

[Tapez un texte]

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

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



**Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur en science de la mer**

**Option : Aménagement du Littoral**



Présenté par:

**MIMOUNI Saida Yasmine**

Soutenu le 17/09/2013 devant le jury suivant :

Mr	<b>HAMDJ.B</b>	<b>Professeur (ENSSMAL)</b>	<b>Président</b>
Mlle	<b>AMROUCHE.L</b>	<b>Maître assistante A (ENSSMAL)</b>	<b>Promotrice</b>
Mr	<b>AMMARI.M</b>	<b>Ingénieur d'état et PDG (HMI)</b>	<b>Co-promoteur</b>
Mr	<b>BELKESSA.R</b>	<b>Professeur (ENSSMAL)</b>	<b>Examineur</b>

***Promotion : (2012-2013)***

[Tapez un texte]

## *Dédicaces*

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

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

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

*A ceux qui m'ont donné un magnifique model de labour et de persévérance.*

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

*A mon cher mari, à qui je ne saurai trouver les mots exacts pour exprimer ma gratitude et mon profond respect envers lui, qui m'a soutenu durant l'élaboration de ce modeste travail et su se montrer patient et encourageant.*

*A mon frère, qui, loin des yeux, a su se montrer présent*

*Je les remercie pour tout cela, et puisse Dieu Tout Puissant les protéger.*

[Tapez un texte]

## *Remerciements*

Au terme de ce travail, Je tiens à adresser mes sincères remerciements à Dieu Le Tout Puissant pour la volonté, la santé et la patience qu'il m'a donnée afin de réaliser ce modeste travail de fin d'études

Je tiens à remercier M<sup>le</sup> AMROUCHE, en qui j'ai un profond respect, d'avoir accepté de m'encadrer et pour son extrême gentillesse et compréhension.

Je tiens aussi à exprimer ma fidèle gratitude à M<sup>r</sup> AMARI Mohamed, directeur de HMI, qui a accepté de m'accueillir au sein de son entreprise et de m'encadrer avec les meilleures conditions qui soit, de me suivre et me guider, et tout l'honneur est pour moi d'être parmi ses disciples, à qui j'exprime ici ma profonde gratitude pour l'attention portée durant tout le stage pratique effectué et afin d'élaborer ce mémoire.

Je tiens à remercier M<sup>r</sup> IDRIS BEY Mouloud d'avoir accepté spontanément de m'encadrer et pour avoir veillé au bon déroulement du travail.

Je tiens aussi à remercier vivement M<sup>r</sup> ABDI Rachid qui a accepté spontanément de m'aider afin de mener à bien ce modeste travail et qui n'a ménagé aucun effort pour sa réalisation, son aide précieuse et ses conseils judicieux.

Mes remerciement vont à tous les membres du bureau d'études HMI, pour leur aide, pour m'avoir procuré et mis à ma disposition tous les documents et les renseignements nécessaires à mon travail, envers qui j'aspire beaucoup de respect pour leur qualité morale et pour leur dévouement : Messieurs ; SENOUCI Youcef, CHALLALA, AOUI Mohamed, OUABBAS Noureddine, LAOUCHET Rachid, HASSAN Rahim, AMARI Rayan, AMARI Karim et AMARI Kamel.

Mes remerciements s'adressent à :

- ❖ Monsieur HAMDI d'avoir gentiment accepté de présider ce modeste travail
- ❖ Mr BELKESSA et Mr LARID d'avoir accepté d'examiner et de corriger ce travail.
- ❖ L'ensemble du corps enseignants de l'ENSSMAL de nous avoir offert cette richesse qui est le savoir.

Et enfin Monsieur ZOUAKH.D Directeur de l'ENSSMAL et Monsieur BELAHRECH Directeur des études d'être toujours présents pour nous les étudiants et de satisfaire nos besoins.

