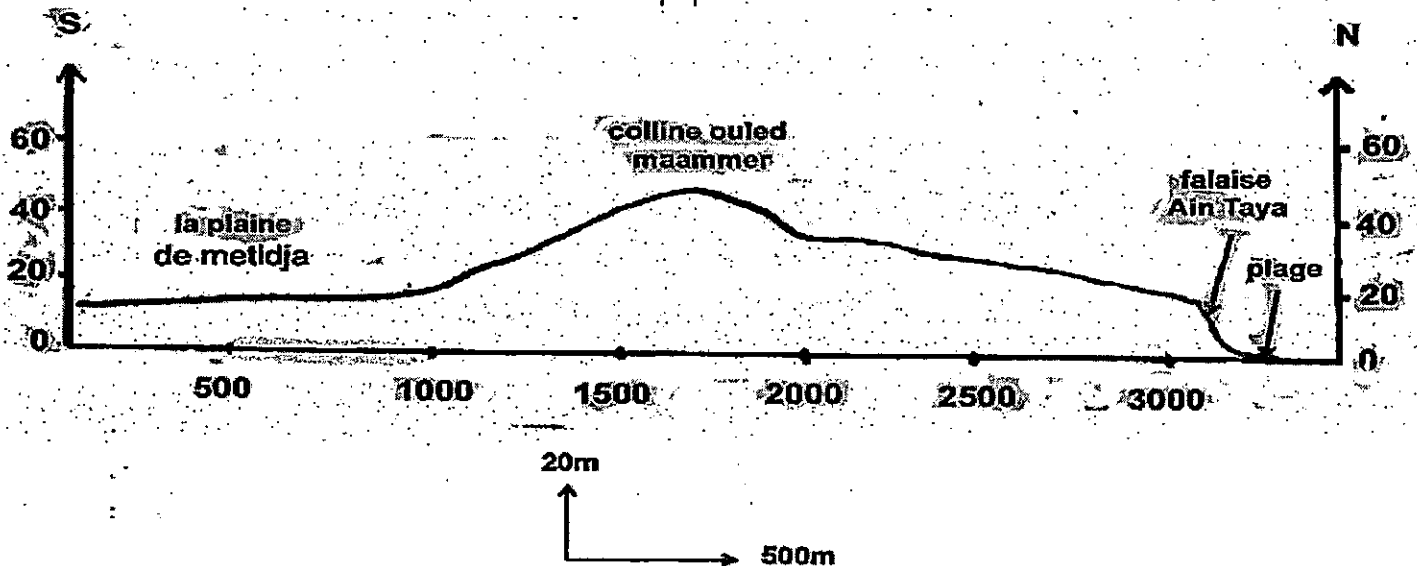


fig. 03 : PROFIL TOPOGRAPHIQUE DU SITE DE AIN TAYA

- Géomorphologie :

Cette zone occupe une partie de la plaine de la Mitidja et une partie de la bordure du sahel qui forme des falaises et plateaux côtiers surplombant la mer.

Les anciens dépôts marécageux de la Mitidja, les anciennes alluvions dans les rives de l'oued El Hamiz et les alluvions récents, se trouvent dans cette zone d'étude.

- Géologie :

Du point de vue géologique, la zone d'étude est intimement liée à l'orogénèse¹ alpine maghrébine.

La zone d'étude est située sur la bordure septentrionale de la Mitidja orientale, la carte géologique permet d'étudier les principales formations stratigraphiques, et les déformations tectoniques qui sont de ce secteur (Voir Fig.04).

¹ Orognèse : processus de formation des reliefs montagneux de la croûte terrestre

D'après la carte géologique du site, on remarque qu'il y a un terrain éruptif représenté par les rhyolithes du vindobonien, qui affleure en trois petits points recouvrant de petites surfaces de quelques kilomètres carrés, ces points se localisent au (Sud Sud-est) d'Ain Taya.

On remarque aussi l'existence de terrains sédimentaires qui prédominent sur la zone d'étude, ils sont représentés par plusieurs formations :

- **La formation burdigalienne (miocène inférieur)** : représentée par le faciès argileux.
- **La formation vindobonienne (miocène moyen)** : représentée par deux faciès l'un marno-calcaire et gréseux, et l'autre marneux ou argileux
- **Les dépôts quaternaires** : sont d'origine continentale et marine, ils recouvrent de vastes surfaces, avec un quaternaire ancien constitué par le Tyrrhénien II, celui-ci est représenté par des dunes consolidées et des dépôts marins comprenant de très petits galets, de grain de quartz, de sable rouge, de poudingues et des grès grossiers, l'épaisseur de cette formation varie de 20 à 25 m.

Le quaternaire récent est représenté par :

- **les alluvions récentes** : constituées essentiellement de sables plus ou moins argileux et plus ou moins rubéfiés,
- **les dépôts actuels de plage** : ce sont des accumulations de sables et de galets répartis dans les parties concaves du rivage

En conclusion :

Il ressort de cette étude que les formations géologiques de ce secteur sont constituées essentiellement de terrains tertiaires et quaternaires dont la lithologie est réputée pour être de faible résistance, ce qui explique la forte érosion sur la falaise causée par la mer au fil du temps.

- Hydrogéologie :

La plaine de la Mitidja reçoit les eaux de ruissellement provenant de l'atlas blidéen auxquelles s'ajoutent les eaux de pluie. Ces eaux vont alimenter les nappes phréatiques; dans notre zone d'étude on est concerné par l'aquifère du plateau, de Ain Taya Heuraoua, cette zone est représenté par un grand réservoir constitué des terrasses quaternaires gréseuses et micro conglomératiques. Ce plateau est alimenté par l'infiltration directe des eaux de précipitations.

De cet aquifère, de nombreuses sources à faible débit apparaissent au niveau de la falaise du plateau: En contact des marnes² et des grès plio-quaternaire³, ces eaux de ruissellement rendent encore les falaises plus instables.

Dans cette zone le réseau hydrographique n'a pas d'effet direct, les oueds les plus proches de la zone sont celui de l'oued Hamiz qui se déverse dans la baie d'Alger près de Bordj El Kifan, et l'oued de Réghaia qui s'écoule loin à l'Est de Ain Taya,

² *Marne : qui contient ou qui est de la nature d'une roche sédimentaire argileuse et calcaire

³ *Plio-Quaternaire: pliocène, cinquième période du tertiaire, fin du tertiaire et début du quaternaire,

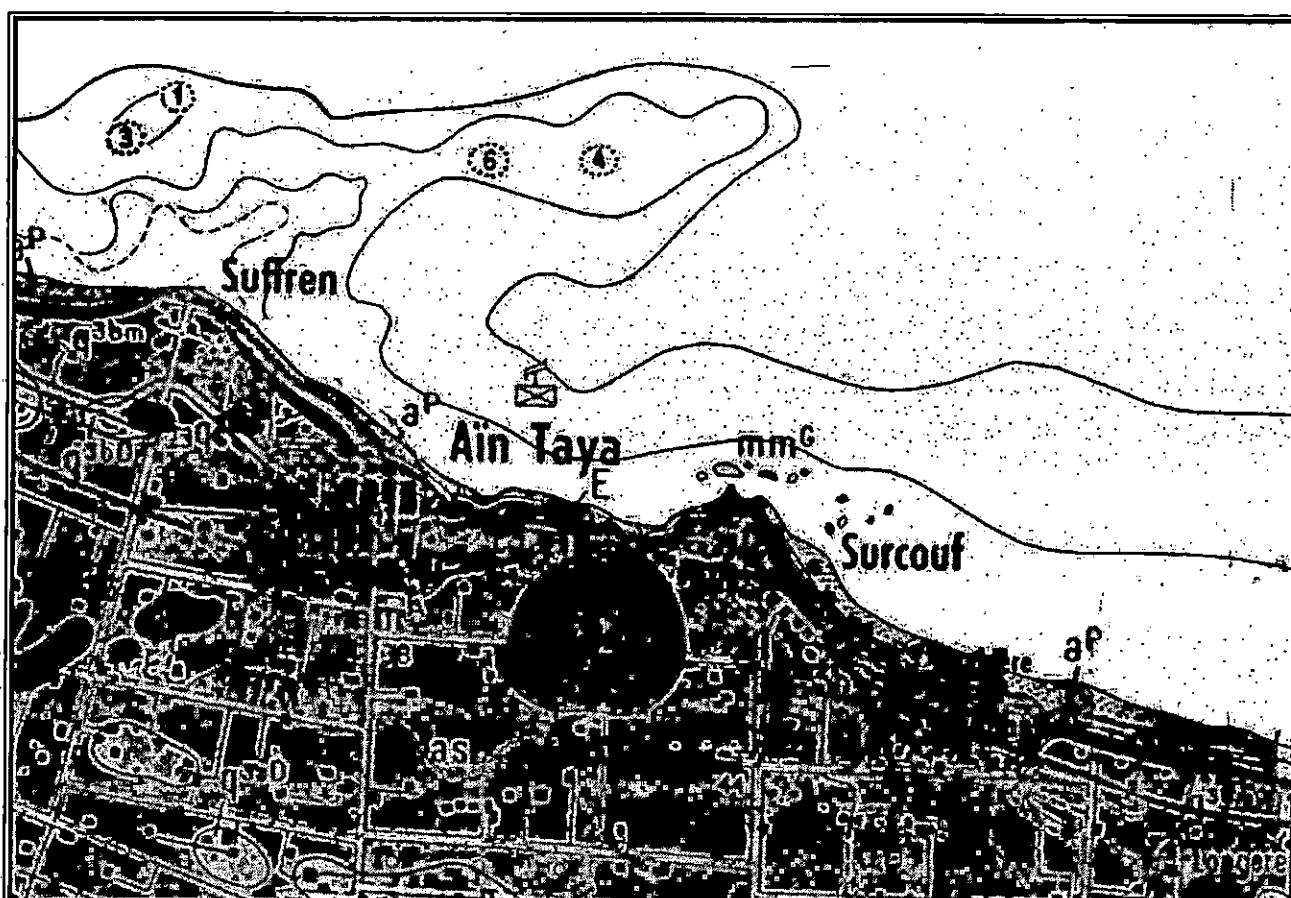


Fig 04 : CARTE GEOLOGIQUE DE AIN TAYA

PLEISTOCENE

- dunes consolidées de la phase de regression postérieure a q^{3m}
- Lumachelle à peçoncles, poudingues et grès marins, grains de quartz siliceux plus ou moins cimentés
- Alluvions anciennes Thyrthénien II
- dunes consolidées postérieures a q^{3m}
- Dépôts marins comprenant de très petits galets de quartz et des sables rouges, des poudingues et des grès grossiers (compris entre 20 et 25 m) Thyrthénien I
- Dunes consolidées postérieures a q^{3m}
- Mêmes facies que q^{3m} (compris entre 35 et 45 m)

LEGENDE TECHNIQUE

MIOCENE MOYEN

- Mameux ou argileux
- Mameo-calcaire et gréseux

MIOCENE INFÉRIEUR

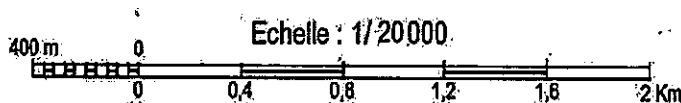
- Facies argileux
 - Facies gréseux
- } Burdigalien

ROCHES ERUPTIVES

- Rhyolite de Minidobonten
- Andésite quartzique du Burdigalien
- Granite (tertiaire)
- Pegmatite dans les micaschistes

TERRAINS SEDIMENTAIRES

- Plages
- Dunes actuelles
- Éboulis



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

1.2.2 DONNEES HYDRODYNAMIQUES :

Ces informations sont les plus importantes dans le cadre de notre étude sur les travaux de protection du rivage de Ain Taya, car ces données sont représentatives des contraintes que subit l'ouvrage, comme on va le voir ci-dessous, on va dimensionner l'ouvrage selon ces facteurs, en particulier l'action des houles; aussi le profil bathymétrique.

Les courants et les marées sont des facteurs importants mais dans ce site ils sont négligés devant l'action de la houle.

- la bathymétrie :

Les cartes bathymétriques constituent un document fondamental et nécessaire pour reconnaître et interpréter la morphologie sous-marine. Elles sont obtenues à partir des profils reportés sur des radiales ayant des coordonnées géographiques évaluées avec précision.

Les radiales positionnés sont rapportées sur une carte qui reflète le chemin effectué par les points de relevé bathymétrique

La bathymétrie est une donnée très importante, représentée en carte bathymétrique, elle reflète la morphologie des profondeurs sous marines, son intérêt est révélé dans l'action des ces profondeurs sur le déferlement des vagues, ce qui nous importe par rapport à son action sur la plage et d'un autre côté sur l'ouvrage.

L'occasion nous a été donnée d'assister à un levé bathymétrique sur site lors de visite de chantier effectué dans le cadre de notre étude.

Les données sont formulées sur un profil pour chaque tronçon (voir fig. 05)

- La marée :

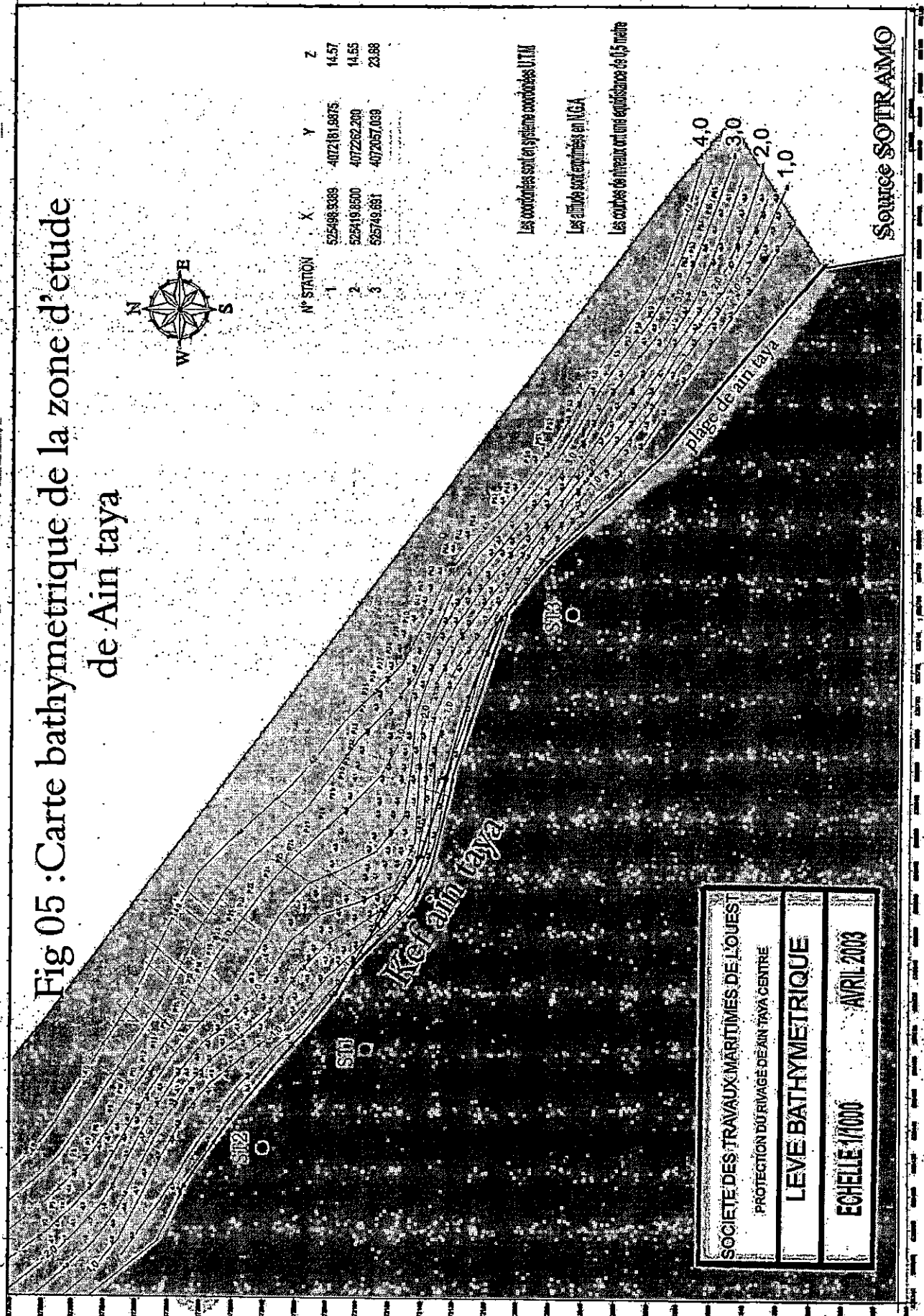
La Méditerranée bénéficie d'une faible amplitude de marée, subit une évaporation plus importante et enregistre de ce fait des taux de salinité plus élevés, la marée sur la côte algérienne dépasse rarement 0,35 m avec des périodes de 12h à 24 heures, alors cette donnée est négligée vu son action très limitée.

- Les courants :

Les courants méditerranéens sont générés par Le courant atlantique pénétrant par le détroit de Gibraltar, ces courants forment des tourbillons anticycloniques de 100 km de diamètre et se déplacent vers l'Est avec une vitesse moyenne de 7 nœuds. (1 nœud= 1 mille/heure ou 1,6093 km /h)

Les courants d'Ouest en Est (courant atlantique), qui règnent en méditerranée entrant en surface par le détroit de Gibraltar, circulent généralement dans un ordre de grandeur de 0,5 à 1 m/s au large des côtes algériennes. (L. LECLAIR)

La connaissance des courants marins est un élément fondamental pour l'étude de l'évolution dynamique côtière (érosion marine, pollution marine, aménagement du littoral...)



- Les transits littoraux :

Les facteurs hydrodynamiques favorisent le transit d'une manière parallèle à la côte progressant de l'Ouest vers l'Est en charriant des sables moyens et faibles. Les éléments fins peuvent être transportés en suspension près du fond et ils suivent les mêmes directions de transit que le sable.

1.2.3 DONNEES SUR LES HOULES :

La houle est le facteur le plus important dans la dynamique sédimentaire des petits fonds, la direction de propagation de la houle est liée à celle du vent, tant que la profondeur est supérieure à la longueur d'onde de la houle. (R. BONNEFILLE 80).

- La houle statistique :

Les données statistiques dans la prévision de houle à long terme ont été prélevées de l'annuaire Us Naval Weather Service Commande,

Les observations effectuées par navire dans le secteur 37,40 N, 3,9° E enregistrées au large des côtes algériennes, portant sur une période 1963- 1970, soit d'une durée de 8 ans,

Et selon ces données le S.S.M.O (Summary of Synoptic Meteorological Observation) a synthétisé la houle statistique qui est de l'ordre de 7,20 m de la direction Nord.

- La houle du vent :

On calcule la houle significative (H_s) en fonction de la vitesse du vent et du fetch selon les directions données (voir fig. 06).

Remarque : le fetch est la distance sur laquelle le vent peut souffler sans rencontrer d'obstacles

A partir du graphe de WILSON (fig. 07), on détermine l'amplitude de la houle, la période moyenne et la durée d'action du vent, les résultats des différentes amplitudes sont représentés dans le tableau suivant :

Tab 04 : Hs en fonction de la vitesse du vent et du fetch

DIRECTION (degres)	FETCH (km)	VITESSE (m/s)	AMPLITUDE (m)	PERIODE MOY (s)	DUREE (h)
N 330	270	10	2,25	5,5	21
		15	3,50	7,2	16
		20	5,30	8,6	14
N 000	288	10	2,30	5,6	22
		15	3,75	7,3	17
		20	5,40	8,6	14
N 040	711	10	2,70	6,0	44
		15	4,90	8,3	34
		20	7,40	10,1	28

(Selon nos calculs)

On a pour une vitesse de vent de 20 m/s (72 km/h), une durée d'action de vent de 28 heures et un fetch de 711 km (corse) et une amplitude maximale de 7,40 m avec une période $Tm=10,1$ S .

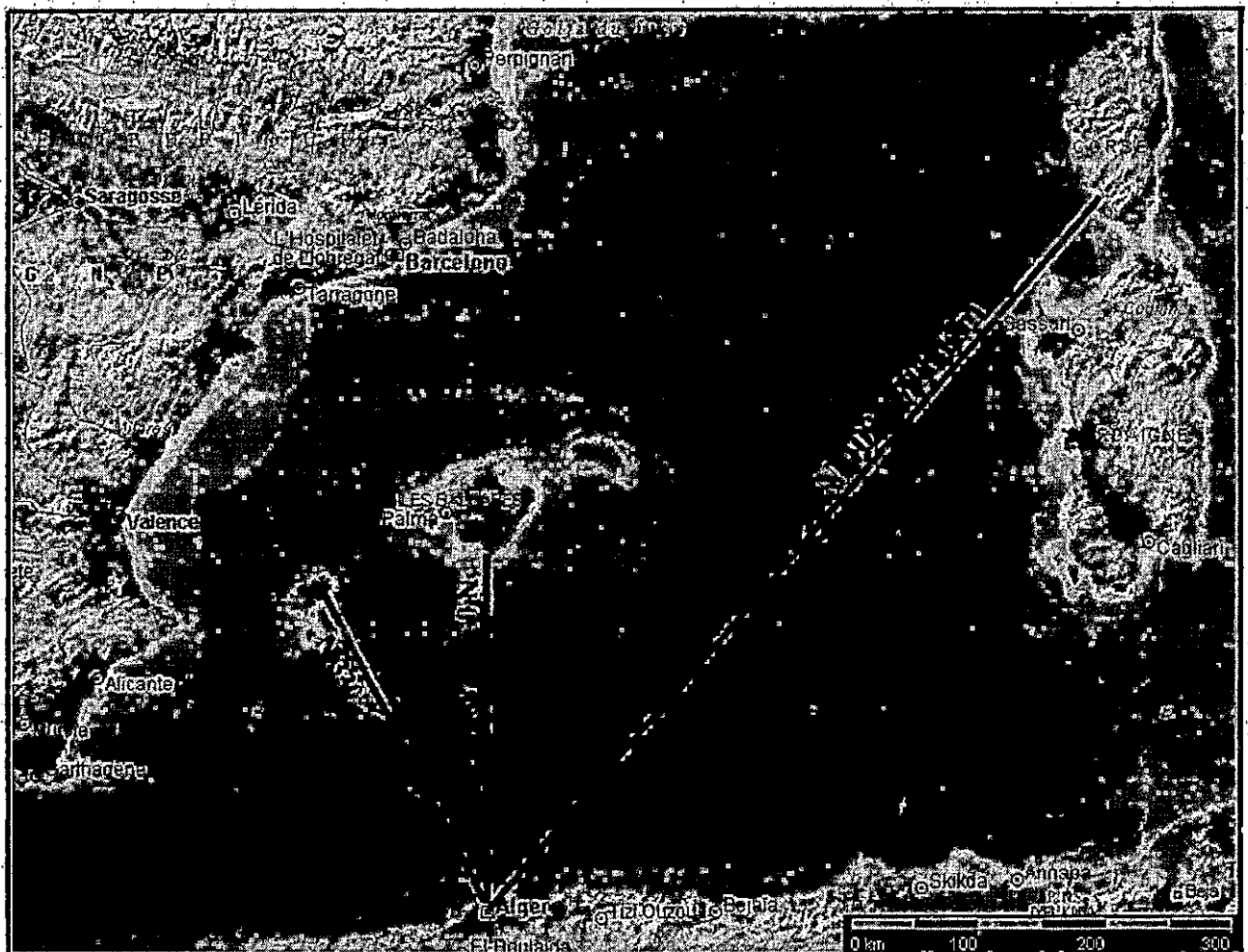
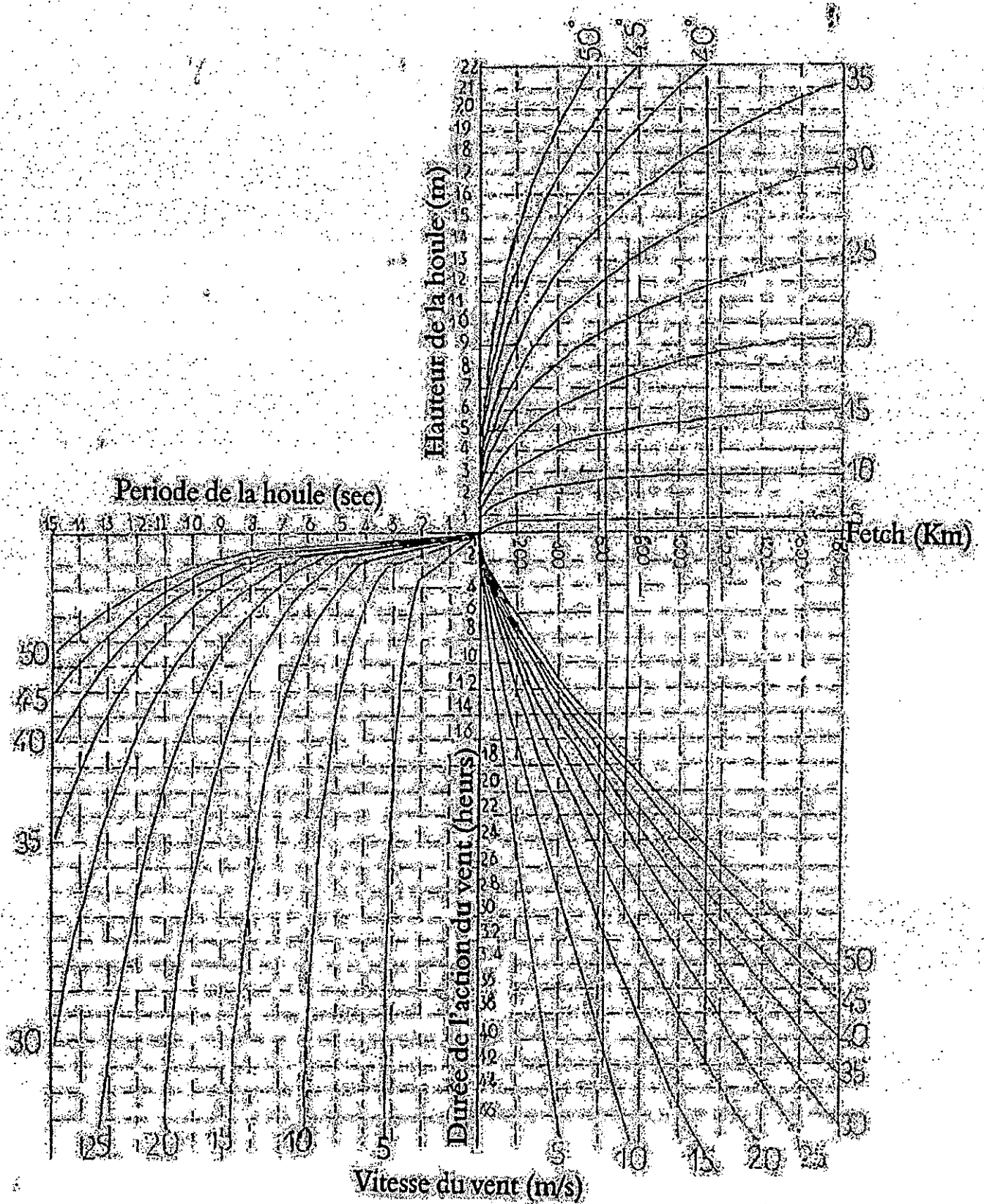


fig. 06 : CARTE DU FETCH

→ : FETCH

Source ENCARTA ATLAS 2004

Fig 07: GRAPHE DE WILSON
(détermination de l'amplitude de la houle de vent)



- La houle réfractée :

On calcule H'_0 (la hauteur de la houle au large réfractée).

$$H'_0 = H_s \cdot K_R \cdot K_S$$

Avec :

H'_0 : la houle au large réfractée.

K_R : coefficient de réfraction.

K_S : coefficient de shoaling.

H_s : houle significative.

On prend toujours les H_s cinquantennales pour les calculs, représentées dans le tableau suivant :

Tab 05 : les Hauteurs significative selon les directions et les périodes de retours

DIRECTION PERIODE DE RETOURE	DIRECTION				
	NORD	NORD- EST	EST	NORD- OUEST	OUEST
BIENNALE	4,40	4,50	3,70	3,66	6,40
QUINQUENNALE	5,20	5,20	4,30	4,10	7,40
DECENNALE	5,80	5,80	4,70	4,50	8,00
VINGTENNALE	6,40	6,50	5,20	4,80	8,70
CINQUANTENNALE	7,20	7,30	5,80	5,30	9,70

(Source S.S.M.O)

Une analyse de houle à la côte a été traitée par SOGREAH et donne en récapitulatif le tableau suivant :

Tab 06 : analyse de la houle à la côte

DIRECTION	PERIODE(s)	Kr	Ks	A° (Angle d'incidence)
N 040	6	0,95	1,05	N 042
N 040	9	1,00	1,30	N 040
N 000	9	0,76	1,42	N 030
N 000	12	0,81	1,50	N 025
N 330	6	0,72	1,00	N 354
N 330	12	0,70	1,00	N 018

(Source : SOGREAH -LEM)

- Calcul de la houle réfractée :

Des deux tableaux ci-dessus on pourra calculer H'o,
 Pour une direction de N 040(Nord-est), on a :

$$T=6 \text{ sec, } H_s=7,30\text{m}$$

$$H'_0 = H_s \cdot K_R \cdot K_S \rightarrow H'_0 = 7,30 \cdot 0,95 \cdot 1,05$$

$$\rightarrow H'_0 = 7,28 \text{ m}$$

Il en est de même pour les valeurs de H'o (pour toute direction et pour chaque période), le récapitulatif des résultats sont représentés dans le tableau suivant :

Tab 07 : récapitulatifs des houles réfractées au la large H'o

DIRECTION	PERIODE	Hs (m)	Kr	Ks	H1	H'o(m)
N 040°	6	7,30	0,95	1,05	0,99	7,28
	9		1,00	1,30	1,30	9,49
N 330°	6	5,30	0,72	1,00	0,72	3,81
	12		0,70	1,00	0,70	3,71
N 000°	9	7,20	0,76	1,42	1,07	7,70
	12		0,81	1,50	1,21	8,71

(Selon nos calculs)

- Détermination de la houle de déferlement :

Cette méthode nous permet de déterminer l'amplitude de la houle de déferlement (H_b) qui se brise sur l'ouvrage ; cette amplitude dépend de la pente devant l'ouvrage, et de (H'o). (Houle au large réfractée).

A l'aide des abaques de C.E.R.C. (Costal Engineering Research Center) « abaque de Goda et Weggel » –(voir fig .08 et 09)

Méthode de calcul :

Pour une direction de (N040°)
 Une période T=6s, et H'o = 7,28

$$\frac{H'_0}{gT^2} = \frac{7,28}{9,81 \cdot (6)^2} = 0,02$$

En utilisant l'abaque de Goda (1970), et projetant le 0,020 sur l'abaque, on détermine :

$$\frac{H_b}{H'_0} = 0,97 \quad \text{Donc : } H_b = H'_0 \cdot 0,97$$

$$H_b = 7,06$$

$$\frac{H_b}{gT^2} = \frac{7,28}{9,81 \cdot (6)^2} = 0,02$$

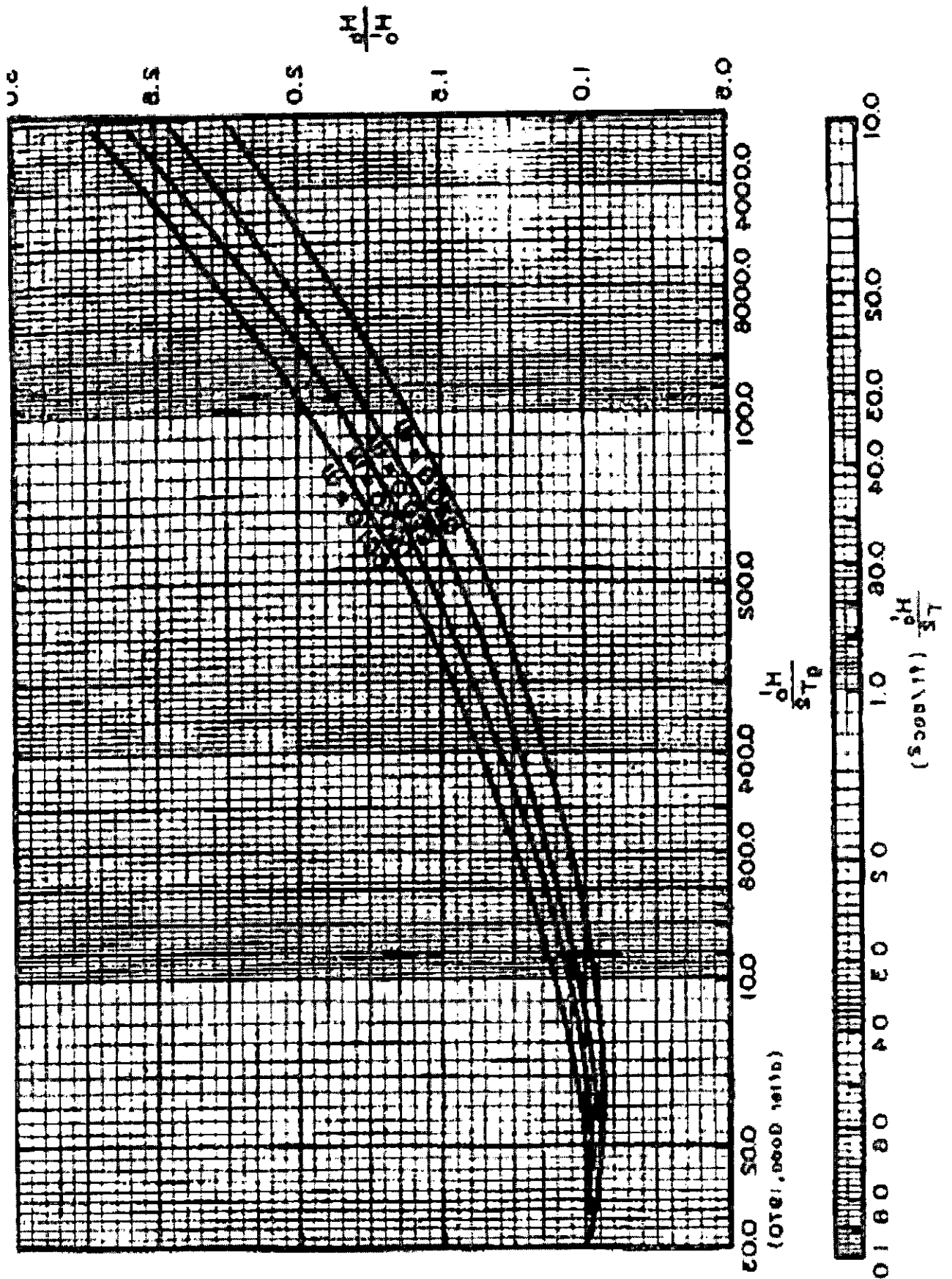


Fig.08 L'abaque de GODA 1970

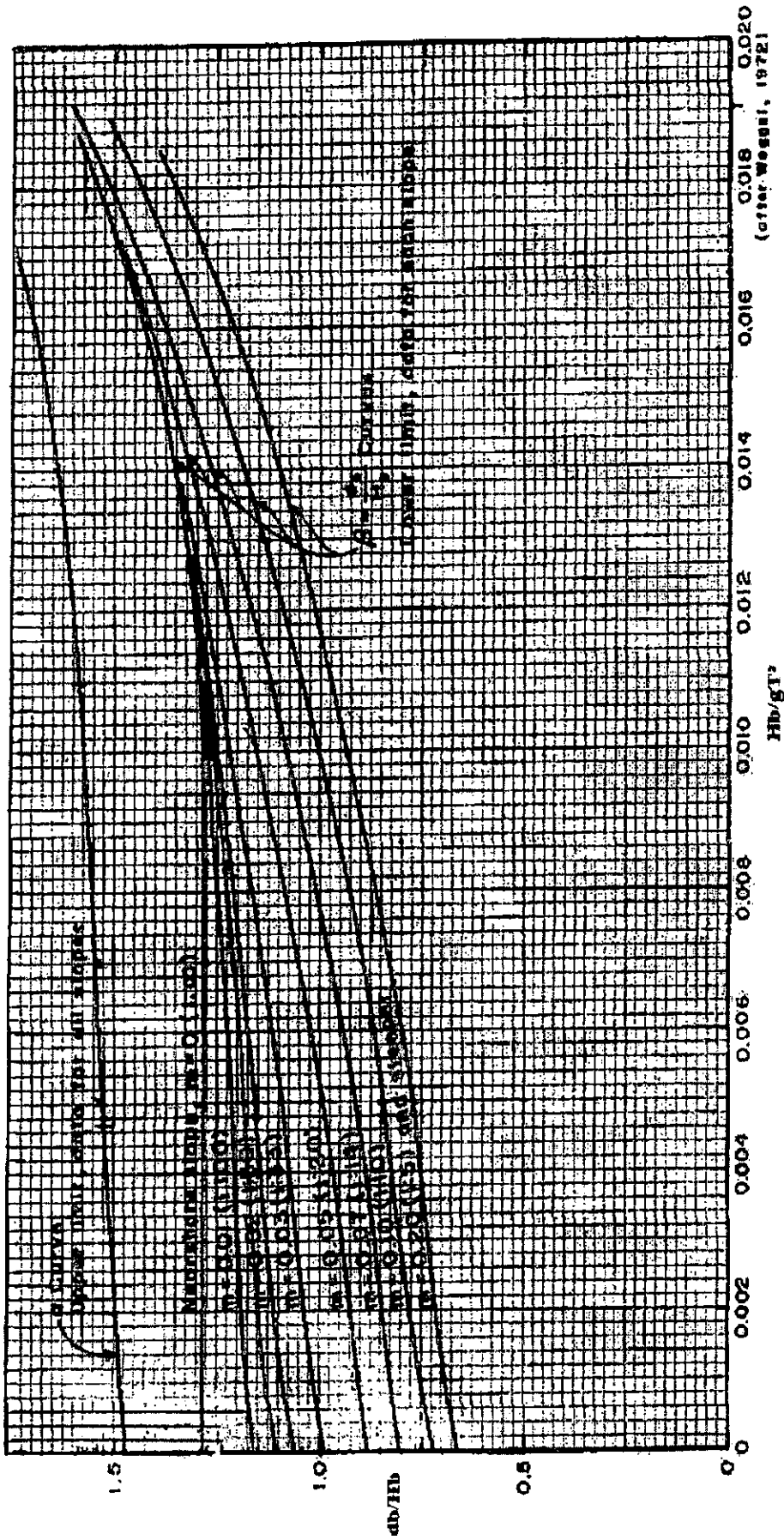


Fig .09 L'abaque de Weggel 1972 (determiner α et β)

Et en utilisant l'abaque de Weggel on détermine α et β avec la projection de la valeur 0,02, on obtient :

$$\frac{d_b}{H_b} = \beta \quad \text{Dans ce cas la valeur de 0,02 est très grande pour l'abaque de weggel, on ne peut lire } \alpha \text{ et } \beta$$

Pour $T = 9s$ on a :

$$\frac{H_b}{gT^2} = \frac{9,96}{9,81*(9)^2} = 0,012$$

De l'abaque on trouve :

$$\frac{d_b}{H_b} = \alpha = 1,6$$

$$\frac{d_b}{H_b} = \beta = 1,23$$

Calcul de la profondeur minimale (d_{bmin}) de déferlement :

. Direction N040 : pour $T = 9s$
 $H_b = 9,96 m$

$$\boxed{d_{bmin} = \beta * H_b} \quad \text{Donc : } d_{bmin} = 1,23 * 9,96$$

$$\Rightarrow \boxed{d_{bmin} = 12,25 m}$$

Calcul de la profondeur maximale (d_{bmax}) de déferlement :

. Direction N040 : pour $T = 9s$
 $H_b = 9,96 m$

$$\boxed{d_{bmax} = \alpha * H_b} \quad \text{Donc : } d_{bmax} = 1,6 * 9,96$$

$$\Rightarrow \boxed{d_{bmax} = 15,93 m}$$

Calcul de (X_p) :

$$X_p = (4 - 9,25 * m) * H_b \quad m : \text{pente des fonds}$$

Donc : $X_p = (4 - 9,25 * 0,05) * 9,96$

$$\Rightarrow \boxed{X_p = 35,15 m} \quad \text{(Distance parcourue par le déferlement)}$$

Les autres résultats sont rassemblés dans le tableau suivant :

Tab 08: récapitulatif des différents résultats calculés

DIRECTION	T(s)	H _b (m)	H _b /gT ²	α	β	db _{min} (m)	db _{max} (m)	X _p (m)
N 040	6	7,06	0,02	-	-	-	-	24,92
	9	9,96	0,012	1,6	1,23	12,08	15,93	35,15
N 330	6	4	0,011	1,59	1,13	4,52	6,36	14,12
	12	5,37	0,006	1,5	0,95	6,4	8,95	28,95
N 000	9	8,16	0,001	1,58	1,15	9,38	12,86	28,8
	12	10,01	0,007	1,55	1,05	10,51	15,51	35,33

On a pris la houle de projet de la direction Nord-ouest qui représente les houles dominantes.

Conclusion :

La houle statistique (quinquennale) : H_{stat} est de 7,20 m de la direction Nord.

La houle en fonction du vent : H_s est de 7,40 m, avec une période T_m=10,1 S. Et un fetch de 711 km. De la direction N 040.

La houle réfractée : H₀ est de 3,71 m, d'une période T_m=12 S, de la direction N 330.

La houle de déferlement : H_b est de 5,37 m, d'une période T_m=12 S, de la direction N 330.

La houle de dimensionnement prise en compte : H_d = 5,37 m pour le projet.

1.3 L'ETAT INITIAL DE LA ZONE D'ETUDE :

Introduction :

Ain-Taya a subi des transformations très notable sur ses côtes, ces phénomènes sont engendrés par une érosion très importante le long de ses plages et falaises, on va avoir un aperçu sur l'état général des rivages de Ain-Taya et celle de notre zone d'étude :

1.3.1 L'EROSION COTIERE:

L'espace de notre zone d'étude a connu une très grande diversité de transformations dynamiques, il s'agit essentiellement de :

- La déstabilisation de la falaise, soumise à une intense érosion avec des risques d'affaissement,
- L'amaigrissement de la plage, ce phénomène est lié au prélèvement abusif du sable et aux aménagements au bord de mer ayant pour conséquence une diminution du volume des transits littoraux.

a- Les formes d'érosions :

⊕ *Les falaises :*

Les falaises de Ain Taya, sont formées des mégalithes avec des calcaires, cela est dû aux mouvements tectoniques récents (exhaussement du Sahel, affaissement de la Mitidja oriental):

Schématiquement, ces falaises sont composées de :

- d'un substratum mameux imperméable fortement diastaté à la base de la falaise ;
- des terrasses sableuses ;
- d'une nappe perchée qui circule au contact des mames mais également le long des fissures.

Ces falaises sont très affectées par l'action de la mer dont le sapement de la base se traduit par la formation d'encoches marines (voir fig.10), suite à quoi les immeubles sont menacés par cette érosion des falaises.

⊕ *Les plages :*

Les plages sont par définition des formes littorales d'accumulation de sables ou de galets par les vagues et les courants marins.

La plage de Kef Ain Taya et de Ain Taya (Tamaris), sont en cours de démaigrissement et de recul, il suffit pour s'en convaincre de voir aujourd'hui les constructions immergées sur les avants plages alors qu'elles avaient été érigées en arrière plage, sur les dunes qui les bordent.

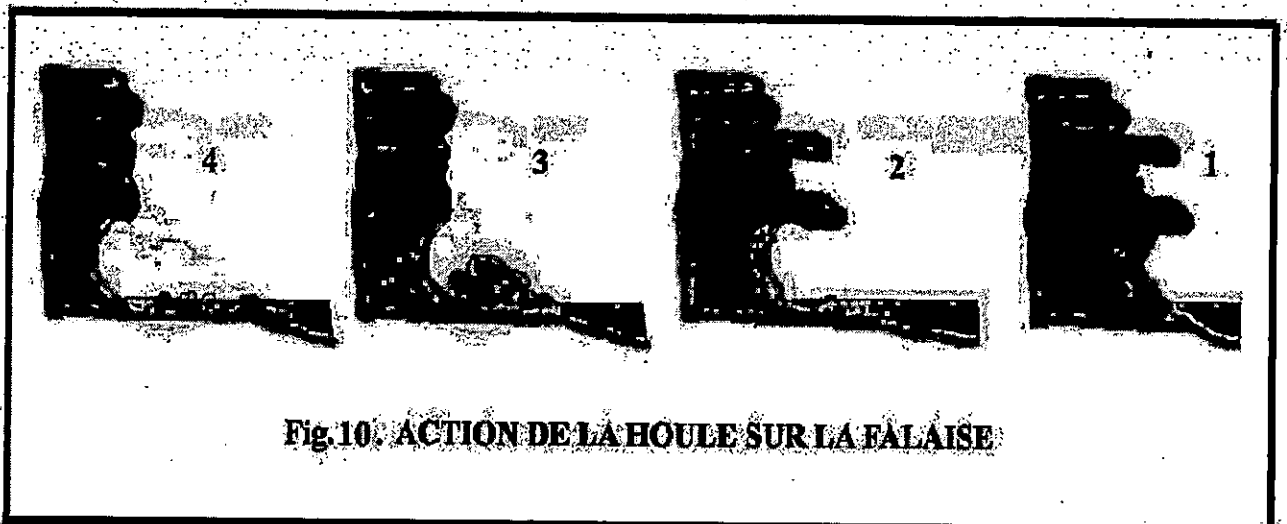


Fig.10. ACTION DE LA HOULE SUR LA FALAISE

b- Les causes de l'Erosion :

☼ *Les courants, les houles et les vents :*

Les courants marins, d'origines diverses ont une influence directe sur les processus sédimentaires ;

Les houles, par l'énergie qu'elles dissipent à l'approche de la côte et suivant l'obliquité de leur attaque vis-à-vis du rivage, provoquent soit des transits perpendiculaires, soit des transits parallèles à la plage ;

Si une alimentation ne vient pas compenser le transit littoral, celui-ci va par des quantités importantes de matériaux mis en mouvements entraîner un déficit sédimentaire et une érosion importante du littoral.

Les tempêtes :

Les houles et les vagues associées à des pleines mers de vives eaux, attaquent les hautes plages, et peuvent emporter le cordon littoral et submerger l'arrière plage.

L'eau :

L'eau a un rôle primordial dans l'érosion des falaises, le lessivage permanent par les résurgences du contact marnes-terrasses sableuses et le long des diaclases (fissures), crée une pellicule d'altération à aspect savonneux qui fragilise les faciès ; ils sont ainsi décapés par le jet de rive et les tempêtes.

Les eaux usées :

Le ruissellement et l'infiltration des eaux usées déversées au niveau des plages (exp : plage de Kef Ain Taya) a accentué le phénomène de l'érosion, dû à l'arrêt de la station d'épuration de Ain-Beida.

Les houles :

Le déferlement de la houle occasionne des chocs répétés sur le rivage qui seraient à l'origine de la déstabilisation et la fissuration de la structure rocheuse et une augmentation de la pression interstitielle de l'eau contenue dans les fissures.

Les ruptures se réalisent suivant les réseaux de diaclases ouvertes ; ainsi des dièdres rocheux de dimensions variables sont arrachés, créant des « hors profils » instable, aussi le recul des falaises évolue-t-il par éboulements successifs.

Les terrasses formées de sables grésifiés et de sable rubéfiés sont le siège de fréquents effondrements en période hivernale.

Les sables rubéfiés constituent la partie supérieure des plans de rupture verticaux, leur instabilité entraîne la création de niches d'arrachement au sommet de la falaise, ainsi l'éboulement des marnes engendre souvent la formation de sous cavité à la base de la falaise qui entraîne l'effondrement de la falaise.

L'homme :

L'homme agit sur la zone côtière par :

- L'extraction et l'utilisation de sable des plages et des dunes pour les besoins de constructions, ont contribué à l'accélération de l'érosion côtière, ce phénomène est constaté à Ain-Beida (commune de Ain Taya).
- L'arasement des dunes bordières déstabilise les plages, pour des raisons liées à l'urbanisation, or les dunes participent activement à l'équilibre des plages parce qu'elles constituent une réserve de sable, et ont un rôle protecteur lorsqu'il y a déferlement des vagues de tempêtes.

c- Les conséquences de l'érosion côtière

L'érosion côtière de la zone d'étude a engendré les conséquences suivantes :

- le recul du trait de côte et la disparition des plages.
- La destruction d'ouvrage côtier et la difficulté d'accès vers les plages.
- L'avancée de la mer

Conclusion :

Les mouvements dynamiques (l'érosion côtière et décapage des sols), dans notre zone sont provoqués par des facteurs naturels, mais accélérés par des facteurs anthropiques générant ainsi de graves problèmes environnementaux.

1.3.2 DIAGNOSTIC DE LA STABILITE DE LA FALAISE DE KEF AIN-TAYA :

Les marnes du pied de la falaise, en contact avec l'atmosphère et les intempéries, se décompriment lentement (quelque cm/an), et deviennent friables et sensibles aux attaques de la mer. Très lentement des creusements s'effectuent dans ces marnes, sous-cavant l'ensemble de la falaise, lorsque ce sous-cavage devient important, des pans entiers de falaise glissent et forment un éboulis en pied que la mer remanie peu à peu et le phénomène se poursuit selon le processus bien connu du recul des falaises.

S'ajouté à cette érosion de pied une érosion des couches supérieures sous l'effet des intempéries, mais surtout de l'écoulement de la nappe perchée au dessus de la marné, les écoulements entraînant des matériaux, la partie supérieure de la falaise est constituée de matériaux cohésifs ou cimentés qui garantissent une stabilité d'ensemble satisfaisante, seuls quelques éléments localisés sont instables en paroi, ils sont en surplomb ou désolidarisés de l'ensemble de la falaise.

1.3.3 SEDIMENTOLOGIE :

Le site d'étude est formé de falaises, de petites et grandes plages. À l'Ouest de la zone d'étude une petite plage de quelques dizaines de mètres de longueur est formée entre deux avancées locales de la falaise. Cette plage a connu lors de ces dernières années une avancée de son trait moyen, elle n'a pas connu par contre de perte considérable en sable, le Centre et l'Est du site de la plage ont subi un dégarnissement d'une épaisseur de 10 cm à 50 cm environ. «Note technique de la SOGREAH».

1.3.4 LE TRANSPORT LITTORAL :

(L'étude sédimentologique est présentée dans la note technique SOGREAH de mars 1983).

Le site est constitué d'une falaise formant une légère souille sur le littoral. A l'Ouest de la zone une petite plage de quelques dizaines de mètres de longueur est coincée entre deux avancées locales de la falaise, le stock de sable est équilibré, instable.

Des transits vers le large se produisent lors des tempêtes, toute fois, la pollution de cette plage due au déversement direct des eaux usées, les difficultés d'accès et le manque d'attraction touristique de la zone la rendent sans intérêt particulier et aucune mesure spéciale n'a été envisagée pour sa conservation.

Le tiers Est du site à étudier, constitue au contraire, l'extrémité Ouest de la grande plage d'Ain Taya, cette plage est limitée par l'Ouest par le sailli de falaise concernée par l'étude, et à l'Est par d'autres falaises.

Globalement, cette plage est en équilibre comme toute plage, elle est soumise à des fluctuations saisonnières avec des transits alternés en particulier, la zone Ouest est dégamie lors des transits liés aux houles dominantes de Nord-ouest et aux fortes tempêtes, la plage peut alors se retrouver temporairement dégamie, avec affouillement des ouvrages de protection mis en place dans le passé et attaque direct du pied de falaise et des ouvrages d'accès par la mer.

Par ailleurs, la position d'équilibre moyen de cette plage est liée à l'avancée du sailli formé par la falaise, si cet « épi naturel » régresse la plage reculera d'autant dans sa partie Ouest du point de vue sédimentologique, la protection de la falaise, arrêtant le recul de la falaise, permettra de stabiliser le recul d'ensemble de la plage à long terme.

Le pied des ouvrages de protection doit être assuré contre l'affouillement dû aux fluctuations saisonnières de la plage.

1.4 PROPOSITIONS ET RECOMMANDATIONS POUR LA PROTECTION ET LA VALORISATION DU LITTORAL EST-ALGEROIS :

Introduction :

C'est dans ce cadre que le projet de protection du rivage de Ain-Taya est né, la situation était bien connue des autorités concernées car un rapport d'étude fait par la SOGREAH en 1984, posait déjà le problème de l'érosion de la falaise de Kef Ain-Taya, mais la menace sur les habitations n'était pas aussi importante, après évolution de la situation, le risque est devenu trop sérieux.

Il fallait vite agir en conséquence, et c'est là que les textes institutionnels ont bien joué leur rôle dans le démarrage du projet de protection de la côte de Ain-Taya.

Ce projet entre dans le cadre de concrétisation du programme d'aménagement côtier (PAC), dont l'objectif est de préserver et d'assurer une utilisation rationnelle et durable des ressources y afférentes. (M.REBAH Mai 99)

1.4.1 CADRE LEGISLATIF ET INSTITUTIONNEL :

La situation inquiétante de dégradation continue de cet espace stratégique, a donné lieu à une réaction forte du gouvernement, déterminé désormais à tout mettre en œuvre pour renverser cette tendance.

La mort lente des plages algériennes est la preuve que le littoral a souffert à la fois des grandes lacunes en matière de textes réglementaires et de l'absence de structures de prise en charge de cet espace.

La loi n° 02-02 du 05 février 2002, relative à la protection et à la valorisation du littoral, a comblé le vide juridique qui donnait libre cours aux atteintes à l'état naturel du littoral, et constitue l'instrument privilégié de mise en œuvre de la stratégie, pour la sauvegardé et la valorisation rationnelle de l'espace côtier et ses ressources.

Parmi les principes fondamentaux de la loi sont :

- Les actions du développement doivent s'effectuer dans le cadre de la politique nationale d'aménagement du territoire et de protection de l'environnement,

- Classer dans les documents d'aménagement du littoral comme aire protégée et frappée de servitudes de tous les sites présentant un caractère écologique, culturel et touristique,
- toute activité de mise en valeur du littoral doit tenir compte de la vocation naturelle des régions considérées;
- 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.

1.4.2 MESURE POUR LA PROTECTION ET LA VALORISATION DU LITTORAL :

La loi n° 02-02 du 05 février 2002, définit dans son article 7 (annexe n° 01) que le littoral englobe l'ensemble des îles et îlots, le plateau continental ainsi qu'une bande de terre d'une largeur minimale de huit cents mètres (800m), longeant la mer et incluant :

- les versants de collines et montagnes,
- les plaines littorales de moins de trois kilomètres (3km) de profondeur à partir des plus hautes eaux maritimes,
- les massifs forestiers,
- les terres à vocation agricole,
- les zones humides et les sites présentant un caractère paysager, culturel ou historique.

Le littoral comprend une zone spécifique qui fait l'objet de mesure de protection et de valorisation dénommée zone côtière (Art 08 annexe n° 01) qui comprend :

- le rivage naturel,
- les îles et les îlots,
- les eaux inférieures maritimes
- le sol et le sous-sol de la mer territoriale.

A cet effet, des dispositions relatives à la protection et la valorisation du littoral, sont énoncées par la loi La loi n° 02-02 du 05 février 2002, portant ces points qu'on a retenus :

- aucune construction et aucun travail d'aménagement ne doit être entrepris dans ces espaces naturels (Art 10 annexe n° 01) à l'exception toutefois des installations ou constructions légères destinées à leur gestion ou à leur mise en valeur,
- un contrôle de tous les rejets urbains industriels et agricoles (Art 28 annexe n° 01) susceptible de dégrader ou polluer le milieu marin doit être effectué régulièrement,
- les constructions et les occupations du sol sur la bande littorale liées directement aux fonctions des activités économiques autorisées par les instruments d'aménagement et d'urbanisme sont strictement réglementées (Art 14 annexe n° 01),
- les opérations d'endiguement, et de remblaiement ne sont plus autorisées lorsqu'elles portent atteinte à l'état naturel du rivage (Art 19 annexe n° 01) ; elle ne sont autorisées que dans le cas où elles sont justifiées par des installations liées à l'exercice d'un service public ou en raison d'impératif de protection de la zone concernée.

Dans le cadre de la mise en œuvre de cette loi, une stratégie d'action s'articulant autour de deux axes :

1. l'action curative consiste à corriger les distorsions découlant des erreurs du passé et notamment la prise en charge des pollutions générées par les installations industrielles côtières, le traitement des eaux usées des centres urbains côtiers et enfin la reconstitution et la restauration des espaces naturels dégradés.

2. l'action préventive, elle vise à mettre en œuvre une stratégie de prévention de la dégradation du littoral et du milieu côtier par la mise en place d'une politique économique de l'espace côtier en limitant au strict minimum l'occupation longitudinale du littoral; la mise en place de dispositifs adaptés de défense contre la mer, de nouveaux matériaux de substitution au sable des plages et la connaissance des ressources halieutique.

Ceux qui contreviennent aux dispositions de la loi relative à la protection et la valorisation du littoral sont sévèrement punis par les juridictions compétentes.

Des peines d'emprisonnement de 3 mois à 2 ans et des amendes peuvent aller jusqu'à 2 millions de dinars avec confiscation des moyens ayant servi à l'extraction.

Ces infractions sont :

- l'implantation d'activités industrielles sur le littoral (Art 15),

- L'extraction de matériaux au niveau des zones adjacentes aux plages, des plages, des dunes littorales, lorsque leur équilibre ou leur patrimoine sédimentaire est menacé (Art 20),
- L'extraction de matériaux sous marins en offshore jusqu'à la limite de l'isobathe des 25 mètres (Art 21)
- La circulation et le stationnement des véhicules automobiles sur le rivage naturel (Art 23),
- L'accès au niveau des zones côtières où les sols et la ligne côtière sont fragiles ou menacés d'érosion, sont classées en zone critique (Art 30),
- Les constructions, ouvrages, routes, parkings et aménagement de loisirs dans ces zones critiques (Art 30).

1.4.3 RECOMMANDATIONS POUR LUTTER CONTRE L'EROSION COTIERE :

L'érosion est d'abord un phénomène naturel lié aux effets météorologiques et hydrodynamiques.

Ce phénomène est accéléré par les effets perturbateurs liés à l'emprise humaine sur le rivage.