[Tapez un texte]

# *Sommaire*

[Tapez un texte]

<b>Introduction générale</b>	1
<b>I. GENERALITES</b>	
1. Situation géographique	3
2. Description de l'ancien port d'El Kala	4
1.1 Historique	4
1.2 Cactérisqtique de l'ancien port (état actuel)	4
2. Données naturelles du site	7
2.1 Analyse de la houle au large	7
2.2 Synthèse des reconnaissances sur site	7
2.2.1 La Topographie	8
2.2.2 La bathymétrie	8
➤ A l'intérieur du port	8
➤ A l'extérieur du port	9
2.2.3 Sondage à la lance	10
2.2.4 Levé de 25profils en travers de la jetée existante	13
➤ Profil type de la jetée ouest partie courante	13
<b>II. ÉTUDE DES SCHEMAS DE VARIANTE EN MODELE MATHEMATIQUE</b>	
1. Étude de la réfraction de la houle	17
2. Etude des schémas d'aménagementnt	19
2.1 Variante d'aménagement n°1	20
2.2 Variante d'aménagement n°2	22
2.3 Variante d'aménagement n°3	24
2.4 Variante d'aménagement n°4	26
2.5 Variante d'aménagement n°5	29
3. Etude d'agitation en modèle mathématique	30
3.1 Etat actuel – agitation résiduelle	31
3.2 Agitation résiduelle pour la variante n° 1	32
3.3 Agitation résiduelle pour la variante n° 2	34
3.5 Agitation résiduelle pour la variante n° 4	35
3.6 Agitation résiduelle pour la variante n° 5	36
<b>3. AVANT PROJET SOMMAIRE (APS)</b>	

[Tapez un texte]

1. Description des variantes d'aménagement	37
1.1 principales caractéristiques de la variantes n°1	37
1.2 principales caractéristiques de la variantes n°2	38
1.3 principales caractéristiques de la variantes n°3	40
1.4 principales caractéristiques de la variantes n°4	41
1.5 principales caractéristiques de la variantes n°5	43
2. Comparaison entre les principales caractéristiques des 5 variantes d'aménagement	45
3. Coûts et délais de construction des variantes d'aménagements	45
4. Choix de la variante	46
5. Calcul de pré-dimensionnement : ( $H_s = 8m$ )	47
5.1 Calcul de la houle de déferlement (méthode CERC)	47
5.1.1 Calcul des poids des blocs	49
a) Poids des blocs de la carapace	49
b) Poids des blocs de la couche filtre support	50
c) Poids des blocs de la couche filtre de transition partie courante et musoir	51
5.1.2 Calcul des épaisseurs de couches	51
a) Epaisseur de la carapace partie courante et musoir	51
b) Epaisseur de la couche la couche filtre support partie courante et musoir	52
c) Epaisseur de la couche de filtre de transition partie courante et musoir	52
<b>4. MODELE REDUIT PHYSIQUE</b>	
1. Canal a houle (2D)	55
1.1 Jetée principale	56
➤ Profil 1 : (au milieu)	56
➤ Profil 2 : (à l'enracinement)	58
1.2 Jetée ouest	60
2. Bassin a houle (3D)	61
➤ Variante 1	62
➤ Variante 2	62
➤ Variante 3	62
<b>4. AVANT PROJET DETAILLE (APD)</b>	
1. Plan de masse	68
2. Description des ouvrages de protection	68
➤ Profils types du brise lames	69

[Tapez un texte]

➤ Profil type de la jetée secondaire	72
3. Description des ouvrages d'accostages	74
3.1 Quai	74
➤ Profils types de quais à – 4,00 et à – 2,50 m	74
3.2 Appointements	77
3.3 Cale de halage	79
4. Estimation des coûts et délais de constructions	81
<b>Conclusion générale</b>	82

## **Bibliographie**

### **Annexes**

Annexe 1 : Données de l'US Naval Weather Command (SSMO)

Annexe 2 : L'étude de la houle à partir des données de vent et de Fetch

Annexe 3 : Résultats des sondages à la lance

Annexe 4 : Album photos

[Tapez un texte]