Pour lutter contre l'érosion on doit :

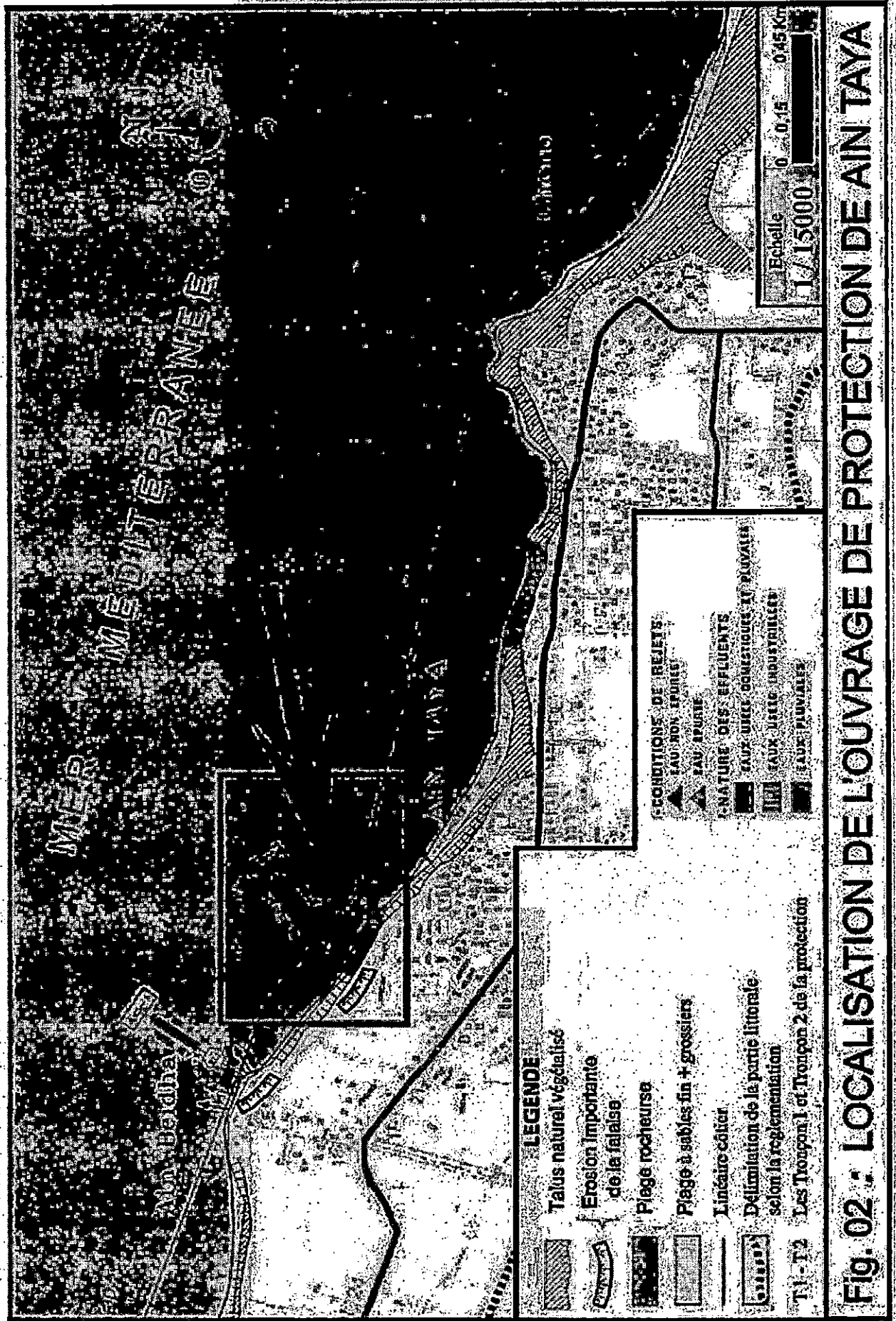
- o D'une part, avoir la possibilité d'attaquer le problème à sa source, c'est-à-dire avoir la possibilité de modifier les causes de l'érosion,
- o Et d'autre part, essayer d'inverser les tendances, ou tout au moins stabiliser les rivages, d'atténuer les effets des vagues, courants, des vents, des houles et des hommes à l'origine de l'érosion des côtes.

Conclusion :

La diversité des phénomènes à l'origine de l'érosion du littoral conduit à une diversité de moyens de protection qui ne s'opposent pas forcément les uns aux autres, mais sont souvent complémentaires.

Dans notre site ,pour faire face à l'érosion de la falaise, la protection choisie est celle d'un ouvrage longitudinal(digue à talus) ; les ouvrages longitudinaux sont construits entre la plage et les aménagements situés immédiatement en arrière (maisons, routes), ils sont souvent le dernier rempart à l'invasion de la mer.

L'ouvrage a fait l'objet d'une étude par la SOGREA en 1984, cette étude a été mise à jour par le LEM. Le choix de la protection a envisagé de multiples variantes, qui ont abouti à la fin pour une protection frontale en Blocs cubiques rainurés.



SOURCE: ANNAI 2000 MODIFIEE

CHAPITRE - 2 -

**RAPPEL DES ETUDES
ANTERIEURES REALISEES
A AIN TAYA**

INTRODUCTION :

Dans cette partie il sera fait un rappel des différentes études élaborées sur la côte de Ain taya, et les projets de protection qui ont été recommandés pour réduire, voire arrêter l'action et les agressions érosives de la mer.

Ainsi sera présentée dans ce chapitre l'étude faite par la SOGREAH en 1984, et mise à jour par le LEM en 1995, faisant apparaître les différentes variantes proposées pour régler le problème, et le choix final de la protection.

Après cette présentation, nous avons procédé à un pré dimensionnement de l'ouvrage et vérifié les résultats obtenus en comparaison avec les dimensions de l'ouvrage recommandé par le LEM et en cours de réalisation.

2.1 L'ETUDE DE SOGREAH (1984):**2.1.1 OBJET DE L'ETUDE :**

Par le marché n° 18 /81, notifié le 10 avril 1982, la D.I.B (direction des infrastructures de base) de la wilaya d'Alger ancienne appellation de la DTP a confié à SOGREAH bureau d'études en hydraulique (France), l'étude de la protection de plusieurs sites du littoral entre Bab El-Oued et Boudouaou El-Bahri, dont celui de Ain-Taya.

Sur chaque site maritime, il a été procédé :

- à un levé bathymétrique (août 1982).
- à des prélèvements des sédiments meubles (octobre 1982).
- à des analyses granulométriques (novembre, décembre 1982).
- à des calculs de houles après réfraction (août 1982).

2.1.2 AVANT-PROJET SOMMAIRE : - mars 1983 -**a)- AMENAGEMENTS ENVISAGES :**

Il n'existe pas de hauts-fonds devant le site et dans la partie centrale de la zone, la ligne (- 3,00 m) est assez proche du pied de falaise, la seule protection possible pendant qu'il en est encore temps doit porter sur les actions suivantes :

- Un ouvrage maritime de protection en pied de falaise pour arrêter définitivement l'érosion due à la houle.
- Des travaux terrestres comprenant une purge, un drainage des eaux et un réglage du talus de la falaise en faisant disparaître tout surplomb et en stabilisant, si possible, les parties friables.

L'ouvrage maritime a été implanté en fonction des impératifs ci-après:

- Accès terrestre vers l'extrémité Nord-ouest du site en utilisant au mieux une des gorges étroites qui descend vers la mer. Cet accès prévu qui a une pente de 10%, se raccorde assez bien à la route la plus proche et la pente pourrait être atténuée si nécessaire.
- Implantation de l'ouvrage sans que des souilles draguées soient nécessaires pour le pied de carapace.
- Décalage de la voie de circulation du pied de falaise pour limiter les chutes de pierre sur cette voie.

Par ailleurs, les choix ci-dessous ont été retenus :

- Les gros blocs d'enrochement tombés en pied de falaise ne seront pas systématiquement utilisés car ils devaient être repris, stockés, cassés et classés.

- L'aménagement est arrêté à ce stade des études à l'escalier qui descend près de l'hôtel tamaris, un prolongement vers l'Est pourrait être décidé ultérieurement.

b)- DEFINITION DES SECTIONS DE PROTECTION :

Les sections de l'ouvrage maritime sont calculées pour les caractéristiques suivantes de la mer et du fond :

- niveau maximal de la mer (+1,00) NGA.

SECTION PRINCIPALE - SECTION A - :

- profondeur maximale devant l'ouvrage (-3,00 m)
- pente du fond devant l'ouvrage : $m=0,05$.
- houle période $T_m=10s$, amplitude déferlante $H_b=4,85m$

La carapace de protection peut être choisie parmi les options suivantes :

➤ **Enrochements naturels – section A1**

- Densité : 2,6.
- Poids moyen calculé : 9,21 t à la pente 3 /1.
- Catégorie proposée : 6 à 12 t.
- Epaisseur en deux couches : 3,5m.

➤ **Blocs cubiques en béton –section A2**

- Densité : 2,4.
- Poids calculé : 11,13 t à la pente 3/2.
- Blocs retenus : 5 m³ (12 t).
- Epaisseur en 2 couches en vrac : 3,85m.

➤ **Blocs accropodes : - section A3.**

- Densité : 2,4.
- Poids calculé : 7,27 t à la pente 4/3.
- Blocs normalisé retenu : 4 m³ (9,6 t).
- Epaisseur en une couche : 2,3 m.

Les franchissements exceptionnels ne présentent pas un danger pour l'arrière, la côte du couronnement est fixée à une hauteur H_b , soit $4,85 + 1 = +5,85$ arrondi à $+6,00m$, la voie de circulation est prévue à $+5,00m$.

SECTION ALLEGEE COTE EST - SECTION B - :

- Profondeur maximale possible (-0,50 m).
- Pente de la plage : $m=0,1$. (pente assez raide)
- Houle période $T_m=10s$, amplitude déferlante $H_b=3,0m$.

La carapace de protection peut être choisie parmi les options suivantes :

➤ **Enrochements naturels - section B1**

- Densité : 2,6.
- Poids moyen : 3,3 t à la pente 2/1.
- Catégorie proposée : 3 à 5 t.
- Epaisseur en 2 couches : 2,70 m.

➤ **Blocs cubiques en béton – section B2**

- Densité : 2,4.
- Poids calculé : 2,63 t à la pente 3/2.
- Blocs retenus : 1,2 m³ (2,9 t).
- Epaisseur en 2 couchés en vrac : 2,36 m.

➤ **Blocs accropodes : section B3**

- Densité : 2,4.
- Poids calculé : 1,72 t à la pente 4/3.
- Bloc normalisé retenu : 0,8 m³ (1,92 t).
- Epaisseur en une couche : 1,34 m.
- La voie de circulation est abaissée à (+4,50).

▪ **Application des sections :**

Les sections « A » sont prévues entre les profils A et J, les sections « B » à l'Est du profil J.

Pour prévoir toute érosion ultérieure, les sections B sont construites dans une souille calée à (- 0,50 m) en cas de fond meuble ou bien direct sur le rocher. Le sable ainsi dégagé est laissé sur la plage, à l'avant de l'ouvrage. Les murs de protection existants, devant l'hôtel tamaris, ne sont pas modifiés et sont noyés dans l'ouvrage.

Le raccord des escaliers sur l'ouvrage maritime sera effectué en fin de chantier.

▪ **Estimation des sections de protection :**

Une première comparaison entre les divers types de carapace permet de sélectionner la section type la plus économique.

Carapace en enrochements naturels A1 et B1 (tab 09).

Carapace en blocs cubiques de 5 m³ pour la section A2 et 1,2 m³ pour la section B2 (tab 10).

Carapace en accropode de 4 m³ pour la section A3 et 0,8 m³ pour la section B3 (tab 11)

Tab 09 : tableau estimatif pour solution de carapace en enrochements naturels

DESIGNATION	UNITE	SECTION A1			SECTION B1		
		QUANTITE	COUTS UNITAIRE	COUTS PARTIELS	QUANTITE	COUTS UNITAIRE	COUTS PARTIELS
T.V.C 1 - 500 Kg	t	118,00	180,00	21 240,00	55,00	180,00	9 900,00
Enrochements 0,25 - 1,5 t	t		200,00	0,00	15,00	200,00	3 000,00
Enrochements 0,75 - 1,5 t	t		200,00	0,00	34,00	200,00	6 800,00
Enrochements 1,5 - 3,0 t	t	70,00	230,00	16 100,00		230,00	0,00
Enrochements 3,0 - 5,0 t	t	45,00	230,00	10 350,00	51,00	230,00	11 730,00
Enrochements 6,0 - 12,0 t	t	146,00	255,00	37 230,00		255,00	0,00
Déchets de carrière	t	26,50	140,00	3 710,00		140,00	0,00
Excavation à terre	m ³		40,00	0,00	22,00	40,00	880,00
imprévus divers 5%				4 430,00			1 610,00
TOTAUX (DA HT) base janvier 1983				93 060,00			33 920,00

Tab 10 : tableau estimatif pour solution de carapace en blocs cubiques de 5 m³ et 1,2 m³

DESIGNATION	UNITE	SECTION A2			SECTION B2		
		QUANTITE	COUTS UNITAIRE	COUTS PARTIELS	QUANTITE	COUTS UNITAIRE	COUTS PARTIELS
T.V.C 1 - 500 Kg	t	118,00	180,00	21 240,00	55,00	180,00	9 900,00
Enrochements 0,25 - 0,75 t	t		200,00	0,00	29,00	200,00	5 800,00
Enrochements 0,25 - 1,5 t	t		200,00	0,00	17,00	200,00	3 400,00
Enrochements 0,5 - 1,0 t	t		200,00	0,00		200,00	0,00
Enrochements 1,0 - 2,0 t	t	43,50	230,00	10 005,00		230,00	0,00
blocs de beton	m ³	33,00	1 365,00	45 045,00	11,60	1 365,00	15 834,00
Dechets de carrière	t	26,50	140,00	3 710,00		140,00	0,00
Excavation à terre	m ³		40,00	0,00	22,00	40,00	880,00
imprévus divers 5%				4 000,00			1 786,00
TOTAUX (Da Ht) base janvier 1983				84 000,00			37 600,00

Tab 11 : tableau estimatif pour solution de carapace en accropode de 4 m³ et 0,8 m³ :

DESIGNATION	UNITE	SECTION A3			SECTION B3		
		QUANTITE	COUTS UNITAIRE	COUTS PARTIELS	QUANTITE	COUTS UNITAIRE	COUTS PARTIELS
T.V.C 1 - 500 Kg	t	118,00	180,00	21 240,00	55,00	180,00	9 900,00
Enrochements 0,25 - 0,75 t	t		200,00	0,00	24,00	200,00	4 800,00
Enrochements 0,25 - 1,5 t	t		200,00	0,00	15,00	200,00	3 000,00
Enrochements 0,5 - 1,0 t	t	56,00	200,00	11 200,00		200,00	0,00
blocs de beton	m ³	16,00	1 440,00	23 040,00	7,00	1 440,00	10 080,00
Dechets de carrière	t	26,50	140,00	3 710,00		140,00	0,00
Excavation à terre	m ³		40,00	0,00	22,00	40,00	880,00
imprévus divers 5%				2 960,00			1 430,00
TOTAUX (Da Ht) base janvier 1983				62 150,00			30 090,00

De cette première comparaison, on aboutit aux conclusions suivantes :

- * En section principale A, une carapace en acropode de 4 m³, permet le coût d'investissement le plus faible
 - 35% de plus pour blocs cubiques,
 - 50% de plus pour les enrochements naturels.
- * En section B, les sections avec enrochements naturels et avec acropodes, ne présentent qu'une différence de 12% au profit du bloc acropode .Il peut sembler intéressant de choisir la section B1(enrochements naturels) pour le cas échéant, utiliser des enrochements déjà sur place en pied de falaise .

- Estimation du coût de la solution recommandée : Voir (Tab 12)

Tab 12 : estimation du coût de la solution recommandée par la SOGREAH:

DESIGNATION	AVANT - METRES			CÔUTS	
	QUANTITE (m3)	DENSITÉ	POIDS (t)	CÔUTS UNITAIRE	CÔUTS PARTIELS
INSTALLATION DE CHANTIER (Total1)					2 200 000,00
SECTION A3 T.V.C 1 - 500 Kg	21 900,00	2,00	43 800,00	180,00	7 884 000,00
Enrochements 0,5 - 1,0 t	11 400,00	1,85	21 090,00	200,00	4 218 000,00
Béton Acropode 4m3	5 900,00		0,00	1 440,00	8 496 000,00
Déchets de carrière	4 800,00	2,00	9 600,00	140,00	1 344 000,00
Total (2)					21 942 000,00
SECTION B1 T.V.C 1 - 500 Kg	4 800,00	2,00	9 600,00	180,00	1 728 000,00
Enrochements 0,25 - 1,5 t	3 150,00	1,90	5 985,00	200,00	1 197 000,00
Enrochements 0,75 - 1,5 t	1 390,00	1,85	2 570,00	200,00	514 000,00
Enrochements 3,0 - 5,0 t	5 100,00	1,80	9 180,00	230,00	2 111 400,00
Excavation à terre					160 000,00
Total (3)	58 440,00		101 825,00		5 710 400,00
TOTAL (1) + (2) + (3)					29 852 400,00
Imprévus divers et drainage (15%)					4 477 600,00
TOTAL GENERAL (DA HT) Base janvier 1983					34 330 000,00

2.1.3 AVANT-PROJET DETAILÉ :

a)- DESCRIPTION DES OUVRAGES :

A la demande de l'administration, la protection a été prolongée de 150 m vers l'Ouest par rapport à ce qui avait été projeté dans l'avant-projet sommaire.

La longueur totale protégée s'étend donc sur 640 m depuis le parc des travaux publics jusqu'à 50 m environ à l'Est de l'escalier d'accès actuel à la plage d'Ain taya.

Compte tenu de la hauteur de la falaise, un seul accès est prévu pour les travaux, à 200 m à l'Est de l'extrémité Ouest de la protection

b)- OUVRAGE MARITIME DE PROTECTION DE LA FALAISE :

La protection maritime de la falaise consiste, après purge de la falaise et enlèvement ou pétardage des gros blocs accumulés à son pied (pour ceux qui sont sous l'emprise de l'ouvrage), à réaliser une protection frontale au pied de falaise.

On distingue deux sections :

Section A : zone Ouest :

Cette section s'applique sur 510m, le noyau de tout-venant 1-500 kg de 6 m de largeur en crête à +5,00 est réalisé éventuellement sur les délais de pétardage avec élimination des matériaux hors profil.

La couche de transition en matériaux, de 0,5 - 1 t pour le profil accropode ou 0,5 - 2 t pour le profil blocs cubiques, a respectivement 1,60 m à 1,70 m minimum d'épaisseur théorique.

- la carapace est réalisée :

- soit en blocs accropodes de 4 m³.
- soit en blocs cubiques de 5 m³.

Un massif de pied en enrochement de 1,05 – 3 t, est mis en place en avant de la carapace pour éviter les affouillements.

Section B : zone Est :

Cette section s'applique sur 190 m en haut de plage, la section est plus légère puisque nous avons sollicité que la section A:

Le noyau tout-venant 1 – 500 kg de 6 m de largeur à la côte +4,50 est réalisé après creusement d'une souille dans le sable de la plage.

Deux types de profils sont possibles :

- soit avec une carapace en bloc accropode de 0,8 m³ avec une couche de transition en enrochement de 0,5 – 1 t.
- soit avec une carapace en enrochement de 3 – 5 t avec une couche de transition en enrochement de 1,5 – 3 t.

Dans les deux cas, le pied de la carapace ensouillé et un massif de pied en enrochement de 1 à 2 t, protégé l'ensemble contre les affouillements qui pourraient résulter d'un dégraissement de la plage.

c)- TRAITEMENT DE LA FALAISE :

Comme indiqué dans le rapport de reconnaissance géotechnique (rapport de la SOGREAH) les marnes constituent un niveau étanche inférieur pour une nappe aquifère qui s'écoule vers la mer.

Le drainage de cette nappe entraîne des érosions et localement de petits glissements.

Il y aura lieu de drainer les eaux, à l'aide de drains sub-horizontaux percés au niveau de l'interface marne/grés, de manière à concentrer les écoulements dans ces drains et recueillir les eaux de la nappe dans des cannaux spécialement aménagés pour les recueillir en même temps que les eaux de pluies, afin que l'écoulement se forme sans évolution dommageable pour la falaise.

Ces drains réalisés par forage horizontal, tous les 3 m, le diamètre de forage est de 100 mm, un tube drainant en céramique poreuse ou en plastique annelé et perforé de diamètre 80 mm est enfilé dans le forage, une profondeur de 4 à 5 m s'avèrera nécessaire compte tenu de la distance prévue entre drains.

Les eaux de pluies et des drains précédents seront collectés dans une fosse parallèle à l'ouverture coté falaise, des traversées seront assurées tout les 10 m en réalisant une tranchée perpendiculaire à l'ouvrage qui sera remplie de matériaux drainant entouré d'un filtre synthétique anti-contaminant.

Par ailleurs, la falaise elle-même sera simplement reprofilée afin d'éviter les dangers que pourraient constituer les chutes de matériaux sur les promeneurs qui pourraient circuler sur la piste de l'ouvrage de protection; Compte tenu de la hauteur de la falaise, il n'est pas prévu de protection de sa face verticale.

La protection du pied, le reprofilage et le drainage des eaux constitueront une amélioration importante par rapport à l'état actuel et ralentiront sensiblement l'évolution de la falaise sans qu'il soit besoin de recourir à court ou à moyen terme à une protection de surface dont l'exécution s'avèrerait extrêmement onéreuse.

d)- AVANT-METRES ET COÛT DE L'AMÉNAGEMENT :

Seules les variantes en blocs artificiels ont été conservées

- Aménagement global :

Le montant estimé sur la base des conditions économiques de janvier 1984 (50.538.200 DA HT), pour la solution acropode confirme les estimations faites dans l'avant-projet sommaire (34.330.000 DA HT en base janvier 1983).

2.1.4 RAPPORT FINAL DES ETUDES DE SOGREAH:(MAI 1984)

Le résumé de l'étude SOGREAH de 1983 est rappelé comme suit :

Les essais de laboratoire effectués sur les marnes confirment le caractère rocheux, que laissent prévoir les fortes résistances de pointe au pénétromètre.

Enfin, il faut noter la présence d'une nappe perchée au dessus des marnes.

La présence de la falaise continue, impose d'abord la réalisation d'une piste d'accès au pied de cette falaise dès le début des travaux.

On peut considérer que l'aménagement de protection doit remplir deux fonctions :

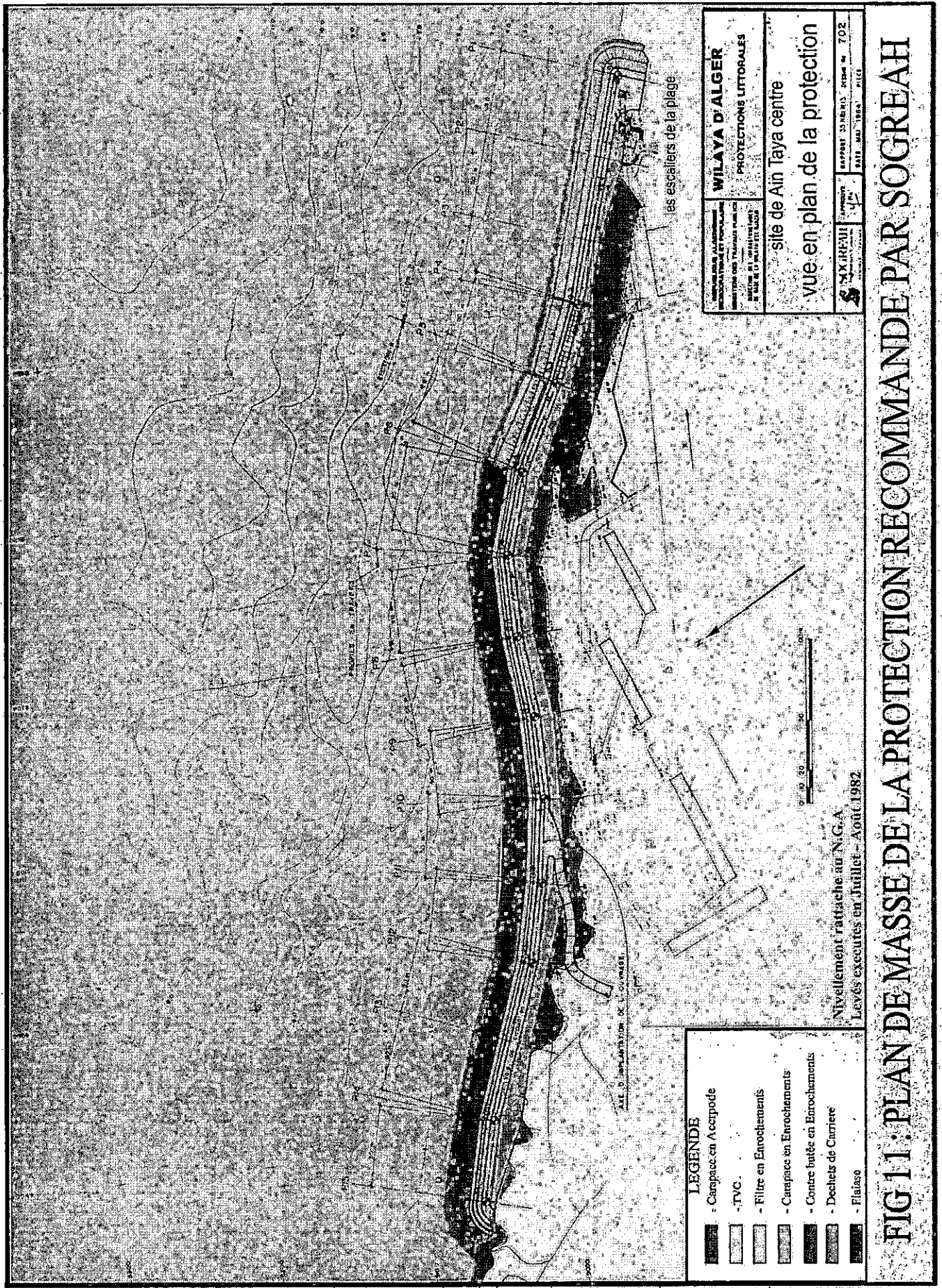
- protection contre l'action de la mer afin d'arrêter le recul du pied.
- traitement de la falaise en partie supérieur.

ESQUISSE D'AMÉNAGEMENT POSSIBLE :

La protection retenue par SOGREAH comprend donc : (voir plan de masse fig- 11)

SECTION1. : type A3 sur 370 m protection en acropodes. (voir fig.12)

SECTION2. : type B1 sur 175 m. protection en enrochements (voir fig.13)



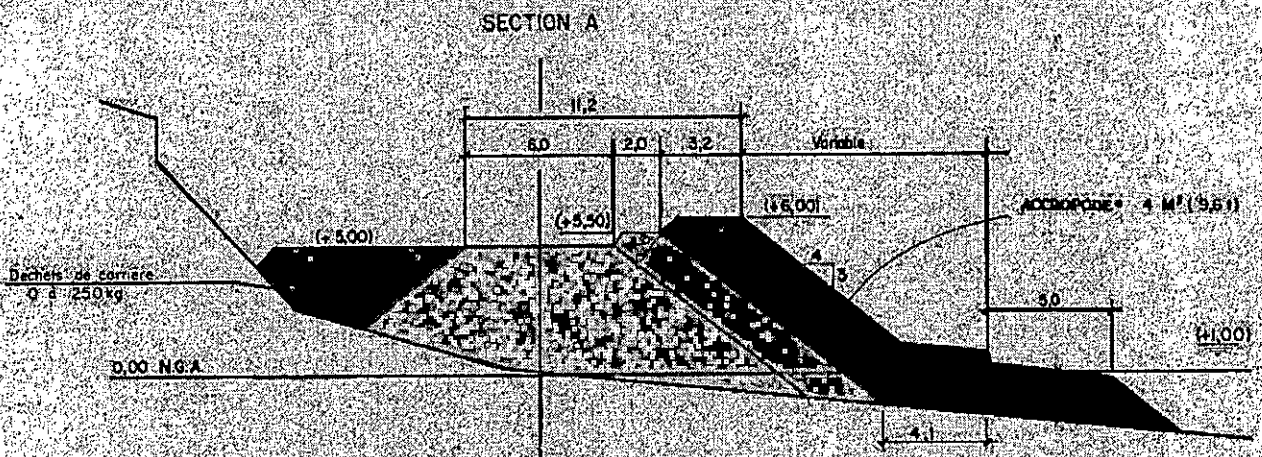


Fig 12 . profil en travers section A3 type accropode

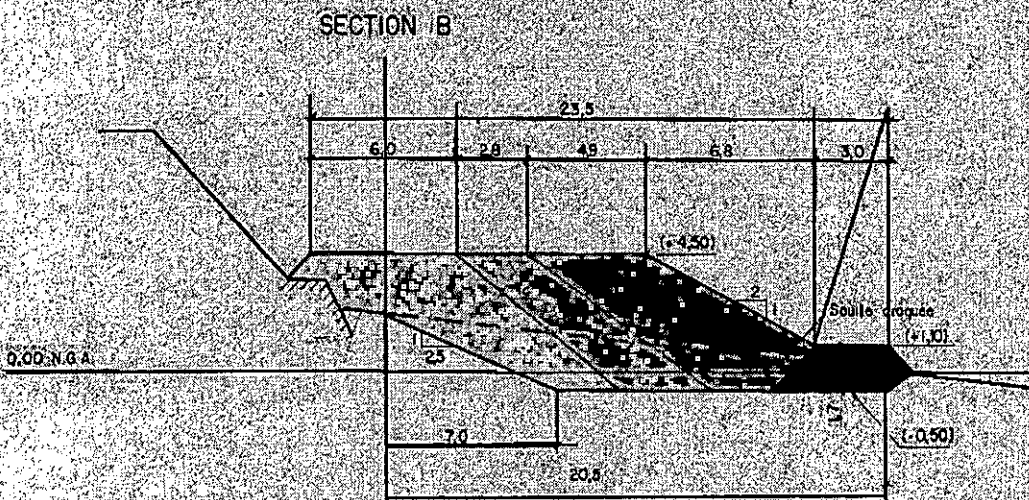








Fig 13 . profil en travers section B1 type enrochement

LEGENDE

-  - Carapace en accropde (4m³, 9,6t)
-  - TVC 1-500 kg
-  - Filtre en enrochements
section A3 (0,5 -1t)
section B1 (0,75 -1,5t)
-  - Carapce en enrochements (3 - 5t)
-  - Contre butée en Enrochements
section A3 (1 - 2t)
section B1 (0,75 -1,5t)
-  - Dechets de Carriere

ECHELLE



Source : APD SOGREAH

2.2 ETUDE L.E.M. (1995):

La DTP a confié au L.E.M (Laboratoire des Travaux Maritimes) en 1995, le projet de mise à jour de l'étude effectuée par la SOGREAH en 1983, pour lancer le projet de protection de la falaise de Ain-taya,

L'étude consiste à actualiser les différentes données résumées dans le rapport de SOGREAH, en contrôlant les profils recommandés en modèle réduit physique (canal à houle).

2.2.1 AVANT-PROJET SOMMAIRE :

L'étude de l'actualisation de la variante présentée dans le rapport final de « SOGREAH de 1984 » a été réétudiée vis à vis du changement des fonds remarqués entre 1982 et 1995.

La partie Ouest section A, caractérisée par une protection en blocs cubiques rainurés a été réévaluée avec une profondeur en pied de 50 cm en plus que l'étude initiale.

Le profil définitif obtenu après prédimensionnement a donné une carapace en BCR de 6 m³ (14,4t).

La partie Est section B du site a été prédimensionnée en tenant compte d'une augmentation de la profondeur de 10 cm (enrochements 4-6t).

2.2.2 CALCUL DE LA HAUTEUR MAXIMALE ET LE POIDS UNITAIRE DE LA CARAPACE :

- La profondeur a été faite pour les deux sections en prenant en considération la nouvelle profondeur en pied.
- Le prédimensionnement a donné une carapace constituée de blocs cubiques de 6 m³ au lieu de 5 m³ dans la partie Ouest et Centrale et d'une carapace en enrochements de 4 – 6 t au lieu de 3 – 6 t dans la partie Est.
- Une étude sur modèle réduit physique en canal à houle consolidera l'étude théorique pour la stabilité des blocs avec la variation des fonds, elle portera sur un profil proposé sur deux sections différentes :
 - Section A : constituée de BCR de 6 m³.
 - Section B : constituée d'enrochement de 3 – 6 t.

Tab 13 : Tableau estimatif de la proposition recommandé par le LEM (1995)

DÉSIGNATION	UNITE	Quantité	PRIX UNITAIRES HORS- TAXES	MONTANT en DA
tout-venant de carrière (1 - 500 Kg).	T	80 000	1 000	80 000 000
enrochement de catégorie (0,5-1,5 t).	T	31 200	1 300	40 560 000
enrochement de catégorie (1 - 3 t).	T	17 600	1 300	22 880 000
enrochement de catégorie (3 - 6 t).	T	11 050	1 500	16 575 000
extraction des matériaux pour la souille	M ³	5 130	950	4 873 500
déchet de carrière	T	25 000	950	23 750 000
béton pour bloc cubique rainuré de 6 m ³	M ³	15 140	9 000	136 260 000
TOTAL HT				324 898 500
INSTALLATION DE CHANTIER + IMPREVUS 20%				64 979 700
TOTAL GÉNÉRAL HT				389 878 200

L'estimation de la solution actualisée du LEM était de « 389 878 200 DA HT » en 1995 soit plus de 10 fois que l'estimation de sogreah de 1984 « 34 330 000 DA HT »

2.2.3 ETUDE EN CANAL A HOULE D'UNE VARIANTE DE RECHANGE PROPOSEE PAR LA SOTRAMO :(MARS 2003)

Cette étude a été effectuée sur la demande de l'entreprise de réalisation du projet de protection frontale du rivage de Ain taya. Cette requête a été acceptée par la DTP (le maître de l'ouvrage), après multiples raisons fournies par l'entreprise, et qui sont liées à la complexité de la réalisation de la protection tel qu'il a été prescrit dans le rapport final du LEM repris dans le CPS. (Voir fig.14, 15).

Les principales contraintes rencontrées par SOTRAMO sont les suivantes :

- La non possibilité de réaliser la souille dans une zone de transit littoral.
- La non possibilité d'utiliser le tir dans le site, à cause des raisons sismiques, de la fragilité de la structure de la falaise en premier lieu et risque sur les habitations environnantes.

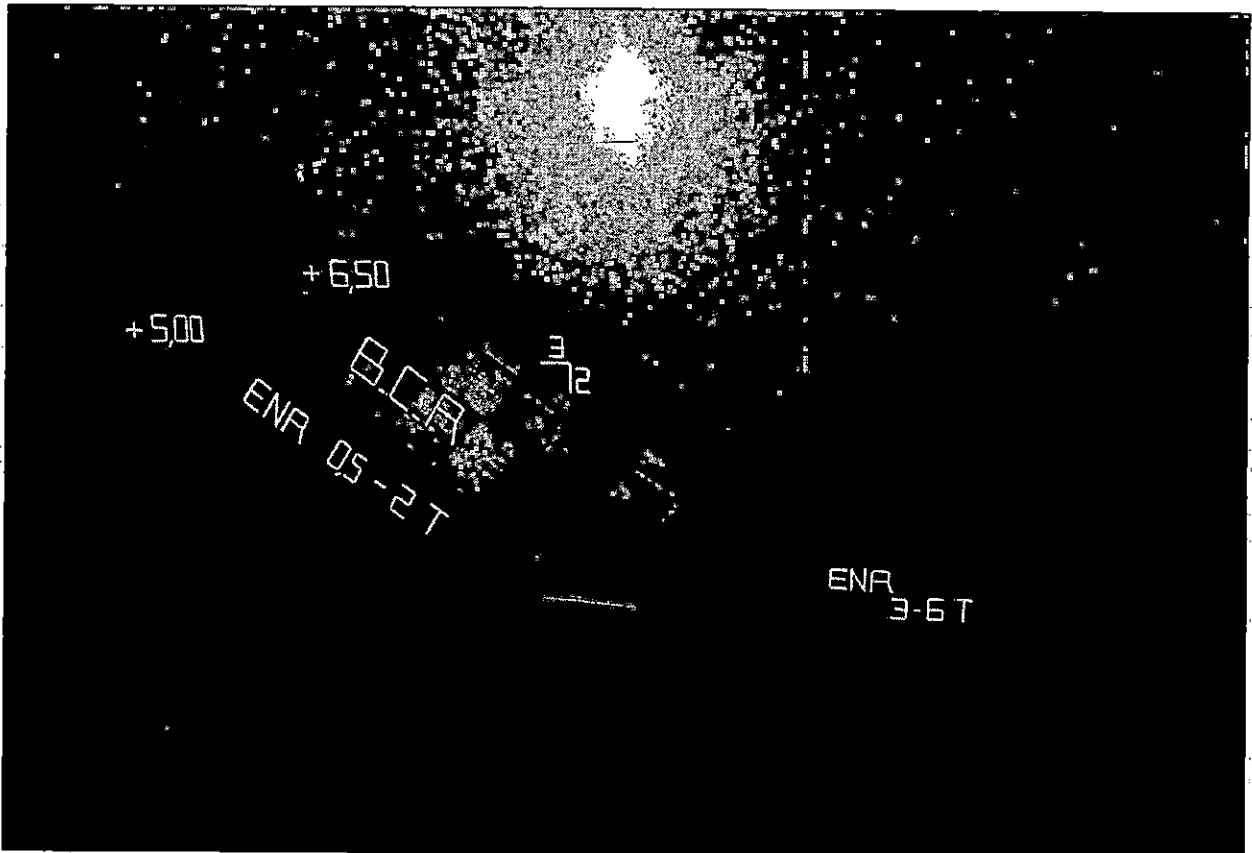


Fig 14 : ESSAI EN CANAL A HOULE VUE DE PROFIL (source LEM)

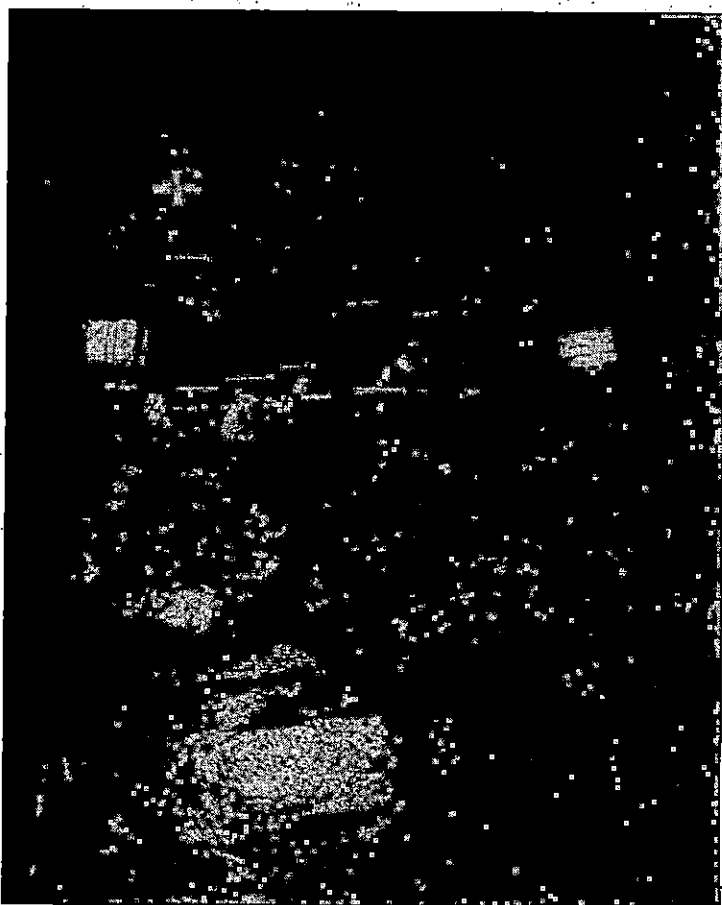


Fig 15 : ESSAI EN CANAL A HOULE VUE DE FACE (source LEM)

DESCRIPTION DES VARIANTES SOTRAMO

Le principal changement est celui de mettre une contre butée à la place de la souille.

Tronçon -1- : Pour les essais, deux variantes ont été proposées,
La seule différence entre ces deux propositions se situe dans la pente de la contre butée.

Description de la variante 1 :

Le profil type de la variante 1 (voir fig. 16) est constitué :

- Un noyau en tout venant de carrière de catégorie (1-500kg) arasé à la cote +5.00m suivant une pente 4/3 et avec une largeur de 6m.
- D'une sous couche en enrochement de poids unitaire (0.5-2t), d'une épaisseur de 1,70m et arasé à la cote +5.00
- D'une carapace en B.C.R de 9t disposés suivant deux rangées, écartés en deux blocs au dessus, d'une épaisseur de 3.40m et arasée à la cote +6.50m suivant une pente 3/2, laquelle est protégée à l'avant par une contre butée de pied constitué par des enrochement de catégorie (3-6t) d'une épaisseur de 2,40m suivant une pente 3/2.

De multiples essais ont été expérimentés sur l'ouvrage avec différentes amplitudes de la houle et différentes périodes pour l'étude de la stabilité, y compris les essais d'endurance.

Les essais d'endurances : niveau d'eau +0,50m

A fin de vérifier la stabilité de l'ouvrage à long terme, un essai d'endurance a été effectué avec les paramètres suivants :

Hs = 5,77m à l'ouvrage

Tp = 13,2 s.

La Durée de test est de 2h en modèle, ce qui correspond à une tempête de 11h environ en nature,

Les essais effectués pour la variante 1 tronçon 1 ont montré une stabilité acceptable de l'ouvrage.

On notera :

- ▶ que les franchissements ont occasionné une érosion importante du noyau en TVC lors des essais d'endurance, qui résume une fosse d'environ 1m. Il y a lieu de prévoir au niveau de cette partie un revêtement soit bitumeux en béton ou une protection en enrochements.
- ▶ Un étalement de la contre butée suivant une pente naturelle par run-down de la houle.
- ▶ La carapace en BCR 9t est stable.

Description de la variante 2 :

Le profil type de la variante 2 (voir fig. 17) diffère de la variante initiale par la pente de la contre butée qui est de 3/1 et qui est constitué :

Les mêmes essais sont expérimentés sur l'ouvrage pour étude de la stabilité dans les conditions générales de la mer, avec l'essai d'endurance.

Il a été observé de l'essai d'endurance qui suit :

- ▶ Des embruns très importants,
- ▶ Des déferlements successifs de la houle à l'ouvrage, depuis le large,
- ▶ Des franchissements importants retombant sur la berme du noyau en TVC.
- ▶ Une érosion avancée de la berme du noyau en TVC. il y a lieu aussi dans ce cas de prévoir au niveau de cette partie un revêtement soit bitumeux en béton ou une protection en enrochements.
- ▶ Une projection de quelques enrochements de (0,5-2t) sur l'arrière du talus en TVC.
- ▶ Une recul de quelques enrochements de la contre butée (3-6t) sur le vide entre mes BCR

- ▶ Une réorganisation de la contre butée a un profil plus stable.

Le profil de la variante 2 du tronçon 1 a donné les résultats suivants :

- ▶ Recul de quelques enrochement (3-6t) de la contre butée,
- ▶ Une érosion importante de la berme du noyau de TVC,
- ▶ Une carapace stable

Le Tronçon 2 :

On a échangé dans le profil initial du projet la souille par une contre butée en enrochements de poids unitaires (3-6t), la différence entre les variantes se trouve dans le changement de la pente (voir fig.18, 19)

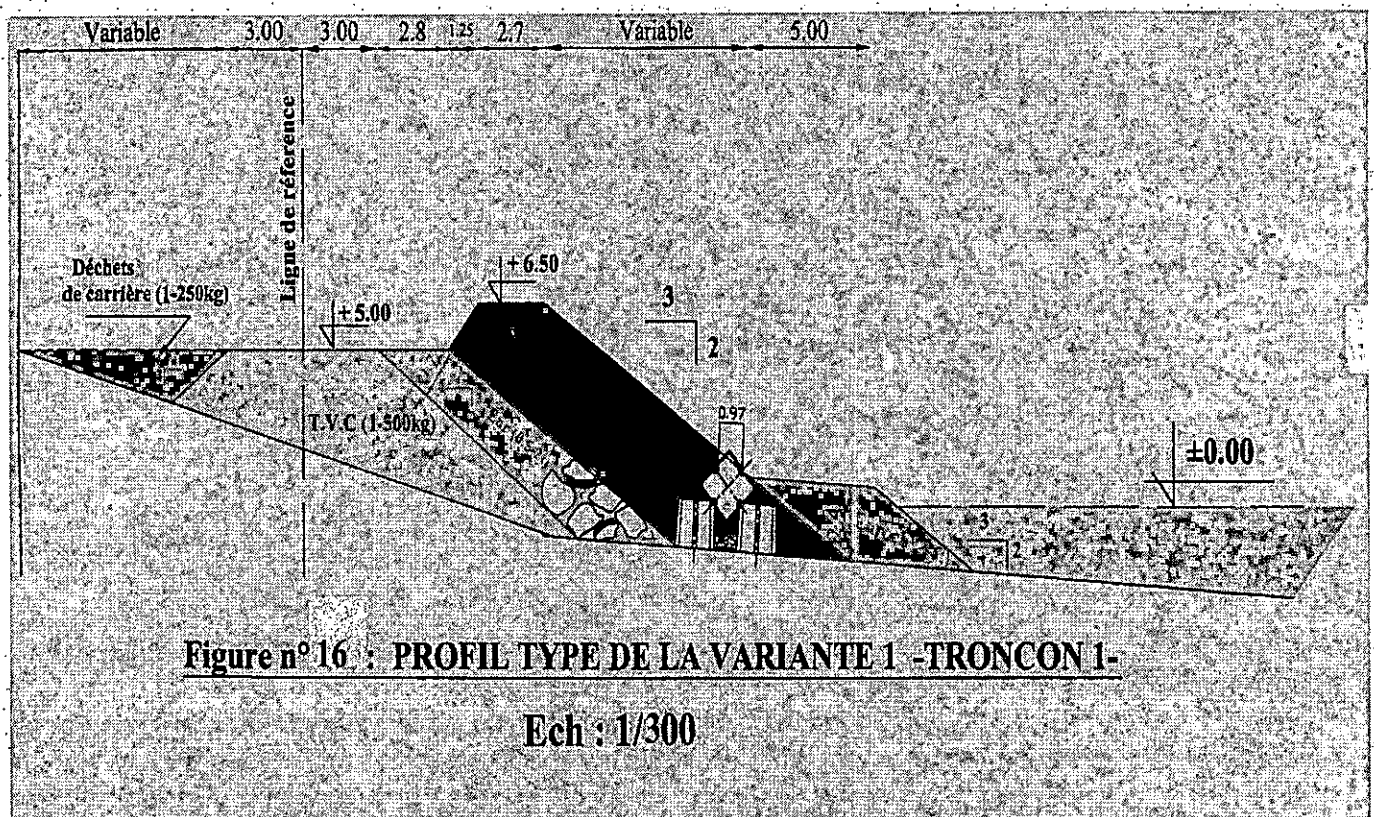
La variante 1, la pente était de 3/1

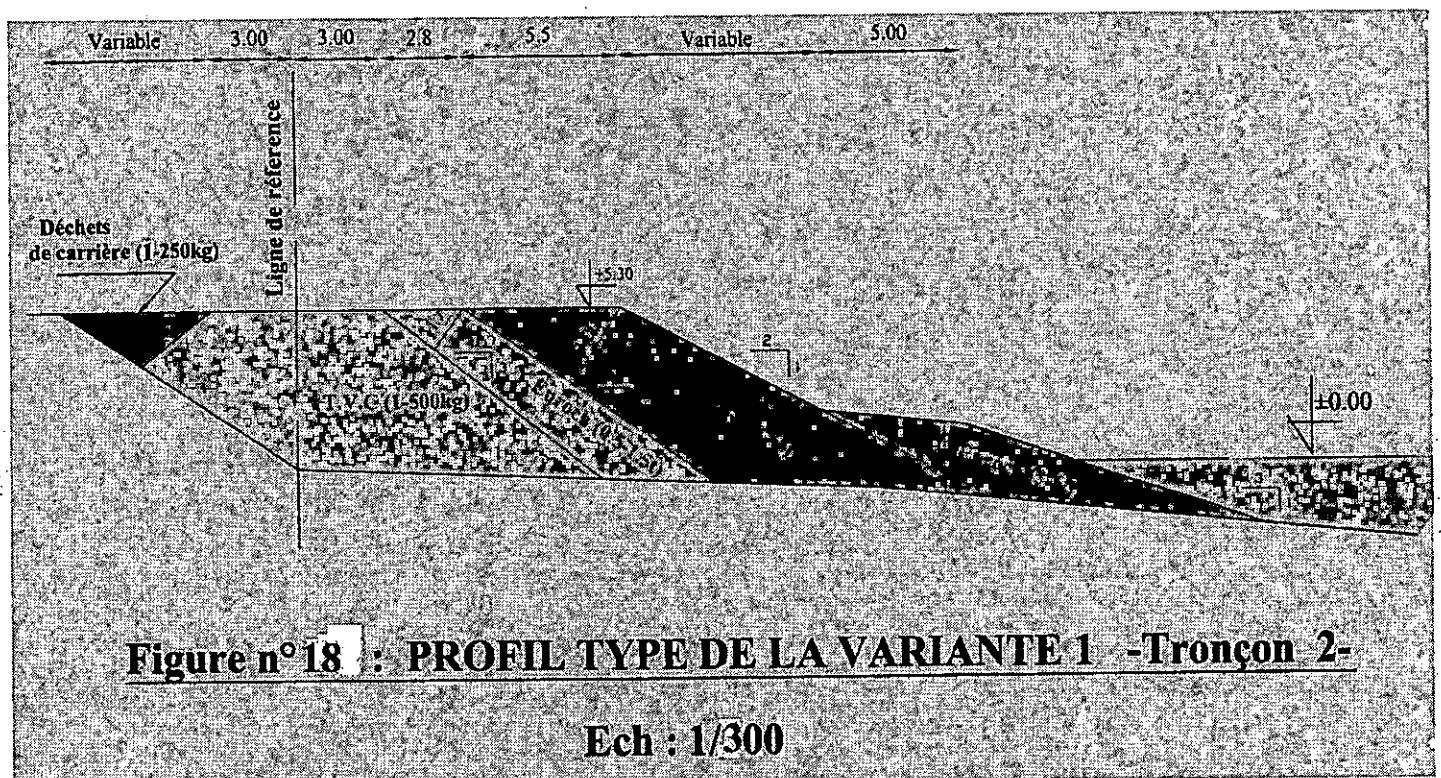
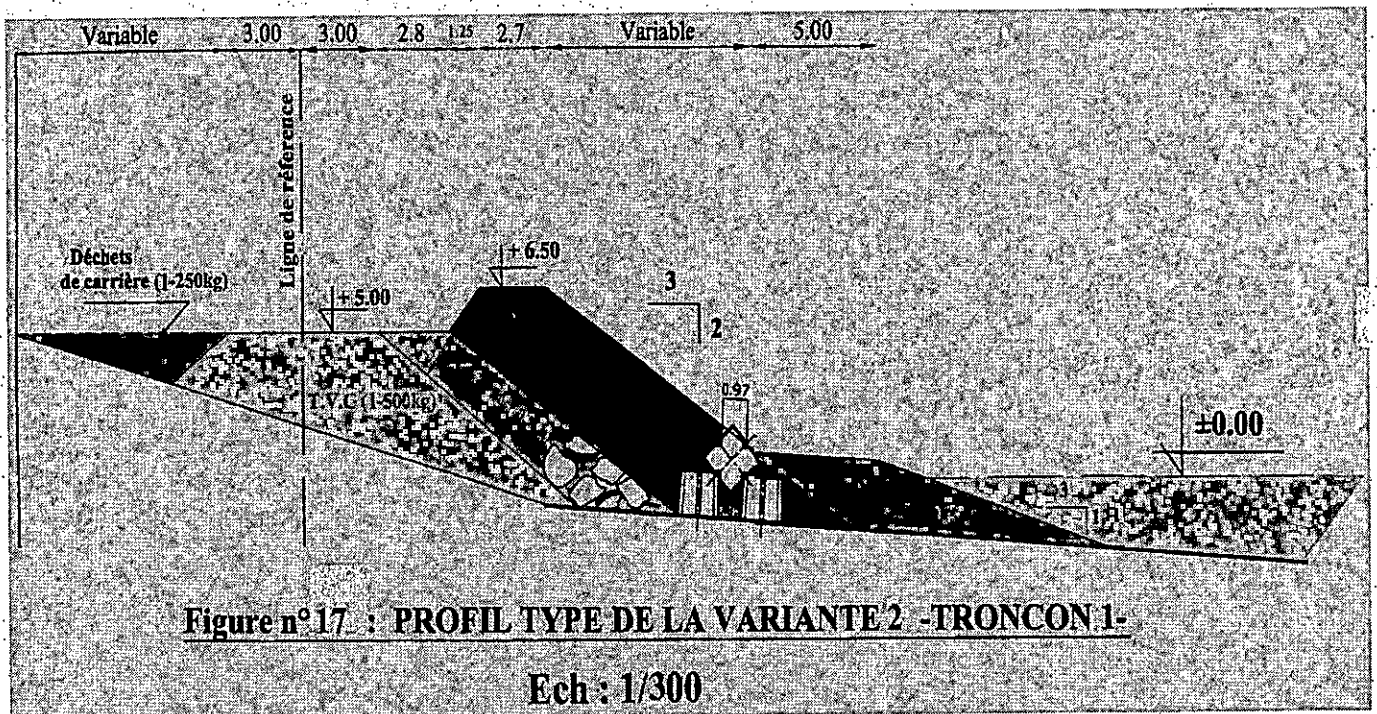
La variante 2, la pente était de 4/1

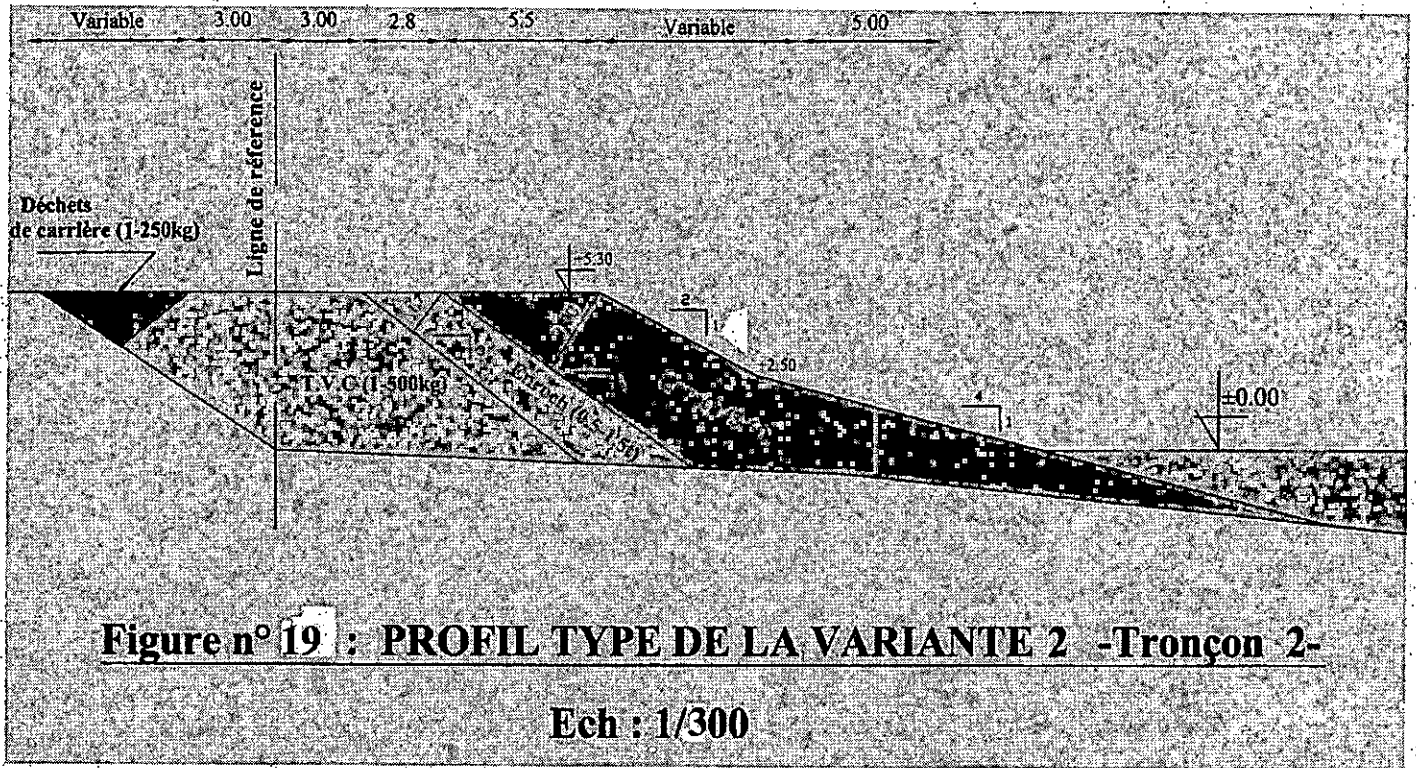
Les deux essais n'ont pas fourni les résultats de bonne stabilité,

Les résultats des essais d'endurance ont été négatifs vu l'importance des dégâts occasionnés sur la contre butée

Aucune des variantes n'a été retenue.







CONCLUSION DE L'ETUDE DU LEM (MARS 2003) :

Les essais effectués en canal à houle sur des profils de protection du rivage de Ain taya centre pour vérifier la stabilité d'une contre butée en enrochement (3 – 6 t) au pied de la carapace de protection, en remplacement de la souille proposée dans l'étude initiale, ont permis d'aboutir aux résultats suivants :

- **Tronçon 1 : (variante 2)**
 - Le recul de quelques enrochements (3 – 6 t) de la contre butée et une réorganisation à un profil plus stable,
 - Une érosion importante de la berme du noyau en TVC lors des essais d'endurance,
 - Une carapace stable.
- **Tronçon 2 : (variante 1)**
 - Un étalement des enrochements (3 – 6 t) de la contre butée à partir de Hs = 5m à l'ouvrage,
 - Une érosion de la berme du noyau en TVC due aux franchissements,
 - Un taux de dommage de la contre butée élevé à 31%

Conclusion du LEM :

Sur la base des résultats de cette étude, le LEM recommande de maintenir la solution initiale à amener la carapace de protection dans une souille préalablement exécutée. Cette solution offre les meilleures conditions de sécurité à l'ouvrage.