## Liste des Acronymes

**BET** : Bureau d'Etude

**HMI** : Hydro Marine Ingénierie

**LEM** : Laboratoire d'Etudes Maritimes

**LHI** : Lanka Hydraulic Institute

**CERC** : Centre d'Etude et de Recherche

## Liste des Unités

M : mètre

Ml: mètre linéaire

M<sup>3</sup> : volume

Ha : hectare

Cm : centimètre

T: tonne

[Tapez un texte]

## Liste des Abréviations

AP : Ancien Port

BCR : Bloc Cubique Rainuré

Hs : Hauteur Significative

N : Nord

O : Ouest

E : Est

Long. : Longitude

Lat. : Latitude

NO : Nord Ouest

NNO : Nord Nord Ouest

NE : Nord Est

NNE : Nord Nord Est

P : profondeur

L: largeur

M : pente

H: hauteur

[Tapez un texte]

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1 :</b> Capacité de l'ancien port de pêche (L.E.M, 1999) .....	5
<b>Tableau 2 :</b> Caractéristiques des Profils en travers type de la jetée ouest de l'ancien port de pêche d'el Kala (H.M.I, 2008).....	12
<b>Tableau 3 :</b> Conditions de houles extrêmes réfractées à 20m de profondeur au large du port d'El Kala (L.H.I, 2008) .....	18
<b>Tableau 4 :</b> Les ouvrages d'accostages de la variante n°1 (H.M.I, 2008) .....	37
<b>Tableau 5 :</b> Flottile de pêche de la variante n°1 (H.M.I, 2008).....	38
<b>Tableau 6 :</b> Les ouvrages d'accostages de la variante n°2 (H.M.I, 2008).....	39
<b>Tableau 7 :</b> Flottile de pêche de la variante n°2 (H.M.I, 2008) .....	39
<b>Tableau 8 :</b> Les ouvrages d'accostages de la variante n°3 (H.M.I, 2008) .....	40
<b>Tableau 9 :</b> Flottile de pêche de la variante n°3 (H.M.I, 2008) .....	41
<b>Tableau 10 :</b> Les ouvrages d'accostages de la variante n°4 (H.M.I, 2008).....	42
<b>Tableau 11 :</b> Flottile de pêche de la variante n°4 (H.M.I, 2008) .....	42
<b>Tableau 12:</b> Les ouvrages d'accostages de la variante n°5 (H.M.I, 2008).....	43
<b>Tableau 13 :</b> Flottile de pêche de la variante n°5(H.M.I, 2008) .....	44
<b>Tableau 14 :</b> principales caractéristiques des variantes d'aménagement (H.M.I, 2008) .....	45
<b>Tableau 15 :</b> Coûts et délai de construction des variantes d'aménagement (H.M.I, 2008).....	46
<b>Tableau 16 :</b> valeurs de $K_D$ préconisées pour l'application de la formule de Hudson (critère de non dommage) ( <i>la houle comment s'en protéger, 1981</i> ) .....	54

[Tapez un texte]

**Tableau 18:** Profil 01 - Résultats des essais de stabilité en canal à houle pour la jetée principale (L.H.I, 2008) .....56

**Tableau 19 :** Profil 02 - Résultats des essais de stabilité en canal à houle pour la jetée principale (L.H.I, 2008) .....58

**Tableau 20 :** Résultats des essais en canal pour la jetée secondaire (L.H.I, 2008).....60

**Tableau 21 :** Caractéristiques des quais .....75

[Tapez un texte]