En cas d'impossibilité de réalisation de cette souille, la variante 2 pourrait être retenue sur le tronçon 1 sous réserve des conditions suivantes :

- Veiller au strict respect du profil testé en phase des travaux, en particulier en ce qui concerne la catégorie d'enrochement (3-6 t) utilisés pour la contre butée,
- Traiter la berme du noyau en TVC par un revêtement bitumineux, en béton ou une protection en enrochements,
- Veiller à assurer un contrôle périodique de l'ouvrage après sa réalisation et procéder aux réparations nécessaires au cas où des dégâts sont enregistrés.

En ce qui concerne le tronçon 2, il y a nécessité à revenir à la solution de base (souille) car il n'a pas été possible de trouver une variante de substitution présentant les mêmes performances.

2.3 DIMENSIONNEMENT DE L'OUVRAGE

Dans ce chapitre il sera question de la vérification à l'aide de calculs avec des formules empiriques du dimensionnement de l'ouvrage de protection recommandé (Formules de HUDSON et VAN DER MEER).

2.3.1 DIMENSIONNEMENT TRONÇON 1 :

a. CALCUL AVEC LA FORMULE DE HUDSON :

POIDS DE LA CARAPACE EN BCR

$$W_{50} = \frac{Y_s \cdot H_d^3}{K_d \left(\frac{Y_b}{Y_w} - 1 \right)^3 \cdot \cotg \alpha}$$

W : poids des blocs en béton (tonne)

Y_b : poids spécifique des blocs (Y_b = 2,4 t/m³ cas de BCR)

K_d : coefficient de stabilité des blocs, K_d = 7,5 (pas de dommage)

H_d : houle de dimensionnement

Y_w : masse volumique ou densité de l'eau

α : angle du talus de la digue avec l'horizontal

Application Numérique :

$$H_d = 5,37 \text{ m}$$

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

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

$$\alpha = 3/2$$

$$K_d = 7,5$$

$$W_{\text{carapace}} = \frac{2,4(5,37)^3}{7,5 \left(\frac{2,4}{1,028} - 1 \right)^3 + 1,5}$$

$$W_{\text{carapace}} = 13,89 \text{ t}$$

Epaisseur de la carapace :

La formule est : $e = n \cdot K_t \cdot D_n$

e : épaisseur de la carapace

n : nombre de couche

K_t : coefficient d'épaisseur

D_n : diamètre nominal des BCR

$$\text{Avec : } D_n = \sqrt[3]{\frac{W_{\text{carapace}}}{Y_b}}$$

A.N:

$$n = 2 \text{ couches , } K_t = 1,02 , W_{\text{BCR}} = 13,89 \text{ t}$$

$$\text{Avec : } D_n = \sqrt[3]{\frac{13,89}{2,4}} \Rightarrow D_n = 1,79$$

$$\text{Donc : } e = 2 \cdot 1,02 \cdot 1,79 \Rightarrow e = 3,66 \text{ m}$$

Poids des enrochements du filtre :

$$W_{s/c} = W_{\text{carapace}} \cdot 1/10$$

A.N :

$$W_{s/c} = 13,89/10 \Rightarrow W_{s/c} = 1,39 \text{ t}$$

Epaisseur de la sous-couche :

La formule est : $e = nK_t * D_{n50}$

e : epaisseur de la sous-couche

n : nombre de couche

K_t : coefficient d'épaisseur

D_n : diamètre nominal des BCR

$$\text{Avec : } D_n = \sqrt[3]{\frac{W_{s/c}}{\gamma_r}} \quad \gamma_r = 2,65 \text{ t/m}^3$$

A.N:

$n = 2$ couches , $K_t = 1,15$,

$$W_{s/c} = 1,39 \text{ t}$$

$$\text{Avec : } D_n = \sqrt[3]{\frac{1,39}{2,65}} \Rightarrow D_{n50} = 0,69 \text{ m}$$

Donc : $e = 2 * 1,15 * 0,69$

$$\Rightarrow e = 1,58 \text{ m}$$

Nombre d'éléments par unité de surface (m^3) de la carapace

$$Na = nK_t * (1 - n_v) D_n^{-2}$$

n : nombre de couche $n = 2$

K_t : coefficient d'épaisseur $K_t = 1,02$

D_n : diamètre nominal $D_n = 1,79$

n_v : la porosité $n_v = 0,44$

$$Na = 2 * 1,02 (1 - 0,44) (1,79)^{-2}$$

$$Na = 0,35 \text{ Bloc/m}^2$$

b- CALCULS AVEC LA FORMULE DE VAN DER MEER :

Dans le cas des Vagues plongeantes pour carapace en BCR

$$\frac{H_d}{(\Delta * D_n)} = \left(\frac{6,7 * N_0^{0,4}}{N_0^{0,3}} + 1 \right) * \delta_{0m}^{-0,1}$$

H_d : la houle de dimensionnement

D_n : diamètre nominal

N_0 : nombre de dommage

Δ : densité relative

N : nombre de vague

δ_{0m} : la cambrure

$N_0 = 2$ (si on ne prend pas de dommages)
 $N_0 = 4$ (si on prend peu de dommages)

$$\Delta = (Y_b / Y_w) - 1$$

$$\delta_{0m} = (2\pi H_0 / g T^2)$$

A.N:

δ_{0m} : la cambrure

$$\delta_{0m} = (2 * 3,14 * 5,37) / 9,81 * (12)^2$$

$$\delta_{0m} = 0,023$$

1^{er} cas : sans dommages on prend $N_0 = 2$

Alors on trouve :

$$\frac{H_d}{(\Delta * D_n)} = \left(\frac{6,7 * 2^{0,4}}{5000^{0,3}} + 1 \right) * 0,023^{-0,1}$$

$$\frac{H_d}{(\Delta * D_n)} = 2,44$$

$$D_n = \frac{H_d}{(\Delta * 2,44)} \Rightarrow D_n = \frac{5,37}{1,33 * 2,44}$$

$$D_n = 1,65 \text{ m}$$

Le poids des BCR est égale à : $W_{BCR} = D_n^3 * Y_b$

$$W_{BCR} = 1,65^3 * 2,4$$

$$W_{BCR} = 10,78 \text{ t}$$

2^{em} cas : avec dommages on prend $N_0 = 4$

Alors on trouve :

$$\frac{H_d}{(\Delta * D_n)} = \left(\frac{6,7 * 4^{0,4}}{5000^{0,3}} + 1 \right) * 0,023^{-0,1}$$

$$\frac{H_d}{(\Delta * D_n)} = 2,78$$

$$D_n = \frac{H_d}{(\Delta * 2,77)} \Rightarrow D_n = \frac{5,37}{1,33 * 2,78}$$

$$D_n = 1,45 \text{ m}$$

Le poids des BCR est égale à : $W_{BCR} = D_n^3 * Y_b$

$$W_{BCR} = 1,45^3 * 2,4$$

$$W_{BCR} = 7,35 \text{ t}$$

Epaisseur de la carapace :

La formule est : $e = nK_t * D_n$

e : épaisseur de la carapace

n : nombre de couche

K_t : coefficient d'épaisseur

D_n : diamètre nominale des BCR

Avec : $D_n = \sqrt[3]{\frac{W_{carapace}}{Y_b}}$

A.N:

Cas sans dommage

$n = 2$ couches , $K_t = 1,02$, $W_{BCR} = 10,78$ t

Avec : $D_n = \sqrt[3]{\frac{10,78}{2,4}} \Rightarrow D_n = 1,65$ m

Donc : $e = 2 * 1,02 * 1,65 \Rightarrow e = 3,36$ m

Cas avec dommage

$n = 2$ couches , $K_t = 1,02$, $W_{BCR} = 7,35$ t

Avec : $D_n = \sqrt[3]{\frac{7,35}{2,4}} \Rightarrow D_n = 1,45$ m

Donc : $e = 2 * 1,02 * 1,45 \Rightarrow e = 2,95$ m

Poids et épaisseur des enrochements du filtre selon les calculs van der meer :

Poids des enrochements du filtre : La formule est : $Ws/c = W_{carapace} * 1/10$

Epaisseur du filtre :

La formule est : $e = nK_t * D_{n50}$

A.N:

Cas sans dommages :

$$W_{s/c} = 10,78 / 10$$

 \Rightarrow

$$W_{s/c} = 1,08 \text{ t}$$

$$e = 2 * 1,15 *$$

 $\sqrt[3]{$

$$\frac{1,08}{2,65}$$

 \Rightarrow

$$e = 1,7 \text{ m}$$

Cas avec dommages :

$$W_{s/c} = 7,35 / 10$$

 \Rightarrow

$$W_{s/c} = 0,73 \text{ t}$$

$$e = 2 * 1,15 *$$

 $\sqrt[3]{$

$$\frac{0,73}{2,65}$$

 \Rightarrow

$$e = 1,49 \text{ m}$$

2.3.2 DIMENSIONNEMENT TRONÇON 2 :**a. CALCULS AVEC LA FORMULE DE HUDSON :****POIDS DES ENROCHEMENT DE LA CARAPACE**

$$W_{50} = \frac{Y_s \cdot H_d^3}{K_d \left(\frac{Y_r}{Y_w} - 1 \right)^3 \cdot \cotg \alpha}$$

W : poids des blocs en béton (tonne)

Y_r : poids spécifique des enrochements (Y_r = 2,65 t/m³)

K_d : coefficient de stabilité des blocs, K_d = 7,5 (pas de dommage)

H_d : houle de dimensionnement

Y_w : masse volumique ou densité de l'eau

α : angle du talus de la digue avec l'horizontal

A.N :

$$H_d = 5,37 \text{ m}$$

$$Y_r = 2,65 \text{ t/m}^3 \quad Y_w = 1,028 \text{ t/m}^3$$

$$\alpha = 2/1 \quad K_d = 7,5$$

$$W_{\text{carapace}} = \frac{2,65 \cdot (5,37)^3}{7,5 \left(\frac{2,65}{1,028} - 1 \right)^3 \cdot 2}$$

$$W_{\text{carapace}} = 6,964 \text{ t}$$

Epaisseur de la carapace :

La formule est : $e = nK_t * D_n$

e : épaisseur de la carapace

n : nombre de couche

K_t : coefficient d'épaisseur $K_t = 1,15$

D_n : diamètre nominal des enrochements

$$\text{Avec : } D_n = \sqrt[3]{\frac{W_{\text{carapace}}}{Y_b}}$$

A.N:

$n = 2$ couches , $K_t = 1,15$, $W_{\text{ENR}} = 6,964$ t

$$\text{Avec : } D_n = \sqrt[3]{\frac{6,964}{2,65}} \Rightarrow D_n = 1,38 \text{ m}$$

$$\text{Donc : } e = 2 * 1,15 * 1,38 \Rightarrow e = 3,17 \text{ m}$$

Poids des enrochements du filtre :

$$W_{s/c} = W_{\text{carapace}} * 1/10$$

A.N :

$$W_{s/c} = 6,964/10 \Rightarrow W_{s/c} = 0,696 \text{ t}$$

Épaisseur de la sous-couche :

La formule est : $e = nK_t * D_{n50}$

e : épaisseur de la sous-couche

n : nombre de couche

K_t : coefficient d'épaisseur

D_n : diamètre nominal des enrochements

$$\text{Avec : } D_{n50} = \sqrt[3]{\frac{W_{s/c}}{\gamma_r}} \quad \gamma_r = 2,65 \text{ t/m}^3$$

A.N:

$n = 2$ couches, $K_t = 1,15$, $W_{s/c} = 0,696 \text{ t}$

$$\text{Avec : } D_{n50} = \sqrt[3]{\frac{0,696}{2,65}} \Rightarrow \text{D}_{n50} = 0,26 \text{ m}$$

$$\text{Donc : } e = 2 * 1,15 * 0,26 \Rightarrow \text{e} = 0,6 \text{ m}$$

Nombre d'éléments par unité de surface (m^2) de la carapace

$$N_a = nK_t * (1 - n_v) D_n^{-2}$$

n : nombre de couche $n = 2$

K_t : coefficient d'épaisseur $K_t = 1,15$

D_n : diamètre nominal $D_n = 1,38 \text{ m}$

n_v : la porosité $n_v = 0,37$

$$N_a = 2 * 1,15 (1 - 0,37) (1,38)^{-2}$$

$$\text{Na} = 0,76 \text{ Enrochement/m}^2$$

b- CALCULS AVEC LA FORMULE DE VAN DER MEER :

Calcul du paramètre de BATJES

$$\xi_m = \left(\frac{m}{\delta_{0m}} \right)$$

m : la pente m = 0,1

 δ_{0m} : la cambrure

$$\delta_{0m} = (2\pi H_0 / g T^2)$$

A.N:

 δ_{0m} : la cambrure

$$\delta_{0m} = (2 * 3,14 * 5,37) / 9,81 * (12)^2$$

$$\delta_{0m} = 0,023$$

A.N:

$$\xi_m = (0,1 / 0,023)$$

$$\xi_m = 0,66 \text{ m}$$

$0,4 < \xi_m < 2$ alors : les vagues sont plongeantes
Donc on va utiliser la formule de Van der Meer des vagues plongeantes :

$$\frac{H_d}{(\Delta - D_{n50})} = 6,2 * P^{0,18} * (S / \sqrt{N})^{0,2} * \xi_m^{-0,5}$$

 H_d : la houle de dimensionnement D_{n50} : diamètre nominal

N : nombre de vagues N = 5000

 Δ : densité relative

$$\Delta = (Y_b / Y_w) - 1$$

S : niveau de dommage

P : Porosité P = 0,37

 ξ_m : paramètre de Batjes

A.N:

$$\frac{H_d}{(\Delta * D_{n50})} = 6,2 * 0,37^{0,18} * (2 / \sqrt{5000})^{0,2} * 0,66^{-0,5}$$

$$\frac{H_d}{(\Delta * D_{n50})} = 3,10$$

$$D_{n50} = \frac{H_d}{(\Delta * 3,10)}$$

A.N:

$$D_{n50} = \frac{5,37}{(1,57 * 3,10)}$$

$$D_{n50} = 1,10 \text{ m}$$

Alors le poids sera égal à :

$$A.N: \quad W_{ENR} = (D_{n50})^3 * \gamma_r$$

$$W_{ENR} = (1,10)^3 * 2,65$$

$$W_{ENR} = 3,56t$$

Epaisseur de la carapace :

La formule est : $e = nK_t * D_{n50}$

e : epaisseur de la carapace

n : nombre de couche

K_t : coefficient d'épaisseur

$$Avec : D_{n50} = \sqrt[3]{\frac{W_{carapace}}{\gamma_r}}$$

D_n : diamètre nominal des enrochements

A.N:

$n = 2$ couches , $K_t = 1,15$, $W_{ENR} = 3,56 \text{ t}$

$$Avec : D_{n50} = \sqrt[3]{\frac{3,56}{2,65}} \Rightarrow D_{n50} = 1,10 \text{ m}$$

$$Donc : e = 2 * 1,15 * 1,10 \Rightarrow e = 2,53 \text{ m}$$

Poids et épaisseur des enrochements du filtre selon les calculs van der meer: —

Poids des enrochements du filtre : La formule est : $Ws/c = Wcarapace * 1 / 10$

Epaisseur du filtre : La formule est : $e = nK_t * D_{n50}$

A.N :

Cas sans dommage :

$Ws/c = 3,56/10 \Rightarrow Ws/c = 0,356 \text{ t}$

$e = 2 * 1,15 * \sqrt[3]{\frac{0,356}{2,65}} \Rightarrow e = 1,17 \text{ m}$

RESUME DES CALCULS:

Les calculs des poids et épaisseurs des deux tronçons sont résumés dans le tableau suivant, selon Hudson, Van der meer, et le model réduit du LEM :

Tab 13 : récapitulatif des calculs des poids et épaisseurs

	TRONÇON 1				TRONÇON 2		
	FORMULE DE HUDSON	FORMULE DE V.D.MEER		Model réduit LEM	FORMULE DE HUDSON	FORMULE DE V.D.MEER	Model réduit LEM
		sans dommages	peu de dommages				
CARAPACE	13,89 t	10,78 t	7,37 t	9 t	6,96 t	3,56 t	3 - 6 t
ÉPAISSEUR CARAPACE	3,66 m	3,36 m	2,95 m	3,4 m	3,17 m	2,53 m	3 m
FILTRE	1,39 t	1,08 t	0,73 t	0,5 - 2 t	0,696 t	0,356 t	0,5 - 1,5 t
ÉPAISSEUR FILTRE	1,58 m	1,7 m	1,49 m	1,7 m	0,6 m	1,17 m	1,7 m

CONCLUSION :

On remarque une cohérence dans les résultats qui vérifient que les poids obtenus par la formule de Hudson sont plus importants que ceux obtenus par les formules de Van der Meer, qui sont plus proches de la réalité, c'est-à-dire le modèle réduit physique du LEM.

Les poids calculés par la formule de V.D.M avec faible dommage sont donc recommandés.

REMARQUE : le dimensionnement de bloc cubique rainuré 9 tonnes est énoncé dans la méthode suivante :

$$v = 0,8368 * a^3 \rightarrow v = 3,75 \text{ m}^3 \text{ (volume donné)}$$

$$a = 1,0612 * v^{1/3} \rightarrow a = 1,65 \text{ m}$$

$$a' = 0,9254 * a \rightarrow a' = 1,53 \text{ m}$$

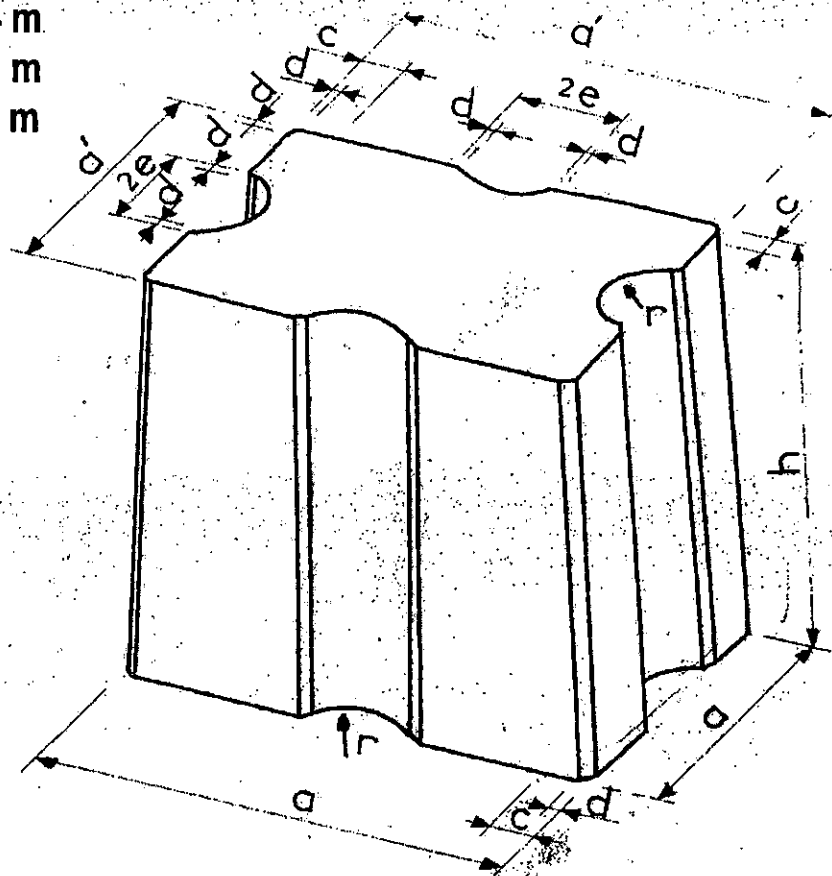
$$h = 0,9827 * a \rightarrow h = 1,62 \text{ m}$$

$$d = 0,022 * a \rightarrow d = 0,04 \text{ m}$$

$$c = 0,087 * a \rightarrow c = 0,14 \text{ m}$$

$$e = 0,1095 * a \rightarrow e = 0,18 \text{ m}$$

$$r = 0,1115 * a \rightarrow r = 0,18 \text{ m}$$



CHAPITRE - 3 -

**LES TRAVAUX DE PROTECTIONS
DE LA COTE DE AIN TAYA**

3. 1. CONSISTANCE DES TRAVAUX :

Le marché a pour objet les travaux de protection du rivage du site de Ain-Taya centre contre les agressions érosives de la mer.

Il a été attribué à l'entreprise SOTRAMO par la direction des travaux Publics (DTP) de la Wilaya d'Alger, après avoir rempli les différentes conditions requises.

➤ **Objet du marché :**

L'ouvrage à réaliser est du type protection frontale, constitué de deux tronçons distincts :

Tronçon 1 : le tronçon 1 d'une longueur de 510m environ, est implanté dans la partie Ouest et Centre du site, il est constitué :

- D'un noyau en tout venant de carrière de (1 – 500 Kg) arasé a la côte + 5,00m avec une largeur en crête de 6,00m
- D'un filtre en enrochements naturels de la catégorie (0,5 – 2t) avec une épaisseur de 1,70m arasé à la même côte que le noyau.
- D'une carapace en Blocs cubiques rainurés de 9t (3,75m³) avec une épaisseur de 3,40m
- D'une contre butée en enrochements naturels de catégorie (3 – 6t) sa pente est de 3/1
- D'un remblai de déchets de carrière de (1 – 250Kg) d'une épaisseur de 2,40 m, a l'arrière de l'ouvrage servant d'accès.

Tronçon 2 : le tronçon 2 d'une longueur de 190 m, est implanté à l'Est du site, il est constitué :

- D'un remblai de déchets de carrière de (1 – 250Kg)
- D'un noyau en tout venant de carrière de (1 – 500 Kg) arasé à la côte + 5,30m avec une largeur en crête de 6,00m sa pente est de 4/3.
- D'un filtre en enrochements naturels de la catégorie (0,5 – 1,5t) avec une épaisseur de 1,70m arasé a la même cote que le noyau. +5,30m avec une pente 3/2.
- D'une carapace en enrochements naturels de (3 - 6t) avec une épaisseur variable du haut vers le bas et une pente de 2/1

➤ **Montant du marché :**

Le montant du marché s'élève à la somme de cinq cent quarante quatre millions quatre cent cinquante huit mille neuf cent quinze dinars (544 458 915 DA) T.T.C (voir tableau 15 détail estimatif).

➤ **Délai de construction :**

Le délai d'exécution des travaux est de seize mois (16), le commencement des travaux, prend effet à compter du jour de la notification de l'ordre de service de démarrage (9 mars 2003), et prévu selon le planning ci-dessous, de mars 2003 à juin 2004.

Remarque : l'avancement des travaux est de 35% au mois d'août 2004, pour des raisons multiples explicitées plus loin.

Tab 15 :TABLEAU DEVIS ESTIMATIFS ET QUANTITATIFS

SECTION	PROTECTION DU SITE DE AIN TAYA (W.D'ALGER)		DEVIS ESTIMATIFS ET QUANTITATIFS TOTAL					
	N°PRIX	DÉSIGNATION	UNITE	Q ^{tité}	PRIX UNITAIRES HORS-TAXES		MONTANT HORS-TAXES	
					en DA	Total en DA	en DA	Total en DA
INSTALLATION DE CHANTIER ET DE REPLIEMENT	1,01	Rémunere forfaitièrement l'ensemble des frais d'installation de chantier et de repliement, l'installation des équipements de contrôle des matériaux, la centrale à béton et de l'éventuelle ouverture de carrière, y compris les mesures d'accompagnement.	F	01	42 000 000	42 000 000	42 000 000	42 000 000,00
TERASSEMENTS	2,01	Purge et mise en dépôt des matériaux	M ³	200	450,00	450,00	90 000	90 000,00
	2,02	Nettoyage et pétardage	M ³	200	460,00	460,00	92 000	92 000,00
	2,03	Déroctage	M ³	4 800	3 100,00	3 100,00	14 880 000	14 880 000,00
	2,04	Dragage	M ³	9 500	800,00	800,00	7 600 000	7 600 000,00
	2,05	Remblai en déchets de carrière	T	22 000	400,00	400,00	8 800 000	8 800 000,00
OUVRAGE DE PROTECTION	3,01	Fourniture, transport et mise en place du TVC catégorie (1 - 500 Kg).	T	73 000	1 086,00	1 086,00	79 278 000	79 278 000,00
	3,02	Fourniture, transport et mise en place de la sous-couche en ENR de 1 ^{er} catégorie (0,5 - 2 t).	T	17 000	1 342,00	1 342,00	22 814 000	22 814 000,00
	3,03	Fourniture, transport et mise en place de la sous-couche en ENR de 2 ^{eme} catégorie (1-1,5 t).	T	5 000	1 441,00	1 441,00	7 205 000	7 205 000,00
	3,04	Fourniture, transport et mise en place de la sous-couche en ENR de 3 ^{eme} catégorie (3 - 6 t).	T	19 300	1 585,00	1 585,00	30 590 500	30 590 500,00
	3,05	Préfabrication, transport et mise en place des BCR de 3,75 m ³	M ³	18 000	14 000,00	14 000,00	252 000 000	252 000 000,00
MONTANT TOTAL(H.T)							465 349 500,00	
T.V.A (17%)							79 109 415,00	
MONTANT TOTAL(T.T.C)							544 458 915,00	

Source: DTP

Arrêté le présent devis quantitatif et estimatif à la somme de : cinq cent quarante quatre millions quatre cent cinquante huit milles neuf cent quinze Dinars ,en toutes taxes comprises

➤ Procédure de passation de marché :

Le marché est passé après la procédure d'appel d'offre national et international en vertu des dispositions du décret n°91- 434 du 9 Novembre 1991 portant réglementation des marchés publics.

➤ Ordre de service de commencement des travaux (O.D.S)

L'ordre de service de commencer les travaux a été délivré le 09 mars 2003.

3. 2. DESCRIPTIF DES TRAVAUX :

1) Nivellement :

Les côtes de nivellement concernant les ouvrages à réaliser, seront rapportées au nivellement général de l'Algérie N.G.A = - 0,34 ZH (Zéro Hydrographique), qui est la côte des plus basse mers.

L'implantation définitive sera faite après l'exécution des levés topographiques.

2) Description des ouvrages :

PHASE 1. Terrassements :

Les travaux de terrassements comprennent, la mise en dépôt des matériaux issus de la purge de la falaise, le nettoyage, ainsi que le déroctage dragage de la souille (2^{ème} tronçon). Ils comprennent aussi la mise en place des déchets de carrière ainsi que le re-profilage et le nettoyage.

PHASE 2. Ouvrage de protection :

L'ouvrage de protection est de type protection frontale voir plan de masse (Fig 22), il sera réalisé sur 710m linéaire de côte, il est constitué :

Tronçon 1 :(Fig .20)

- D'un noyau en tout venant de carrière (1-500Kg) arase a +5,00m et de pente de talus de 4/3 sur 510m a partir de l'Ouest,
- D'une sous couche en enrochements naturels de catégorie (0,5-2t) d'une épaisseur de 1,70m,
- D'une carapace en bloc cubiques rainures artificiels de 9t d'épaisseur 3,40m et d'une pente de talus 3/2,
- Une contre butée de pied constitué par des enrochements de catégorie (3 – 6t) d'une largeur de 5m et d'une épaisseur de 2,40m suivant une pente 3/1
- Un comblement de la falaise sera fait entre le noyau et la falaise constituée de déchets de carrière de catégorie (1-250 kg) arasé à la même cote que le noyau sur tout ce tronçon.

Tronçon 2 :(Fig .21)

D'un noyau en tout venant de carrière (1-500Kg) arase a +5,30m et de pente de talus de 4/3 sur 190m sur l'Est.

- D'une sous couche en enrochements naturels de catégorie (0,5-1,5t) d'une épaisseur de 1,70m, la pente est de 3/2.
- d'une carapace en enrochements naturels de catégorie (3-6t) d'épaisseur 3,00m et avec une pente de 2/1, arasé a +5,30m,

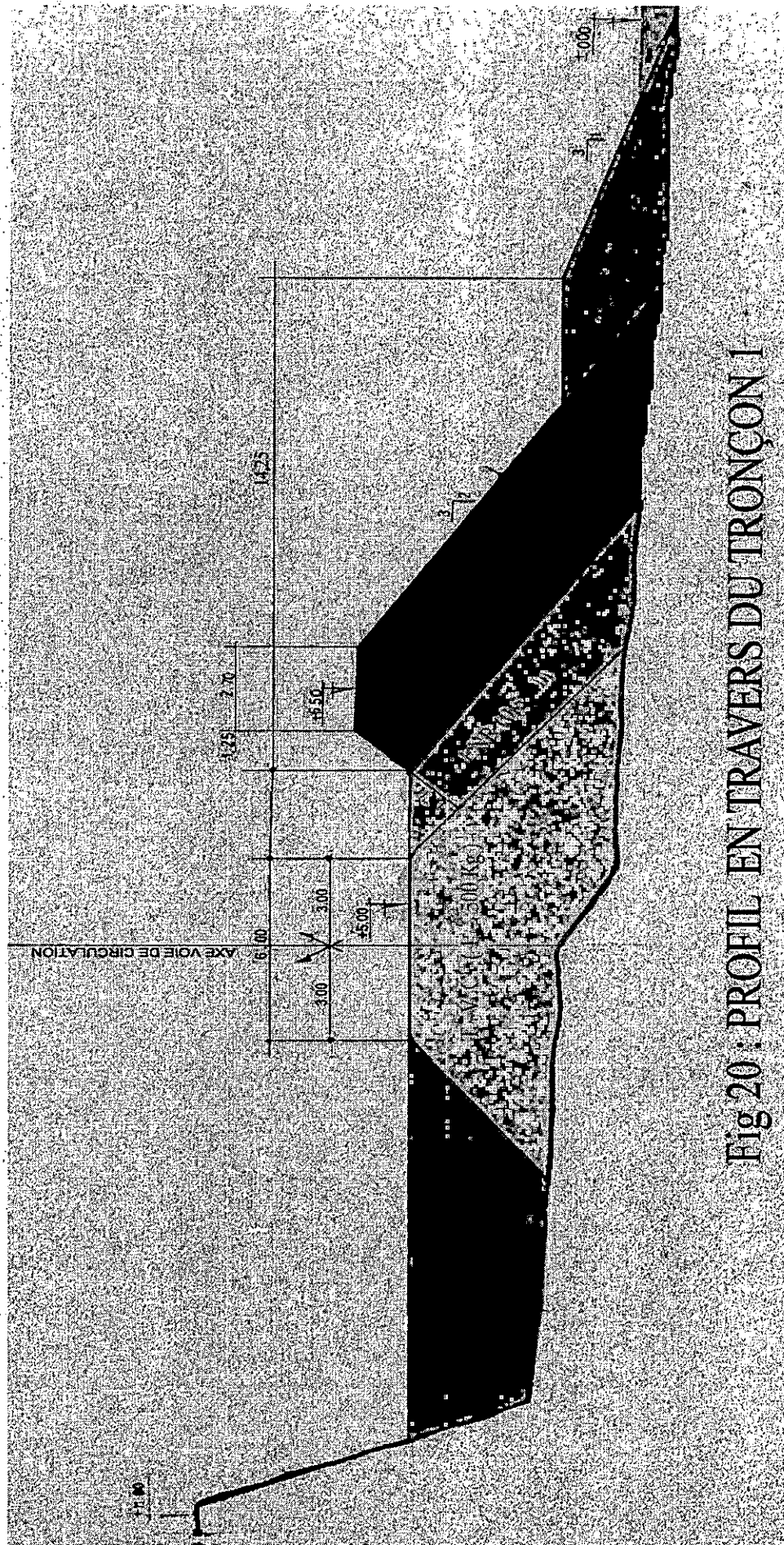


Fig 20 : PROFIL EN TRAVERS DU TRONÇON I

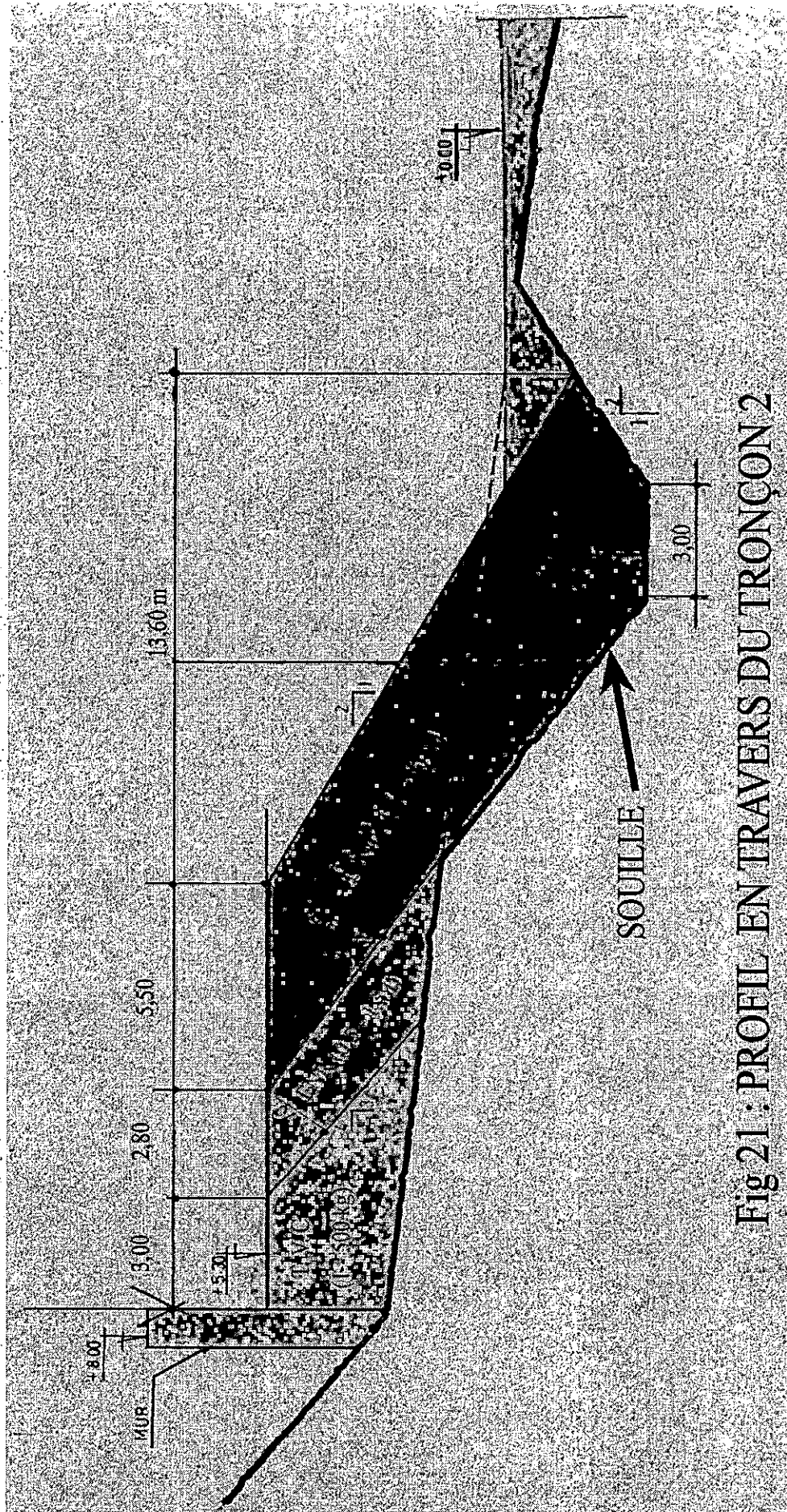
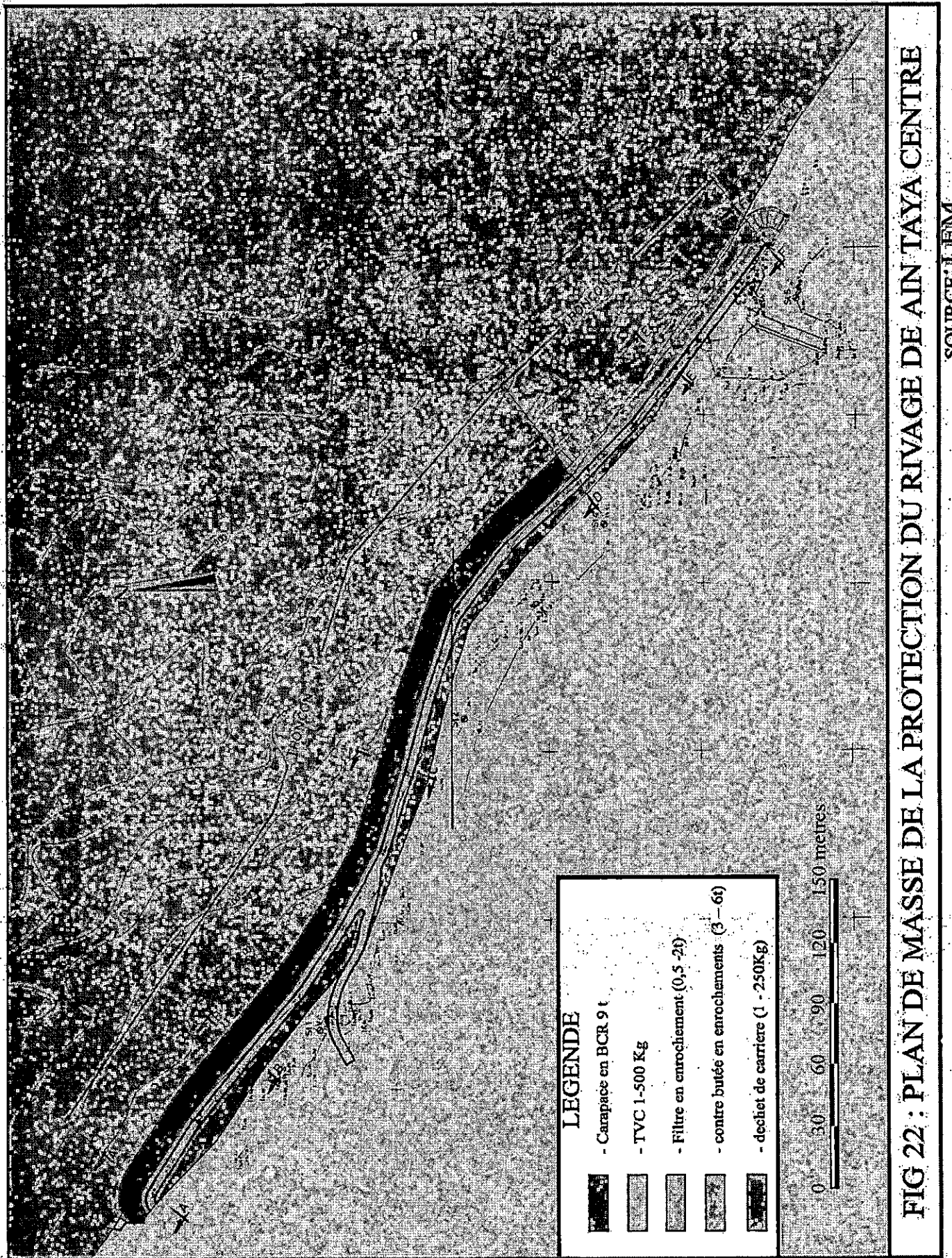


Fig 21 : PROFIL EN TRAVERS DU TRONÇON 2



3. 3. METHODOLOGIE D'EXECUTION DES TRAVAUX :

INTRODUCTION :

L'exécution des travaux a commencé, après l'installation des différents équipements, engins et personnels dans le chantier.

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

La particularité de ce projet (Ain Taya centre) par rapport à Ain El Beida réside dans une protection en blocs cubiques rainurés (BCR 9,0t) au lieu de 5,0t (Ain El Beida) à cause de la houle de dimensionnement qui est plus importante.

Hd= 5, 37m pour Ain Taya et Hd= 4m pour Ain El Beida (ex plage suffren).

3. 3 .1 INSTALLATION DE CHANTIER : (voir fig 23)

Les installations de chantier comprennent tous les équipements et installations des équipements de contrôle des matériaux, de la centrale à béton (voir figure 24)

Les moyens de transport et de manutention, les bureaux, l'infirmier de première urgence, l'ouverture éventuelle de carrière, ainsi que des mesures d'accompagnement (équipements de bureau et véhicules de transport).

3. 3 .2 MOYENS MATERIELS ET HUMAINS :

Les moyens de l'entreprise SOTRAMO sont les suivants :

1. personnel :

Personnel	Nombre
Encadrement	06
Maîtrise	05
Exécution	09
chauffeurs	20
Total de l'effectif	40

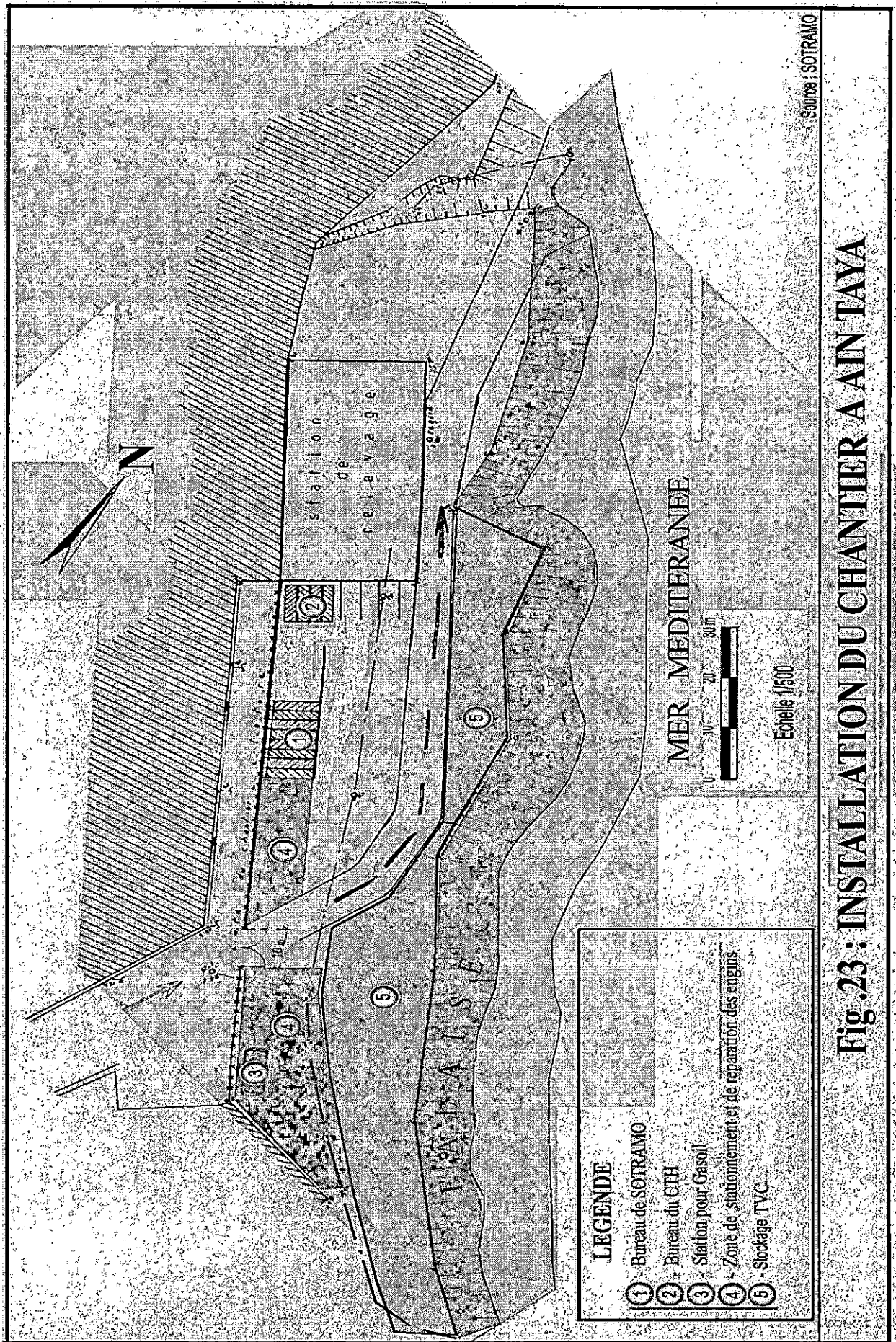


Fig.23 : INSTALLATION DU CHANTIER A AIN TAYA

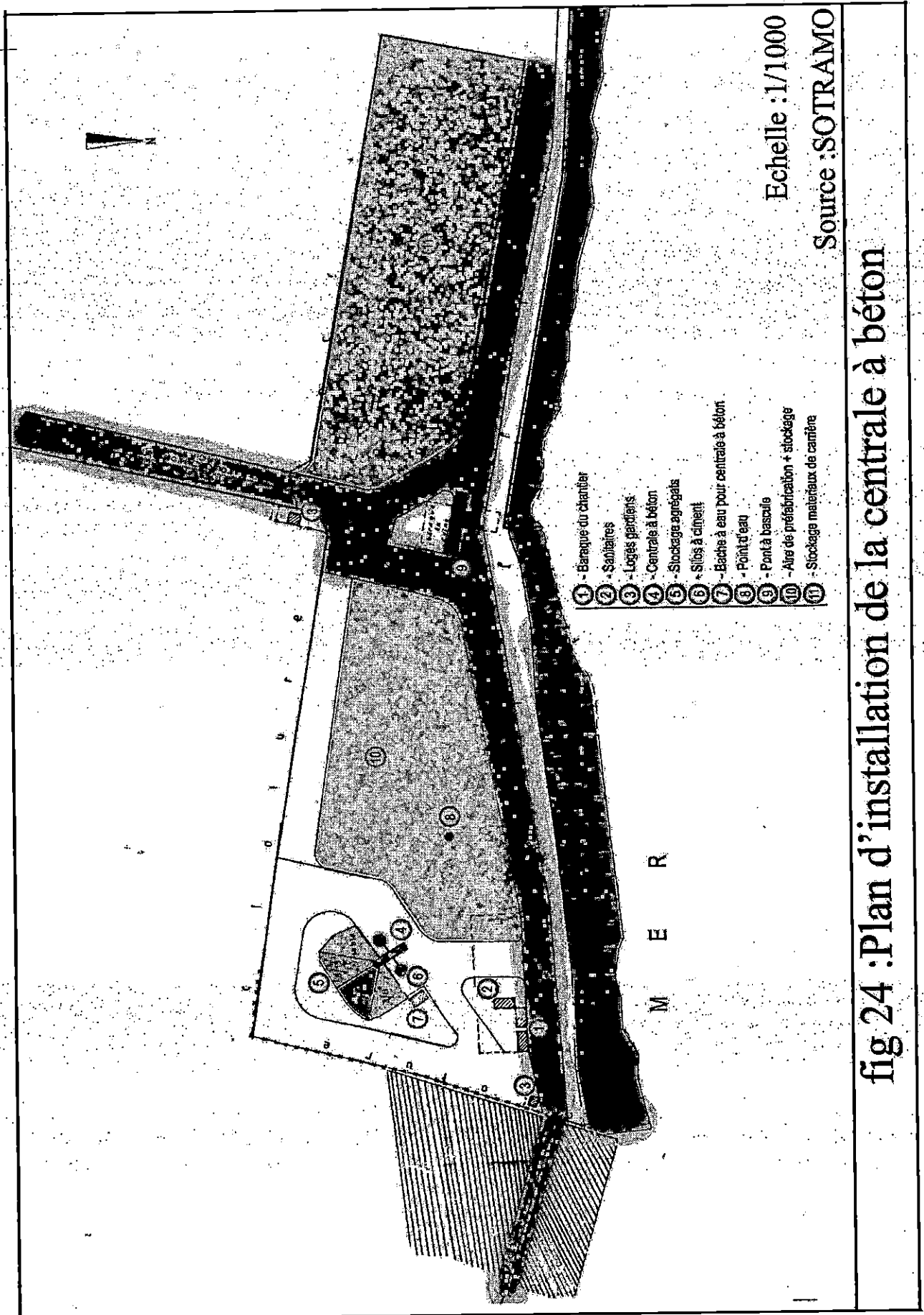


fig 24 : Plan d'installation de la centrale à béton

2. matériel :

N°	DESIGANTION	Nombre
01	- Grue KH 300	01
02	- Pincés 9t (pour levage)	02
03	- Benne preneuse 2m ³	01
04	- Chargeur sur pneus (3m ³)	01
05	- Chargeur CAT 988 (4m ³)	01
06	- Pelle + grappin type Case	01
07	- Pelle + grappin ENMTP 9411	01
08	- Bull sur chenilles D355	01
09	- Camion semi remorque (25t)	01
10	- Véhicules de liaison	03
11	- Centrale à béton (35m ³ /h)	01
12	- Camion malaxeur 6m ³	01
13	- Groupe électrogène 100 Kwatt	01
14	- Rérochargeur	01
15	- Camions de transport des matériaux des carrières (15 t) de type MAN	20
16	- Camions de transport des matériaux dans le chantier (15 t)	06

3. 3. 3 PRINCIPALES PHASES DE REALISATION :

Le mode d'exécution de l'ouvrage est prévu par voie terrestre en deux principales étapes. La première à la côte + 2,00m, la deuxième à la côte projet +6 m, s'articulant sur 08 principales phases de réalisation, après les 02 phases préliminaires d'implantation et d'actualisation (topographie / bathymétrie) :

1. Implantation de l'ouvrage
2. Levé bathymétrique et topographique du site où sera implanté l'ouvrage futur.
3. Mise en place du noyau TVC (1-500 kg) et du filtre en enrochements (0,5-2 t) à la côte + 2,00m
4. Réalisation de la souille dans le tronçon 2 (nettoyage, et déroctage)
5. Mise en place des BCR (9,0 tonnes) à la côte + 2,00m.
6. Mise en place de la contre butée
7. Reprofilage et mise en place de déchets de carrière à la côte + 2,00m
8. le complément de l'ouvrage à la côte projet sera effectué après la réalisation de la totalité de l'ouvrage à la côte + 2,00 m.

Pour cela, il est prévu une équipe topographique avec le matériel suivant :

- 01 station totale ;
- 01 niveau d'ingénieur;
- 01 théodolite.

1. IMPLANTATION PIQUETAGE ET TRACE DES OUVRAGES :

Les opérations de piquetage général, ayant pour objet le report d'implantation des ouvrages pour raccordement à des repères fixes caractérisés en plan et en altitude,

A partir du piquetage général l'entrepreneur effectuera un piquetage complémentaire définissant, avant travaux les emprises diverses, telles que celles de fouilles, les axes et alignements d'ouvrages ou parties d'ouvrages et, durant les travaux, les limites des zones dont il aura l'usage et celle des zones destinées à recevoir des équipements et aménagements autres que ceux qui sont prévus au titre du présent marché.

2. LEVE BATHYMETRIQUE DU SITE :

Compte tenu de la date initiale de l'étude (1995), ainsi que la particularité du site (érosion accentuée), un sondage d'actualisation de l'ouvrage s'impose.

Pour cela, il est prévu de réaliser un levé contradictoire bathymétrique avec une équipe de l'entreprise comprenant : 01 une embarcation de type zodiac, un écho sondeur et un théodolite.

3. MISE EN PLACE DU NOYAU TVC (1- 500 KG) ET DU FILTRE EN ENROCHEMENTS (0,5 - 2T) A LA COTE + 2,00 M :

- **Mise en place du noyau 1-500 kg (1ère côte +2,00 m) : (voir figure 25)**

l'approvisionnement des matériaux du noyau (1-500 kg) est prévu des 02 carrières ENG (Si Mustapha) et Algran (Keddara) avec une cadence de 02 rotations par jour et 13 camions de 15 tonnes.

La mise en place de ce noyau est assurée par :

- **01 bull**
- **02 camions 15 tonnes pour la reprise des matériaux.**
Pour un rendement de 200 m³/j (530t/jour).

- **Mise en place du filtre d'enrochements (1,0-2,0t) : (voir figure 26)**

Cette opération (enrochements 0,5-2 t) se fera en parallèle avec l'avancement du noyau, ainsi que toute la structure protectrice avec

Le matériel suivant :

- 01 Pelle sur chenille équipée d'un grappin (stock d'enrochements)
- 03 camions (10 rotations/jour du stock)
- 01 grue KH300 (mise en place d'enrochements) rendement 300t/j.

La mise en place des enrochements se fait à l'aide d'une grue équipée d'un grappin et ce pour la couverture du filtre

- **Réalisation de la souille dans le tronçon 2 (nettoyage, et déroctage) :**

la réalisation de la souille, selon la nature géologique de la roche en place, sera réalisé à la grue KH 300 avec benne preneuse, en amont des travaux de la mise en place du noyau en TVC 1-500 kg.

4. PREFABRICATION, TRANSPORT ET MISE EN PLACE DES BCR (9,0 T) :

Dans la même optique de réalisation de l'ouvrage à la côte +2,00 m, il sera réalisé la protection partielle de l'ouvrage en BCR (9,0t) à la côte +2,00 m. (voir figure 27)

Pour réaliser les 18 000 m³ de béton prévus pour les blocs de carapaces à cet effet et représentant 4 800 unités au total.

L'organisation suivante a été retenue :

Matériel :

- 01 centrale à béton 35m³/h, de marque STETTER et de type ELEC
- 01 bache d'eau de 80 000 L.
- 02 camions malaxeurs 6m³
- 01 compresseur à air (7 bars)
- 01 groupe électrogène d'une puissance de 150 KVA.
- 01 grue de 20 t
- 02 pinces pour bloc BCR
- 01 rétrochargeur
- 03 aiguilles vibrantes, diamètre 60 mm
- 14 coffrages métalliques pour bloc BCR de 3,75 m³ (9t)

Personnel :

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - centrale à béton | <ul style="list-style-type: none"> - 02 Conducteurs de centrale - 02 ouvriers pour Dragline - 02 maçons - 02 coffreurs - 01 électromécanicien - 01 grutier |
|--|--|

- Rendement :

$$2 \times 10 \text{ coffrages} \times 3,75 \text{ m}^3 = 37,5 \text{ m}^3/\text{j} \times 2 = 75 \text{ m}^3/\text{J}$$

- Délai de préfabrication :

$$Q/R = 18\,000/75 = 240 \text{ jours} = 11 \text{ mois}$$

Délai global = 11 mois.

- Le Délai de préfabrication des BCR : 11 mois
- soit Du 06 / 2003 au 04 / 2004 (planning des travaux)
- Ce délai n'a pas été respecté sur le terrain, à la mi-septembre 2004, le taux de préfabrication du BCR est entre 55 et 60 %.
- Une pince carrée pour la bonne prise des BCR répondant aux techniques de pose a été utilisée pour la pose pèle-mêle.

5. MISE EN PLACE DE LA CONTRE BUTÉE :

Cette opération commence après mise en place de la première couche des blocs en béton, les roches de catégorie (3 – 6 t) sont disposées derrière la carapace avec une pente de 3/1 . (voir figure 28) La mise en place se fait à l'aide d'une grue avec un grappin .

6. REPROFILAGE ET MISE EN PLACE DES DECHETS DE CARRIÈRE A LA COTE + 2,00 M :

Cette opération suit aussi le mouvement de la réalisation de l'ouvrage à 2,00 m, intervient en dernière phase des travaux (par rapport au profil en travers) et elle est réalisée avec :

- 01 pelle sur chenilles type SONACOME 9411
 - 01 chargeur sur pneus (3,0 m³)
 - 20 camions benne enrochements (15,0 t) du stock sur chantier.
- Rendement 200 m³/j.