## Liste des figures

<b>Figure 1 :</b> Situation géographique de l'ancien port de pêche d'el kala (H.M.I, 2008) .....	3
<b>Figure 2 :</b> Caractéristique de l'ancien port d'El Kala (H.M.I, 2008) .....	5
<b>Figure 3 :</b> Configuration actuelle de l'ancien port de pêche d'EL Kala (H.M.I, 2008) .....	6
<b>Figure 4 :</b> Plan de bathymétrie à l'intérieur et l'extérieur de l'ancien port de pêche d'El Kala (HMI, 2009).....	10
<b>Figure 5 :</b> Plan de positionnement des sondages à la lance (H.M.I, 2008) .....	11
<b>Figure 6:</b> Profil type de la jetée ouest partie courante (H.M.I, 2008) .....	14
<b>Figure 7 :</b> Configuration de la variante d'aménagement N° 1(H.M.I, 2008) .....	21
<b>Figure 8 :</b> Configuration de la variante d'aménagement N° 2 (H.M.I, 2008) .....	23
<b>Figure 9 :</b> Configuration de la variante d'aménagement N°3 (H.M.I, 2008) .....	25
<b>Figure 10 :</b> Configuration de la variante d'aménagement N°4 (H.M.I, 2008).....	27
<b>Figure 11 :</b> Configuration de la variante d'aménagement N°5 (H.M.I, 2008) .....	29
<b>Figure 12:</b> Agitation résiduelle à l'état actuelle pour : Dépassement=2%, Hs=2.5m, Tp=9s and N15°O .....	31
<b>Figure 13:</b> Agitation résiduelle pour la variante n° 1 pour : Dépassement=2%, Hs=2.5m, Tp=9s and N15°O .....	32
<b>Figure 14 :</b> Agitation résiduelle pour la variante n° 2 pour : Dépassement=2%, Hs=2.5m, Tp=9s and N15°O .....	33
<b>Figure 15:</b> Agitation résiduelle pour la variante n° 3 pour : Dépassement=2%, Hs=2.5m, Tp=9s and N15°O .....	34
<b>Figure 16:</b> Agitation résiduelle pour la variante n° 4 pour : Dépassement=2%, Hs=2.5m, Tp=9s and N15°O .....	35

[Tapez un texte]

<b>Figure 17:</b> Agitation résiduelle pour la variante n° 5 pour : Dépassement=2%, Hs=2.5m, Tp=9s and N15°O .....	36
<b>Figure 18 :</b> Abaque pour la détermination de la houle de déferlement au pied de l'ouvrage (Weggel, 1972).....	53
<b>Figure 19 :</b> Plan du canal à houle du Laboratoire LHI .....	55
<b>Figure 20 :</b> Profil type de la jetée principale- Milieu .....	57
<b>Figure 21:</b> Profil type de la jetée principale- Milieu .....	59
<b>Figure 22 :</b> Plan de masse de la variante N°4 choisie.....	67
<b>Figure 23 :</b> Coupe type du brise lames- Partie courante .....	70
<b>Figure 24 :</b> Profil type du brise lames- Partie musoir .....	71
<b>Figure 25 :</b> Coupe type de la jetée secondaire .....	73
<b>Figure 26:</b> Coupe type de quai à -4.00m .....	76
<b>Figure 27:</b> Coupe type d'appontement .....	78
<b>Figure 28:</b> Coupe type de cale de halage .....	80



***Introduction  
générale***

Recelant un potentiel touristique diversifié et richement fourni, la région d'El Tarf possède des atouts pouvant lui conférer une place de leadership dans le développement d'un tourisme national compétitif.

Dans cette wilaya située près des frontières Algéro-tunisienne, à l'Est, la zone d'El Kala avec sa frange côtière l'un des milieux les plus complexes et variables de la planète de part ses fameux lacs, son parc national et ses fascinants attraits, son port de pêche par excellence et citadelle antique, qui fait la réputation de cette région située à plus de 600 km de la capitale.

Reine du corail, cette ville côtière très convoitée par les estivants, se transforme en été en véritable centre de vacances.

Ainsi l'actuel port de pêche d'El Kala est devenu insuffisant à la satisfaction de la demande, par le manque d'espaces abrités pour la flottille, une passe d'entrée très dangereuse par mer agitée, un manque d'ouvrages d'accostage pour la flottille existante, un manque de terre pleins à cause du relief accidenté des alentours du port et un plan d'eau non abrité par mauvais temps, surtout au niveau de l'avant port pour les houles de secteur NO à NE.

A cet effet, le ministère des travaux public, par le biais de la direction des travaux public de la wilaya d'El Tarf, a lancé un appelle d'offre afin d'effectuer une étude d'aménagement pour l'extension de l'ancien port de pêche d'El Kala en port de pêche et de plaisance pour répondre aux besoins et satisfaire la demande.