7. COMPLÉMENT DE L'OUVRAGE A LA COTE PROJET DÉFINITIVE :

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

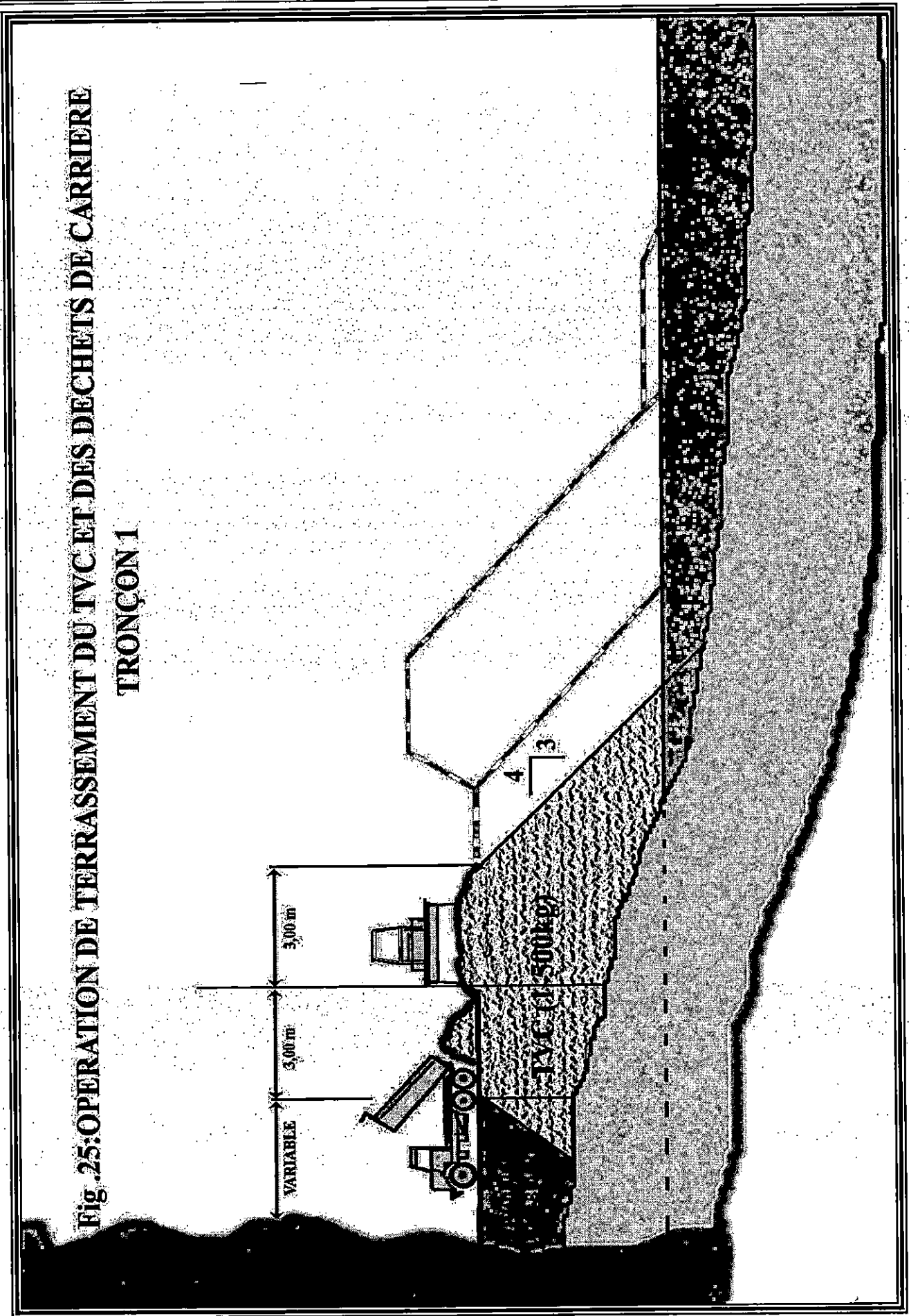
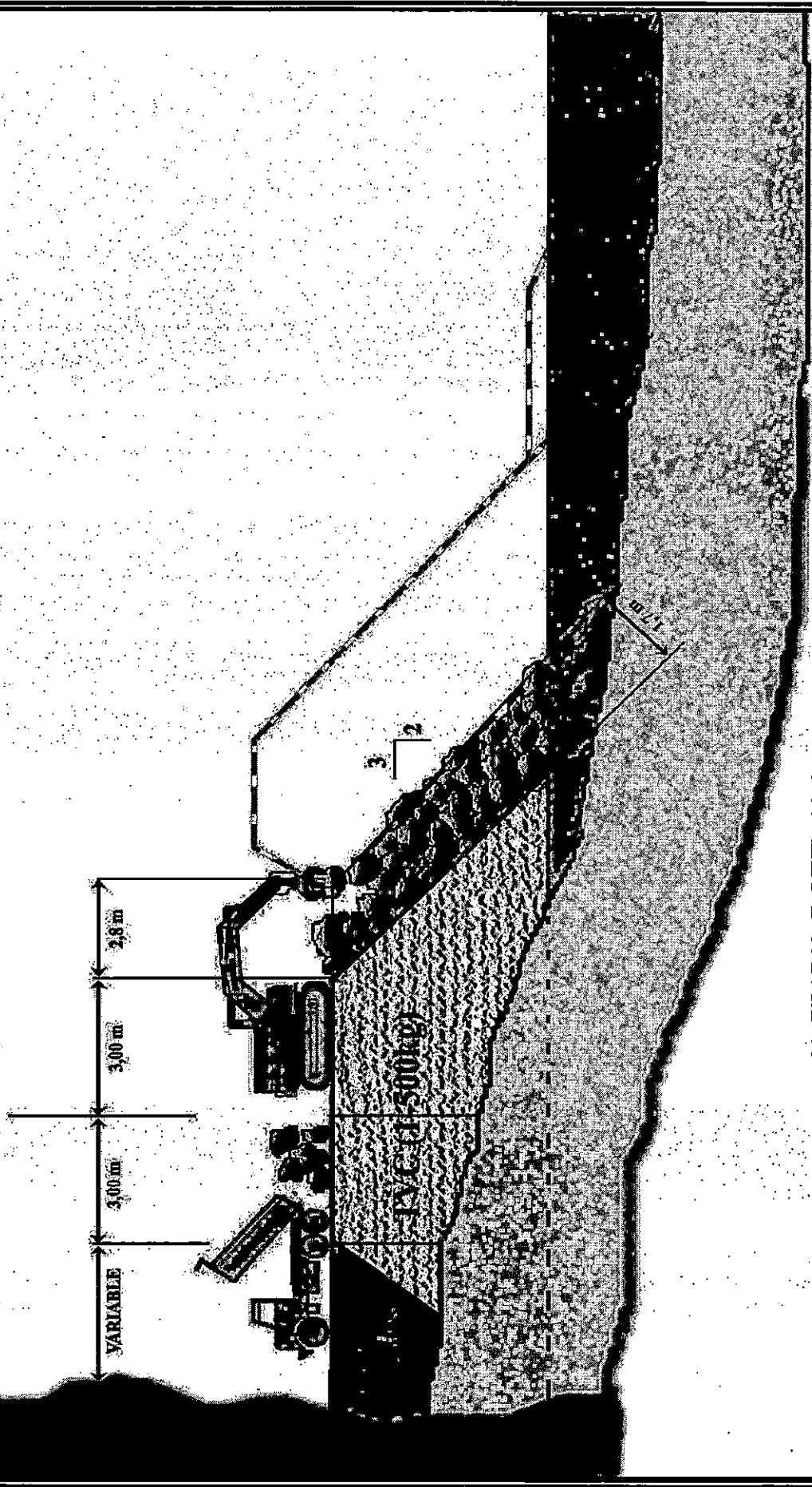


Fig. 26 : OPERATION DE MISE EN PLACE DES ENROCHEMENTS DU FILTRE
TRONÇON I



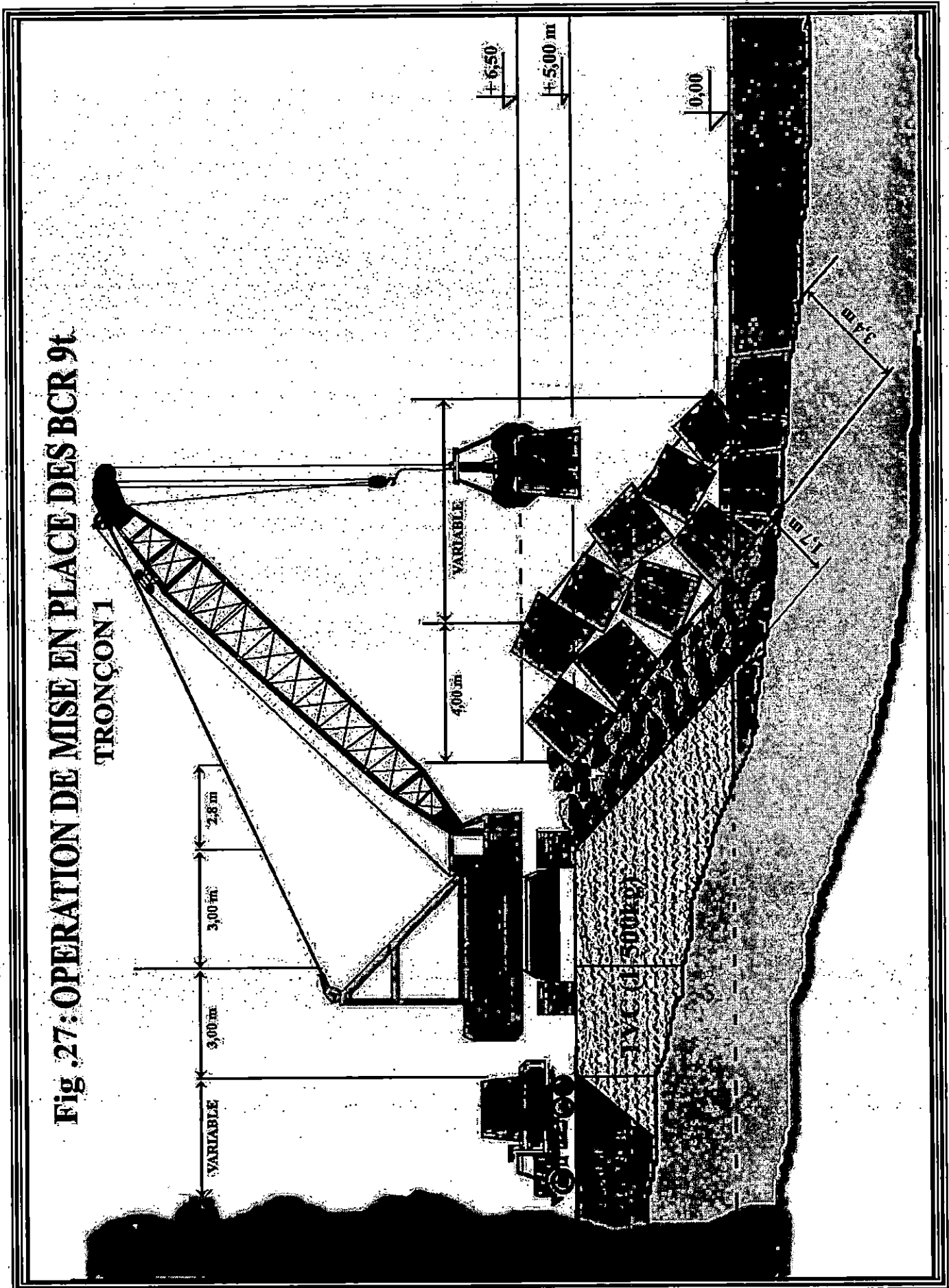
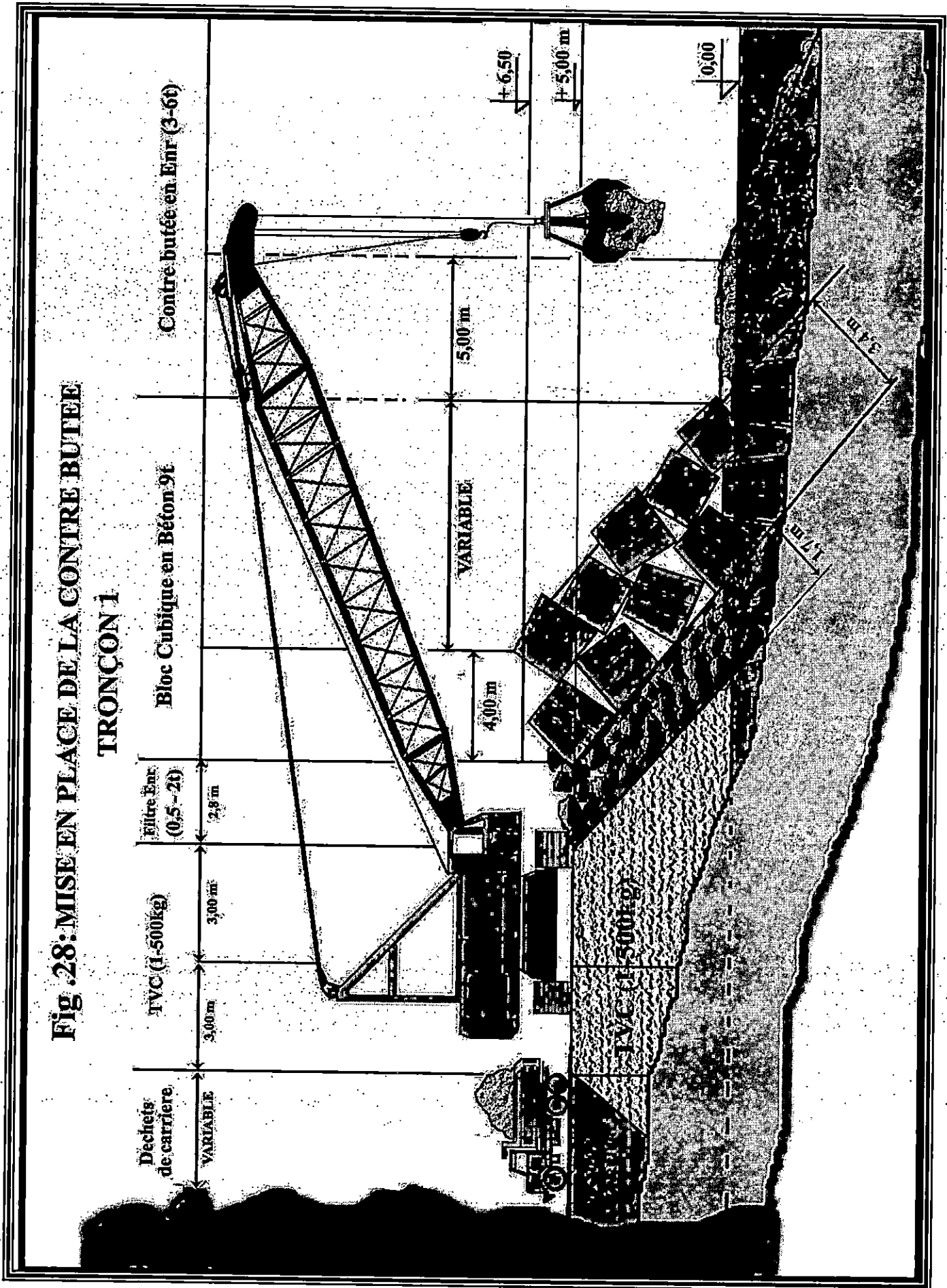


Fig. 27: OPERATION DE MISE EN PLACE DES BCR 9t

TRONÇON 1



3.3.4 REPLIEMENT DE CHANTIER :

Après l'achèvement des ouvrages et des travaux, l'entrepreneur procède au repliement du chantier de telle manière que les ouvrages et les lieux qui ont été occupés ou utilisés par l'entrepreneur soient laissés en bon état de propreté à la satisfaction du maître de l'ouvrage.

En particulier, l'entrepreneur procède à l'enlèvement et à l'évacuation des matières, matériaux, matériels et équipements lui appartenant dans un délai de trois (03) mois à partir de la dernière réception provisoire ou de l'ordre de repli.

En cas de retard de l'entrepreneur, il lui sera appliqué une pénalité par jour calendaire de retard au taux de 5%.

A l'issue d'une période d'application des pénalités d'une durée de deux (02) mois, le maître de l'ouvrage se réserve le droit de faire procéder, aux torts et frais exclusifs de l'entrepreneur, à l'enlèvement des installations, matériels et matériaux maintenus sur le site. Les montants relatifs à ces enlèvements seront retenus sur les sommes dues à l'entrepreneur au titre des retenues et cautions de garantie,

3.4. PREFABRICATION DU BETON :

3.4.1. PRÉPARATION :

Le programme de bétonnage définit pour tous les bétons les phases de mise en place du béton qui doivent se dérouler sans interruption ni reprise, ainsi que leur succession.

– DOSAGE DU BETON :

$$1 \text{ BCR} = 3,75\text{m}^3$$

MATÉRIAUX UTILISE	Unité	Pour 1m3	BCR 3,75m ³
Ciment	Kg/m ³	300 kg	1125 kg
Sable de OUREAH	Kg/m ³	583	2186,25
Gravier 3/8	Kg/m ³	275	1031,25
Gravier 8/15	Kg/m ³	312	1170
Gravier 15/25	Kg/m ³	663	2486,25
Eau de gâchage	L / m ³	210	787,5
Densité du Béton	Kg/m ³	2343	8786,25

La densité du béton utilisé est égale à 2343 Kg/m³, soit approximativement 2,4 t /m³.
Pour un BCR de 3,75 m³ soit un poids unitaire de 9t.

– MALAXAGE

On mélange les composants à l'aide d'une centrale à béton. Le béton est fabriqué dans La centrale qui mélange automatiquement les constituants selon une composition programmée à l'avance par l'entrepreneur.

La production peut atteindre plus de 70 m³/J pour 20 coffrages. L'objectif est de mélanger suffisamment les composants pour obtenir une pâte homogène, au sein de laquelle les éléments les plus fins, sable et ciment, combler les vides laissés par l'agglomération des granulats.

On doit également envelopper complètement les graviers pour obtenir, une fois sec, un matériau constitutif d'une roche.

La durée du malaxage ne comprend pas la durée de remplissage, la vidange des bétonnières, ni la manœuvre des doseurs.

– COULAGE

Le béton préparé est transporté et coulé dans les coffrages par le camion malaxeur d'une capacité théorique de 6m³, mais pratique de 5m³.

– VIBRATION

Une fois coulé dans un coffrage, le béton est vibré à l'aide d'aiguilles des vibreurs électriques montés directement sur le coffrage. L'air expulsé durant cette phase provient des cavités entre les graviers, qui se remplissent de la pâte fine de ciment et de sable. La vibration permet un mélange efficace et améliore le durcissement.

– DURCISSEMENT

La température ambiante a une grande influence sur le durcissement, ou prise, du béton. Par temps de gel, il peut être nécessaire de chauffer l'eau, parfois même les agrégats, avant de malaxer et de couvrir le matériau pour retenir la chaleur dégagée par les réactions exothermiques lors de la prise du ciment. Par temps très chaud, au contraire, on doit arroser le béton et le garder à l'ombre, afin que l'eau nécessaire à la prise ne s'évapore pas et provoque un retrait, c'est-à-dire une diminution de volume de la pièce. Ce phénomène engendre des fissures dans le béton. Plus le béton est maintenu humide sur une longue période, plus sa résistance sera importante. La prise a lieu en quelques heures.

– DECOFFRAGE

Pour les pièces préfabriquées et les éléments non porteurs, il est possible de décoffrer quelques heures seulement après le coulage. En général, par temps doux, on coule le béton le soir pour le décoffrer le lendemain matin. Le béton doit durcir

Suffisamment pour supporter leur propre poids, ainsi que les charges qui y seront appliquées.

La durée du décoffrage ne comprend pas la durée de remplissage, la vidange des camions malaxeurs, ni le temps de vibrage.

La durée du décoffrage est de 24h en général.

3. 4. 2. CONTRÔLE DE LA QUALITÉ DU BÉTON :

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

1. Contrôle d'affaissement : mesuré au moyen du cône d'Abrahams.
2. Résistance à la compression : à sept (07) jours et vingt huit (28) jours mesurés sur éprouvettes.

Prélèvement des bétons de chantier et confection des éprouvettes :

- Le béton constitutif des éprouvettes est prélevé, soit à la sortie des machines de fabrication du béton soit après transport de ce dernier au lieu même de l'emploi, son poids fait en moyenne 15,5 kg.
- Un registre tenu à jour indiquera de manière précise l'élément de l'ouvrage.
- Les éprouvettes sont marquées au moment de leur bétonnage, les marques sont gravées.
- Tout prélèvement se fera sous la surveillance d'un représentant du maître d'ouvrage.
- Avant chaque écrasement, on prépare l'éprouvette au moyen d'un surfaçage au souffre

1. 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 de 300mm de hauteur (cône d'Abraham). Le technicien remplit le cône en 3 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 sera entre 2cm et 6 cm d'après le CPS).

2. Résistance à la compression :

Le béton prélevé des éprouvettes cylindriques, est installé dans la presse à béton pour l'essai de compression.

- ➔ La résistance nominale à l'écrasement sur cylindre d'au moins 190 bars à 7 jours.
- ➔ De 265 bars à 28 jours avec une tolérance de plus ou moins 15%.

3. 5. PROVENANCE DES MATERIAUX :**3. 5. 1 CARRIERE DE KEDDARA :(Voir Fig .29)**

Pour répondre aux besoins du chantier en différentes catégories du matériaux d'une manière continue et du point de vue qualitatif et quantitatif, l'ouvrage sera alimenté par la carrière de Keddara en enrochement située à 35 km, et par la carrière de Thénia en tout venant de carrière (TVC) à 25 km. L'entreprise mère de la carrière de keddara est CPK (centre de production de keddara) ex MATCO.

Présentation du site :

- Localisation administrative : lieu sidi oucharaf (keddara-bouzegza) w. de boumerdes
- Superficie du périmètre : 64,84 Ha
- Statut juridique du site : terrain en partie domanial et en partie privé
- Date de mise en exploitation : 1978.
- Durée probable restant à couvrir pour l'exploitation : 44 ans.
- Réserves géologiques : 7 120 534 T.
- Réserves exploitables : 6 052 452 T.
- Quantité extraites à ce jour : 1 433 250 T.
- Minéraux exploités : calcaire.
- nature de la roche : calcaire silicieux
- méthode d'exploitation : à ciel ouvert
- nombre de banquette : 7

La carrière est nouvellement ouverte par une société yougoslave; située à l'Ouest de celle de SONAREM et à proximité du village de keddara.

Coordonnées lambert :

Ces coordonnées sont : x : 569,675

Y : 369,00.

Géologie du gisement :

La nature de cette carrière est du calcaire gris-beige appartenant à la chaîne de Bouzegza, c'est un gisement de calcaires durs.

- La densité de la roche est de 2,68 t/m³, son coefficient de Los Angeles est de 29 à 40%.(abrasion de la roche)

Morphologie de gisement :

Forme : couche

Type : stratiforme

Paramètre	Site A	Site B
LONGUEUR EN m	175	280
LARGEUR EN m	150	178
PROFONDEUR EN m	0 à 100	0 à 106

Méthodologie d'exploitation :

Elle est appliquée à ciel ouvert par tranches horizontales successives de 11 à 15 m d'épaisseur à flanc de montagne. Sa capacité est de 1280 t/j.

Description des équipements en annexe :

Ce centre dispose d'un important potentiel matériel en nombre mais dont la majorité est à l'arrêt ou réformée (datant des années 70-80).

Le reste du matériel en activité : concasseurs, chargeurs, camions, matériel de forage et de part sa vétuste, nécessite de nombreuses interventions causées par des pannes fréquentes qui perturbent et empêchent le fonctionnement régulier de l'exploitation.

Dépense en maintenance : 1 900 000 DA de août 2001 à mars 2002 uniquement pour les achats de composants et pièces de rechanges.

Effectif :

Le centre dispose d'un effectif de 50 personnes dont 35 liées directement à la production (conducteurs d'engins opérateurs de station, mineurs foreurs, agents de la maintenance).

Cet effectif cumule un capital expérience non négligeable et d'une grande disponibilité, résidant en majorité à proximité de la carrière.

Capacité de production :

La capacité annuelle de la production des enrochements (3-6 t) et le tout venant de carrière (TVC) est de 368 640 t.

Tab n°16 : capacité de production en enrochement et TVC 6 j / 7

Désignation	t / j	t / mois	t / an
Enrochements	1 280	30 720	368 640

Tab n°17 : capacité de production en concassage 6 j / 7

Désignation	t / j	t / mois	t / an
Concassage	938	26264	315168

Stations de concassage :

Sur les deux stations de concassages une seule est opérationnelle et ne disposant pas d'équipement pour pouvoir alimenter en parallèle les deux broyeurs.

La production journalière est de 350 m³/J pour la seule station.

Pour une meilleure rentabilité du centre de keddara, il est nécessaire de faire fonctionner les 2 stations de concassage.

Pour ce faire, l'apport d'un ensemble d'équipements supplémentaires est indispensable, il s'agit de :

- (1) Bulldozer
- (1) Chargeur sur pneus de 3,5 m³ à 4 m³
- (2) Camions bennes carrière ou dumpers 20 à 30t

L'objectif serait de parvenir à une production journalière de l'ordre de 600 m³ d'agrégats pour prétendre rentabiliser financièrement ce centre d'exploitation.

Chaque installation est capable d'assurer une production de 200 t/h de 0/25 ou 0/40 soit 800 m³/j (rendement théorique).

Processus de concassage :

Les matériaux tout venant 0/800 sont approvisionnés dans une trémie métallique de capacité de 26 m³.

Les produits finis sont ensuite stockés au sol pour l'une, dans des trémies pour l'autre.

Types de graviers (produits finis) :

0/3 3/8 5/15 15/25 0/40, TVC semi-fini (roche)

3. 5. 2 CARRIERE DE THENIA

Cette carrière est située à 4 km au N E. de Thénia, la nature de gisement est rhyolite, c'est une roche massive, homogène, dure, compacte, de bonne qualité, et de couleur blanche crème à grains fin sans cristallisation apparente.

Les cassures sont neutres non orientées avec un fond vitreux homogène.

La densité de la roche n'est pas mesurée et le coefficient de Los Angeles est de 15% nous n'avons pas pu avoir plus d'information sur la carrière pour des raisons de sécurité



Fig. 29 :localisation de la carriere de keddara et de Thenia

SOURCE :ENCARTA ATLAS 2004

3. 6. SUIVI ET CONTROLE DES TRAVAUX DANS LE CHANTIER :

Dans notre travail nous avons été assistés sur le terrain par l'équipe du bureau d'études (Contrôle Technique Hydraulique, CTH).

Leur rôle dans ce projet, consiste à assister la DTP pour le contrôle technique des travaux sur le chantier.

Présentation du CTH :

L'entreprise a été désignée par la DTP, pour assurer le contrôle au fur et à mesure des travaux contradictoirement avec l'entreprise de réalisation SOTRAMO.

La mission du CTH se résume à la bonne application des travaux selon les articles du cahier des prescriptions spéciales (CPS).

Le CTH est représentant du maître d'ouvrage dans le chantier.

Personnel du CTH :

PERSONNEL	Nombre	FONCTION
Ingénieur, chef de mission	1	<ul style="list-style-type: none"> - C'est le représentant de la DTP - Contrôle des attachements de travaux et les approuve - Contrôle les situations de travaux et les approuve - Dirige les réunions de chantier - Etablit les rapports du chantier
ingénieur en travaux maritimes	1	<ul style="list-style-type: none"> - Assiste aux contrôles de la qualité du béton - Vérification des matériaux d'approvisionnement - contrôle de l'application des règles de sécurité - consignation des problèmes rencontrés sur site - signale à l'entrepreneur des différentes anomalies dans la réalisation pour y apporter des corrections.
Topographe	2	<ul style="list-style-type: none"> - contrôlent la conformité des profils réalisés selon les plans - vérification du positionnement des stations
plongeurs	2	<ul style="list-style-type: none"> - vérifient la bathymétrie du site avant le début des travaux - vérifient le profil immergé de l'ouvrage et sa conformité

Installation :

L'équipe du CTH, a aménagé son bureau sur site à côté des installations de l'entrepreneur, ils disposent des différents moyens techniques et informatiques pour mieux assurer leurs différentes tâches de contrôle.

Equipements de travail du CTH :

- Un ordinateur
- Imprimante couleur
- Appareil photo numérique
- Mobilier de bureau
- Différents matériels de bureau
- Equipements de plongée
- Equipements de relevés topographiques (théodolite, niveau, mire).

Responsabilité du CTH :

La responsabilité de l'équipe de contrôle technique se fait sur deux fronts :
La première qui est la principale, réside dans :

- le contrôle des différentes étapes de réalisation, en commençant par les matériaux préfabriqués et des matériaux provenant des carrières,
- la vérification de l'exactitude du positionnement des stations pour chaque profil
- la vérification de la conformité de mise en place des matériaux selon le schéma des profils du CPS,

La seconde tâche est celle de veiller à la bonne marche des travaux, ils ont pour rôle, d'informer le maître d'ouvrage du déroulement des travaux.

Aussi de signaler les arrêts de chantier, pour vite dénouer les problèmes rencontrés,

Dans les cas de force majeure où l'entrepreneur n'est pas tenu pour responsable de l'arrêt de chantier, le maître d'ouvrage signe l'ordre de services d'arrêt (ODS d'arrêt).

Ces démarches sont effectuées pour la bonne exécution des travaux et pour éviter les malfaçons. Elles ont pour conséquence l'application dans les règles des travaux d'exécution, tout en veillant sur le facteur temps, (respect des délais).

Le suivi s'effectue jusqu'à la fin des travaux de protection et jusqu'au repliement de l'entreprise de réalisation.

3. 7. SITUATION ET AVANCEMENT DES TRAVAUX :

Les travaux sur site ont été perturbés par de multiples problèmes rencontrés pendant la réalisation qu'on peut signaler comme suit, durant notre suivi sur chantier :

- ◆ Le 21 mai 2003, l'arrêt des travaux d'un peu plus d'un mois, suite aux conséquences du séisme, et pendant cette période, la centrale à béton a été réquisitionnée par l'état pour l'aide aux habitations sinistrées. L'approvisionnement en enrochement et en TVC, ont par contre repris après un arrêt d'une quinzaine (15) de jours.
- ◆ La grue principale (KH300) de mise en place des BCR, est tombée en panne durant 10 jours ce qui a retardé les travaux.
- ◆ Début juillet 2004, Arrêt de la centrale à béton, à cause du non paiement des sous-traitants de fabrication de béton par SOTRAMO (25% d'avancement).
- ◆ Le 13 juillet 2004, le personnel de la SOTRAMO, a observé une grève durant un mois et demi, faute d'un problème bancaire qui est à l'origine de non paiement des salaires. (faillite de la BCIA).
- ◆ L'approvisionnement en TVC et en enrochements a été dernièrement signalé à l'arrêt, par la non disponibilité des matériaux dans les carrières de Keddara et Thénia pour des raisons de sécurité, ce qui a obligé l'entreprise à changer de sources d'approvisionnement pour aller jusqu'à Chlef à raison d'une rotation par jour au lieu de trois, vu l'éloignement de la carrière (plus de 300 km).
- ◆ La mise en place continue pour les matériaux de carrière déjà stockés avec un rythme plus lent.
- ◆ La pose des BCR continue.
- ◆ Le taux d'avancement global est de 35%, pour les deux tronçons, dont 50% pour le premier tronçon de 510 m.

CONCLUSION SUR LA RÉALISATION DU PROJET

A la fin de notre suivi le 13 septembre 2004, les travaux ont subi un retard considérable dû à des raisons exogènes et endogènes à l'entreprise.

Les raisons externes sont les cas de force majeure: l'arrêt du chantier causé par le séisme du 21 mai 2003, ayant entraîné la confiscation par l'état de la centrale à béton pour l'aide à la reconstruction, et à l'affectation des engins dans les zones sinistrées.

Les raisons endogènes sont d'ordre financière à cause des problèmes rencontrés par l'entreprise suite à la dissolution de sa banque domiciliaire la BCIA en début de l'année 2004.

De par ces différents problèmes, il y a lieu de constater un retard important dans la réalisation de l'ouvrage, on a estimé l'avancée des travaux le 13 septembre 2004, de l'ordre de 50% pour le tronçon 1 (510 m), et d'un taux d'environ 35% pour la totalité du projet.

CHAPITRE - 4 -

**IMPACT DE LA REALISATION DE
LA PROTECTION SUR
L'ENVIRONNEMENT DE AIN TAYA**

Introduction :

Cette partie de notre étude vise à analyser les effets, et les conséquences de la réalisation du projet de protection de la cote de Ain Taya, sur son environnement direct et indirect.

Les transformations morphologiques de la zone ont donné naissance à de multiples changements dans la nature du site, dans les différents domaines touchés (Activités humaines, nature, biocénose...).

De notre suivi du chantier nous avons relevé différents impacts primaires qui sont induits directement par l'implantation du chantier, pendant la réalisation de l'ouvrage et après la fin des travaux, tel qu'il est présenté ci-dessous :

4. 1. IMPACTS NEGATIFS LIES A LA REALISATION DE L'OUVRAGE :

Les différents impacts négatifs engendrés par la réalisation de cette protection sont comme suit :

- Dans la phase de terrassement et de reprofilage par des stériles de carrière et du TVC, la plage a été recouverte, ce qui a impliqué sa disparition.
- Le terrassement, et les opérations de mise en place des structures de la digue et ajoutant à cela l'activité de la mer, ont augmenté les matières en suspension (MES) ce qui a amplifié la turbidité des eaux. A la suite de cela on assiste à une perturbation et altération des organismes ou microorganismes vivant à proximité (espèces benthique, planctonique...).
- L'entretien des engins lourds du chantier, a engendré une pollution même si elle est locale, l'infiltration de cette pollution peut avoir des effets néfastes sur la nappe phréatique, sachant que l'activité de la zone environnante est principalement agricole (danger de pollution et de dégradation des plantations).
- Le cadre de vie du voisinage a été perturbé par la proximité du chantier, et ceci par les différentes nuisances sonores et olfactives, causées par la grande circulation des engins et le passage des camions de transport des matériaux dans la ville de Ain Taya.
- Le commencement des travaux à proximité de la plage principale de Ain Taya (fin du Tronçon 1 et début du tronçon 2), a engendré la colère des habitants qui ont manifesté leur mécontentement, par conséquent, la DTP a décidé de surseoir les travaux dans cette partie (tronçon 2) sur 190 ml.
- Durant la réalisation les égouts de rejet des eaux usées n'ont pas été détournés ce qui a engendré un écoulement à même le chantier, direct en mer.

La tâche de régulation de ce conduit revenait à la DTP, mais l'entreprise a laissé les égouts tel que sans les détourner et ces effluents s'écoulent directement sur la structure de l'ouvrage. Ceci a occasionné en premier lieu, une difficulté de déplacement sur le chantier, ainsi que des odeurs nauséabondes qui se dégagent sur la zone de travaux.

On a même pu assister à un accident d'un camion qui s'est enfoncé dans le noyau dans le chantier de Ain Beida, à cause du même problème des eaux usées qui coulaient sur le noyau, le rendant mou inconsistant pour la circulation des poids lourds.

4. 2. AUTRES IMPACTS ENVISAGEABLES APRES LA FIN DES TRAVAUX :

- Pendant et à la fin des travaux il est possible que le littoral de Ain Taya subisse des impacts négatifs à plus ou moins long terme , qui peuvent être nuisibles à l'environnement de la région.
- Le problème se posant sur le milieu physique réside dans le changement des transits littoraux, en matière de diffusion de l'énergie de la houle sur la zone côtière, et les modifications des flux et des faciès sédimentaires.
- Ceci aura pour conséquence la déstabilisation de toutes les zones environnantes, ce qui pourrait engendrer une érosion accentuée dans les falaises à coté de l'ouvrage, à l'Est comme à l'Ouest.
- Sur le milieu biologique, on peut évoquer comme impact direct, l'emprise d'un aménagement sur le milieu naturel qui peut réduire ou même détruire la biomasse locale, par la destruction des herbiers ou des champs d'algues supérieures s'ils existent.
- Comme aboutissements indirects les modifications des échanges et des flux hydrodynamiques, peuvent engendrer des transformations des paramètres écologiques positifs.

« Par ailleurs, les enrochements par leur infractuosités, les réseaux de cavités créent un milieu différent du fond sur lequel ils se superposent, jouant le rôle de récif artificiel, on peut s'attendre à ce qu'il contribuent à une augmentation de richesse et diversité de la faune et de la flore marine en hébergeant des espèces absentes des fonds sableux, algues crustacés, poissons de roche ». (M. GUIGO).
- Ces conséquences ont été confirmées sur site, comme on l'a observé sur les blocs de BCR et les enrochements, les amas d'algues se sont formés le long de l'ouvrage.
- La superstructure de l'ouvrage altère l'harmonie du paysage, changeant le site d'une plage sableuse à une côte à structure bétonnée.
- La perturbation des activités telles que le tourisme, vu les difficultés d'accès à la plage, qui représente une perte pour les commerçants liés à ce site.
- L'activité de la pêche a aussi été perturbée pendant la réalisation de l'ouvrage ,selon une petite enquête, le site de Kef Ain Taya appelé anciennement « petite plage » était très connu des riverains qui sont déçus de sa disparition.
- Cependant, durant la période estivale, le site a fait l'objet d'une attraction très remarquable de pêcheurs amateurs et professionnels qui se sont manifestés pendant les périodes d'arrêt du chantier pour pêcher sur les blocs en béton.
- Même les petites embarcations qui avaient l'habitude de lâcher leurs filets de pêche au large ont pris position à l'amont du tronçon 1.
- D'après le témoignage des pêcheurs habitués sur site, une grande concentration de poissons dans cette zone a été enregistrée. Ce qui explique cet afflux des pêcheurs.
- La difficulté d'accès à cette zone (les gros blocs de BCR) qui a limité la nage près des l'ouvrage, laissant le champs libre à la pêche.

4.3. LA SOLUTION PROPOSEE :

Suite aux différents impacts relevés, l'ouvrage de protection choisi présente certains points d'impacts assez lourds et irréversibles, tel que la disparition de la plage de Kef Ain Taya, qui aurait pu être évitée en ayant recours à d'autres types de protection moins lourds.

Ce qui nous engage à avoir pour le futur une vision plus globale dans les protections envisagées dans les zone côtière algérienne, en gardant en compte les différents domaines liés aux site, en premier lieu les multiples activités concernées par le site, aussi le facteur esthétique qui n'est pas en soi un point à prendre à la légère, la zone littorale est réputée pour être un site touristique.

D'autres méthodes de protection auraient pu être considérées pour la falaise et la plage.

La solution que nous proposons se résume comme suit :

- Une protection avec mûr de soutènement en béton ou en gabions pour la falaise
- la création d'une plage artificielle encore plus large.
- Une protection par géotubes contre l'érosion de cette plage.

4.3.1. LA PROTECTION AVEC LES GEOTUBES :

Définition :

Le géotube est une matière géotextile tissée en forme d'un long cylindre malléable qu'on remplit avec du sable hydrauliquement. Il est fabriqué à partir d'un géotextile très solide et perméable à l'eau grâce à ses orifices plus ou moins ouverts pour retenir les éléments fins (sable) et laisser passer l'eau. (Voir fig 24)

Ce procédé est une technique moderne nouvellement mise en œuvre dans les protections du littoral dans le monde.

Ses avantages sont multiples et très attractifs pour les aménagements littoraux, car il supprime de multiples contraintes rencontrées dans les travaux maritimes.

Avantages des Géotubes :

L'avantage principal est l'augmentation du poids à volonté du géotube pour pouvoir résister à l'action de la houle, en augmentant le diamètre du géotube et sa longueur.

Un autre atout c'est l'absence d'impact visuel. L'ouvrage, immergé, est invisible depuis la plage, lorsqu'il est recouvert de sable ou bien si on utilise un géotextile couleur sable en polyester, à la différence des structures enrochées et bétonnées. On a même fait des géotubes en blanc cassé ce qui épouse la couleur du sable de la mer, qui est avantageux du point de vue esthétique (voir fig n°25)

Autre élément favorable, la technique des géotubes est une technique douce.

« Le Géotube est une structure souple et malléable qui peut s'adapter aux mouvements de la mer, un peu comme de la pâte à modeler, On évite ainsi l'affouillement qui se crée au pied d'un ouvrage en dur » (B. AUGÉ)

Le 4eme avantage est financier, Le Géotube coûterait une fois et demi à deux fois moins cher qu'un ouvrage équivalent en enrochements. Et de trois à quatre fois moins, pour un ouvrage en BCR.

Un autre avantage : Le Géotube ne nécessite pas d'apports de matériaux de carrière, on se contente de confiner un matériau déjà présent sur place : le sable de mer. Ce qui réduit encore le coût de revient. On peut également utiliser le sable des carrières, un matériau très bon marché, car non utilisé pour la construction.

Le dernier avantage, point très important dans les travaux maritimes, est celui de la rapidité d'exécution et de mise en place.

Le géotube est réputé pour être la protection la plus rapide à réaliser dans le marché actuel des protections de rivage, car il est rempli à l'aide d'une pompe hydraulique qui pompe l'eau et le sable pour remplir le géotube. (à raison de 90 % d'eau et 10 % de sable).

Après installation in situ, l'opération nécessite des machines légères ou moyennes dans le cadre de dragage du site, et d'installation du cylindre, sa mise en place nécessite très peu de main d'œuvre.

La durée de vie du géotube est estimée à 50 ans mais peut être plus car c'est un matériau récent des années 60, sa résistance mécanique et sa forme en ellipse lui confèrent un facteur d'homogénéisation avec le milieu marin car il réduit le départ des matériaux.

Son coût réduit donnera la possibilité aux autorités locales de promouvoir cette protection pour des zones sujettes à une forte érosion, et même à des particuliers comme pour les hôtels en bord de mer.

La maintenance du géotube est très simple, si le support est endommagé dans le cas de forte tempête ou par acte de vandalisme, la réparation s'effectue localement, en recousant une pièce de géotextile sur la zone détériorée.

Cas de Ain Taya

L'utilisation du géotube aurait pu être réalisé dans le site de Ain-taya selon deux configurations :

Première solution : En tant que protection frontale le long du rivage, cette protection a pour effet l'arrêt ou la diminution de l'action des vagues sur la plage, et par conséquent la diminution de l'érosion des plages en limitant le départ des matériaux.

Pour ce qui est de l'action des eaux de pluies sur la falaise, l'opération de purge de la falaise peut être maintenue, car même si le géotube peut diminuer l'action de la mer, il ne peut arrêter l'action de dégradation induite par l'infiltration des eaux de pluies et de la nappe phréatique.

La deuxième solution : le géotube peut être utilisé en tant que brisé lame le long de la zone touchée par l'érosion en ouvrage immergé, une bonne disposition de cette protection peut faire regagner à la plage sa largeur, en diminuant le départ des matériaux engendré par les fortes houles en favorisant l'accumulation de sable derrière l'ouvrage.

La bathymétrie faible du site permet l'utilisation du géotube en ouvrage apparent ou immergé.

Ces deux méthodes peuvent avoir un effet d'engraissement de la plage de Ain-Taya et régler le problème de l'action de la mer sur les falaises.

Exemple d'estimation du coût d'utilisation du géotube dans le tronçon 1 :

On a fait une estimation comparative des matériaux utilisés dans le tronçon 1 (510 ml)

► Dimension du géotube :

On utilise un géotube en forme d'ellipse de :

Largeur de $2a = 4m$ (a est le diamètre horizontale)

Une hauteur de $2b=3m$ (b est le diamètre vertical)

Sur une longueur de $L=510 m$ pour le tronçon 1.

La forme du géotube est ellipsoïdale :

La surface de l'ellipse est de : $S = \pi * a * b$

$$S = 3,14 * 2 * 1,5$$

$$S = 9,42 m^2$$

Le volume du géotube est $V = S * L$

$$V = 9,42 * 510$$

$$V = 4 804 m^3$$

Estimation du coût :

Le prix du Géotube : $P= 1000 DA$ pour $1m^3$ (estimation entreprise)

Si on considère que l'on utilise le sable de la plage et le géotextile importé

Avec : un coût de main d'œuvre $Mo = 600DA$ le m^3

Le tout revient à :

Estimation totale : $Et = (P + Mo) * V$

$$Et = (1000 + 600) * 4804$$

$$Et = 7 686 400 DA$$

Soit environ 8 000 000 DA contre un coût de 355 000 000 DA avec la protection lourde en enrochement et BCR dans le tronçon 1, soit 44 fois moins cher et plus rapide à réaliser.

4. 3. 2. PROTECTION DE LA FALAISE AVEC UN MUR DE SOUTÈNEMENT :

La deuxième solution qu'on peut proposer, reste aussi coûteuse mais efficace, car si on traite chaque problème en particulier la protection donnera des résultats plus pertinents:

Un mur de soutènement en béton pour protéger la falaise de l'action érosive des eaux de pluie.

Supprime l'érosion de la falaise toute en freinant sa chute progressive.

Comme schématisé dans la figure

Le mur de soutènement est un ouvrage lourd. Bien qu'efficace, il présente l'inconvénient de ne pas différer de l'ouvrage en cours sur le plan du coût et de l'esthétique.

L'aspect massif de l'ouvrage représenté par un mur de 15 à 26 mètres de hauteur dénature le profil de la plage.

4. 3. 3. LA TECHNIQUE DES GABIONS POUR LA PROTECTION DE LA FALAISE :

Cette technique présente bien des avantages. Sa conception est rapide et peu coûteuse. Il s'agit de remplir de pierres, des paniers en aciers qui sont ensuite superposés les uns sur les autres. Leur empilement peut être rectiligne ou en gradins. Quoi qu'il en soit, la réalisation et la pose des gabions ne durent que quelques semaines.

De par leur perméabilité, les gabions ne réfléchissent pas les houles ; aussi n'augmentent-ils pas l'ablation des matériaux sableux. En outre, il n'est pas nécessaire de les enfouir pour assurer leur stabilité, leur structure étant souple, ils s'adaptent facilement aux déformations naturelles du terrain.

Enfin, ils se fondent parfaitement dans le paysage puisque la végétation les recouvre après quelques mois.

4. 3. 4. L'ALIMENTATION ARTIFICIELLE (plage artificielle):

Plutôt que d'utiliser des techniques qui dénaturent ou transforment le paysage, l'idéal serait de protéger la frange côtière tout en préservant son aspect naturel. Si cela peut paraître utopique, en réalité, depuis de nombreuses années ces procédures sont déjà employées, on peut citer comme exemple :

La Floride par exemple. Où on a réalimenté les anses érodées en matériaux sableux.

Comme il a été déjà fait en Martinique, des plages artificielles ont été créées par le biais de transferts sableux.

Pourtant les aménageurs n'ont jamais utilisé cette technique pour lutter contre l'érosion des côtes. Ce qui est regrettable car les sédiments (sables et graviers) nécessaires à cette opération se trouvent facilement sur place (dans les carrières environnantes) ou par dragage de sable en mer au large de la cote dans des zones sablonneuses.

Cette opération qui doit avoir un suivi continu par les autorités locales, après études et choix des matériaux à utiliser, du lieu de d'extraction des matériaux, et de la zone d'alimentations de la plage, reste la plus avantageuse pour l'environnement bien qu'elle soit à long terme coûteuse.

Grâce à cette solution on préserve la plage tout en gardant les différents avantages naturels et économiques de la côte.

La tache de suivi des autorités locales, permet de responsabiliser et faire bouger les responsables des lieux pour préserver et protéger la zone littorale.

Remarque : le Rechargement des plages en sable est raisonnable si le sable apporté ne provient ni du rivage, ni de la zone soumise à la houle, mais qui vient des carrières ou il est prélevé en mer à au moins 10.m de fond (car il n'aura pas d'effet sur la stabilité du littoral).

Conclusion sur la solution proposée :

Pour le 2eme tronçon il serait souhaitable de prévoir une solution telle que celle recommandée avec une protection de la falaise en gabion, la création d'une plage artificielle qui viendrait se greffer à la plage actuelle pour une plus grande utilisation avec un élargissement de 30 à 40 m pour la porter à une largeur de l'ordre de 60 m et une longueur d'environ 400 ml soit 2,4 ha au lieu de 0.8 ha actuellement.

Cette plage artificielle serait protégée avec une digue en géotubes contre l'action de la houle.

(voir fig .30)

CONCLUSIONS :

Les impacts les plus importants sont ceux de la superstructure de l'ouvrage qui a des conséquences notables sur l'environnement du site. La disparition de la plage en l'occurrence fut la plus regrettable des pertes.

Sur une plage restée à l'état naturel, sa surface inclinée et perméable dissipe l'énergie des vagues, au contraire la présence d'un ouvrage maçonné ou rocheux, engendre la réflexion de la houle incidente, qui accroît la turbulence de l'eau sur le rivage, le résultat est une dispersion des sédiments qui vont se déposer sur l'avant plage « R.PASKOFF »

La disparition de la plage « Kef Ain Taya », a eu pour conséquence :

La transformation de l'activité du site, la pêche est devenue l'activité la plus importante sur le tronçon 1 (c'était une petite plage de plaisance).

La concentration de poisson aux rivages ce qui nous montre la transformation de la nature du milieu marin.

La plage de Ain Taya qui devait être recouverte aussi, a été épargnée, grâce à l'intervention de ses habitants, qui ont manifesté leur mécontentement à la vue de la transformation produite dans la plage de Kef Ain Taya.

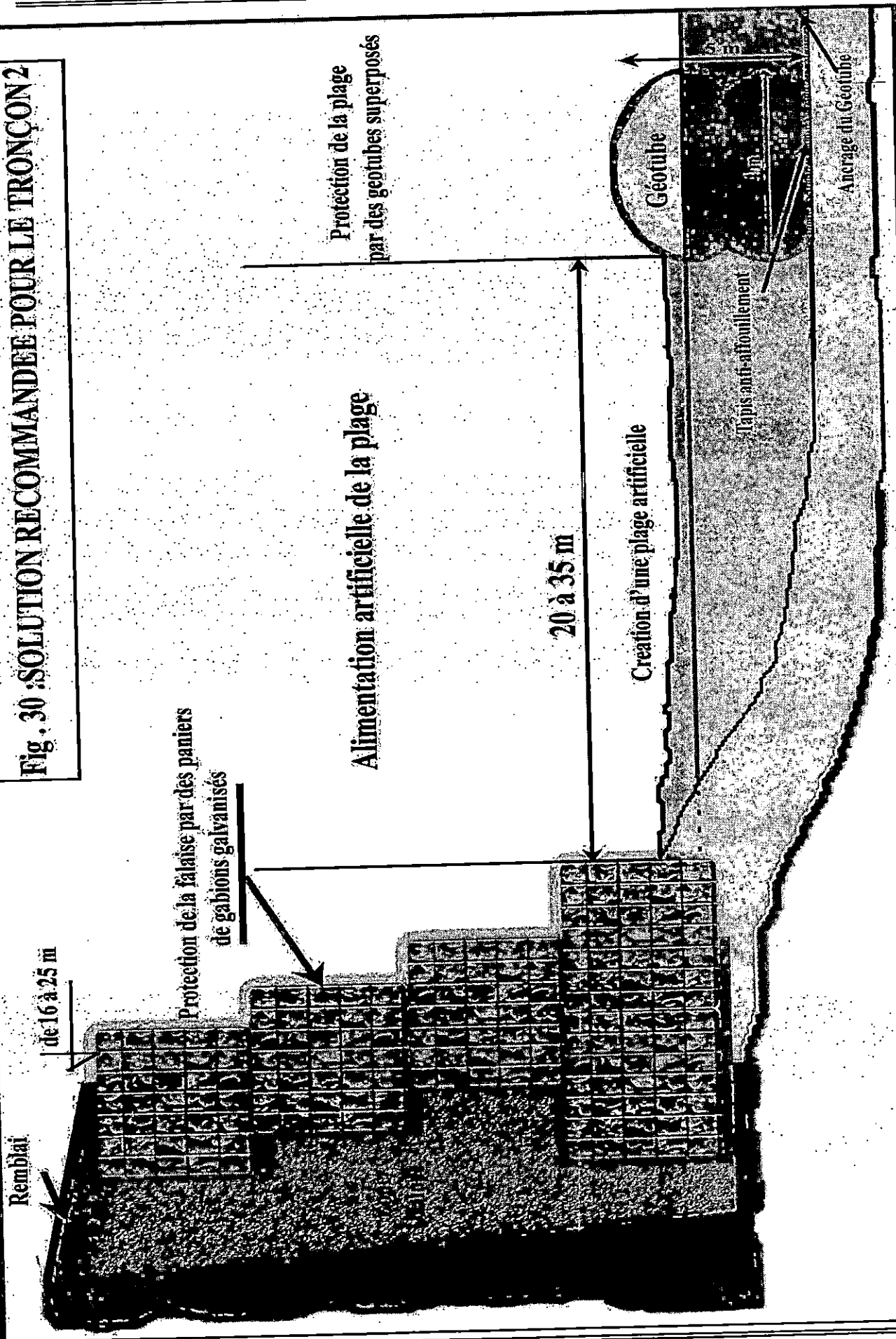
Ceci a été un facteur positif pour la plage principale, les conséquences sur le site auraient été plus nuisibles sur l'activité touristique de Ain Taya, la commune vivant essentiellement de l'activité touristique.

Des propositions moins coûteuses plus adaptées au site auraient pu être proposées, et qui doivent prendre en compte la protection de la falaise mais aussi la plage en elle-même.

Ces solutions ont été proposées ci-dessus

- En premier, la falaise serait protégée de l'action active de la mer et des eaux de ruissellement.
- La plage élargie et protégée en géotubes aurait offert un attrait touristique plus important, donc plus de revenus pour la commune.

Fig. 30 : SOLUTION RECOMMANDÉE POUR LE TRONÇON 2



SYNTHÈSE ET CONCLUSION

SYNTHESE ET CONCLUSION

Le rivage de Ain-Taya est une zone très instable, encore plus sensibilisée par le caractère actif de l'action marine et climatique, ce qui engendre une érosion très importante au pied de ses falaises.

Cette érosion est provoquée par le recul du trait de côte et l'amaigrissement des plages locales, causée par l'extraction excessive et le pillage du sable des plages.

Aussi le détournement du cours des oueds pour l'agriculture, ce qui a pour conséquence une diminution des apports sédimentaires.

La falaise est fragilisée aussi par une nappe phréatique qui s'écoule constamment sur la roche marneuse qui constitue le noyau de la falaise.

En ce qui concerne les travaux de protection de la falaise de Ain Taya, ces différentes phases sont résumées de la naissance du projet jusqu'à sa réalisation :

La Direction des Travaux Publics a opté pour la solution proposée par le laboratoire d'études maritime (LEM) en 1996, un ouvrage de protection lourd, qui a été antérieurement recommandé par SOGREAH en 1984.

L'ouvrage est une protection frontale en blocs cubiques rainurés (BCR) de 9 t, pour le premier tronçon (510 ml) et une protection en enrochements naturels de (3-6 t) pour le second tronçon (190 ml).

- Le marché a été accordé, suite à un appel d'offres à l'entreprise SOTRAMO, qui a entamé les travaux en mars 2003, avec un délai de 16 mois et un montant de 544 millions de DA
- différentes installations du chantier ont été préparées pour le début de la réalisation des travaux de protection,
- Une centrale à béton pour la préfabrication des BCR a été installée non loin du chantier, situé à Ain Beida (ex suffren)
- Le site de stockage des BCR et enrochements a été aménagé à coté de la centrale à béton.
- L'approvisionnement en enrochements, en tout venant de carrière (TVC) et en déchets de carrière a commencé immédiatement après l'installation du chantier (carrière Keddara et Thenia).
- Une équipe d'ingénieurs du bureau d'études CTH a été désignée par la DTP pour assurer le suivi et contrôle technique dès le commencement des travaux en Mars 2003.

- La préfabrication des BCR et leur stockage ont commencé après l'arrivée de l'équipe de contrôle technique du CTH en Mai 2003.
- Après l'installation complète du chantier, le terrassement des déchets de carrière et du TVC; la mise en place de la protection, a commencé par les enrochements du filtre puis par les blocs en béton BCR.

A la fin de notre suivi de la réalisation, le chantier avait accusé un retard important, avec un taux d'avancement des travaux d'environ 35% au mois de Septembre 2004, alors qu'ils devaient être dans le début de repliement.

Les impacts engendrés par l'ouvrage sont importants et dommageables pour le site (la destruction de la plage de Kef Ain Taya)

L'impact le plus important à distinguer est celui de la superstructure de l'ouvrage, qui est en béton.

La disparition de l'activité estivante sur le site, mais qui a été remplacée par la pêche amateur et professionnelle à mêmes les Blocs de BCR.

Eu égard au coût et à l'esthétique occasionnés par l'utilisation de géotube, le procédé est fortement recommandé dans les aménagements futurs de protection du rivage, pour le bien du littoral et le confort des riverains.

L'arrêt des travaux dans la plage principale a été un événement positif car la plage fut préservée, et on peut féliciter les habitants de Ain Taya qui ont manifesté leur attachement à la plage. Suite à cette contestation des riverains, la décision d'arrêt des travaux à l'extrémité Ouest de la plage principale fut prise par la DTP. (Pas de 2^{ème} tronçon).

L'expérience des travaux maritimes en Algérie a un retard très important à rattraper, ce qu'on a pu largement constater dans la réalisation de la protection de la côte de Ain-Taya à cause de multiples problèmes humains et matériels.

Les autorités concernées devraient optimiser leur vision dans les nouvelles approches de protection littorale. Il aurait été plus préférable d'aborder le problème avec une vision plus moderne, qui prend en compte les différents impacts socioéconomiques qui interagissent dans le milieu (gestion intégrée du littoral).

Cependant même si les aménageurs décidaient aujourd'hui de n'utiliser que les techniques de protection les plus efficaces, ils n'obtiendraient pas pour autant une protection durable du littoral.

En réalité, la durabilité ne s'acquière qu'au terme d'une longue procédure qui inclut l'utilisation d'ouvrages de protection plus adaptés.

Pour aménager et protéger durablement le littoral, il ne faut pas privilégier les ouvrages de protection, en tant que tels, mais plus dans l'influence que ces derniers peuvent avoir sur la côte. Prendre conscience de ces dysfonctionnements, c'est déjà faire un pas vers la protection durable.

Pour une approche plus tangible, il faut :

- 1 - repérer les points qu'il est indispensable de protéger (habitations menacées).
- 2 - repérer les zones sur lesquelles on laissera la mer s'équilibrer (laisser faire l'érosion quelquefois).
- 3 - ne mettre en œuvre que des techniques éprouvées, selon des études préalables soignées.
- 4 - s'en tenir à des financements locaux (propriétaires, communes) afin d'éviter la déresponsabilisation (pas évident dans notre cas où c'est l'état qui prend en charge ce type de travaux).
- 5 - Ouvrir le marché international pour les entreprises étrangères de réalisation avec des budgets consistants selon le but recherché.

Ceci a pour but d'encourager la concurrence, et permettra aux entreprises de réalisations maritimes algériennes de mieux évoluer.

Ceci est aussi valable pour nos bureaux d'études qui doivent rechercher des solutions plus avantageuses économiquement et qui préservent l'environnement.

L'élaboration de ce mémoire nous a offert l'opportunité bénéfique à plus d'un titre, d'apprendre et de comprendre les différents aspects des travaux de protection littorale dans notre pays et les travaux maritimes en particulier.

Cela nous a permis d'effectuer un stage pratique qui a duré environ 7 mois par le suivi des travaux de protection du rivage de Ain Taya, dont nous remercions tout l'encadrement de l'entreprise et ceux qui nous ont permis de traiter ce travail dans de très bonnes conditions.

ANNEXE

BIBLIOGRAPHIE

- 1- **ABDI et KHLIFI , 2003** .«Travaux d'aménagement du port El-Djamila »
- 2- **Amari. M , 2004** . « Cours de modélisation 5eme année aménagement »
- 3- **ANAT , 2000** « Rapport sur la cote de Ain Taya »
- 4- **BAUCHE et MOUHOB , 2003** .« contribution à l'étude de protection et l'aménagement du littoral de Bordj El Bahri et Ain Taya ».USTHB
- 5- **AUGE. B ,** « Responsable de la subdivision maritime des Pyrénées-Orientales au sein du service maritime et de navigation du Languedoc-Roussillon » (SMNLR)
- 6- **BONNEFILLE. R , 1980** .« Cours d'hydraulique maritime ». p 92 .
- 7- **CHAPON J ,1984** . « Travaux maritimes », Ed. Eyrolles. Tome II.: 365p.
- 8- **DTP ,** « Cahier de prescription spécial »
- 9- **DIRECTION GENERALE DE LA CARRIERE DE KEDDARA , SCP,** « rapport d'exploitation »
- 10- **GUIGO .M , 1991.** « Gestion de l'environnement et études d'impact ». p 106 - p 116 - p 119
- 11- **INSPECTION DE L'ENVIRONNEMENT**
- 12- **LECLAIR. L , 1972** .« La sédimentologie holocène sur le versant méridional du bassin Algéro-Baléares ». Mémoire du muséum national d'histoire naturelle.
- 13- **LARID. M , 2003** . « Approche méthodologique pour l'étude d'impact sur l'environnement »
- 14- **L.E.M ,** « Rapport L.E.M 1995, et SOGREAH 1984 »
- 15- **O.N.G (Office National de la Géologie)**
- 16- **O.N.M** « Données météorologiques 1993 – 2003, station Dar El-Beida »
- 17- **PASKOFF. R,** «Côte en danger » p74 - p84
- 18- **PASKOFF. R,** « L'évaluation du niveau de la mer et les espaces côtiers »
- 19- **REBAH. M, Mai1999,** « Ecologie oubliée ».édition marinoor

BIBLIOGRAPHIE

- 20- **SOTRAMO, 2002** « Contrôle de la qualité du béton. » .1-7 P
- 21- **VAN DER MEER, 1990** « Stabilité statistique et dynamique des matériaux non cohérent sous l'action de la houle » traduction AMARI. M