Le bureau d'étude Hydro Marine Ingénierie (HMI), chargé de l'étude, a proposé cinq variantes différentes répondant plus ou moins aux critères demandés.

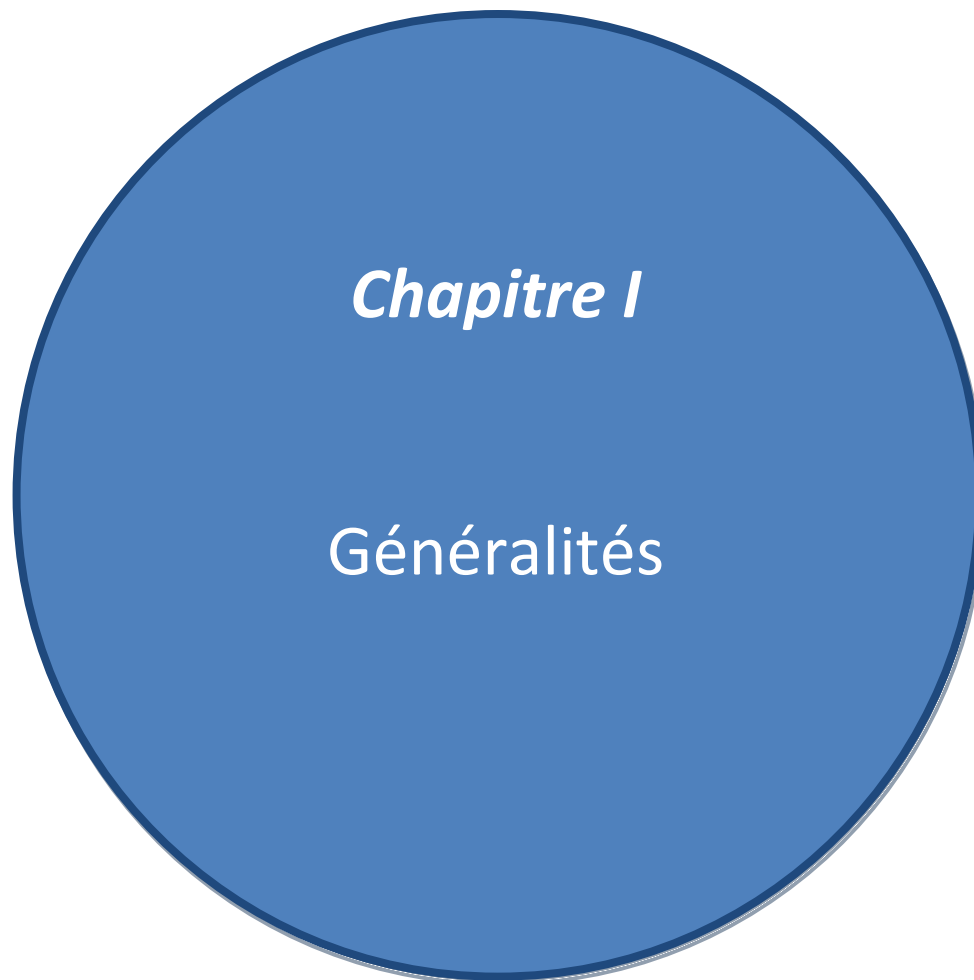
Le but de ce mémoire de fin d'étude dont l'intitulé « Etude de l'Aménagement de l'ancien port de pêche d'El Kala en port de pêche et de plaisance », est de mettre en œuvre une analyse personnalisé de ce nouveau port, et d'évaluer le comportement des ces structures, pour en arriver à un diagnostique et proposer ainsi des solutions adéquates afin d'optimiser le rendement de ce port et de le protéger contre les houles et les vagues.

Ce travail comprend 5 chapitres :

- ❖ Le premier chapitre consiste à rassembler les indications générales des conditions naturelles sur la zone d'étude ainsi qu'aux caractéristiques spécifiques de l'ancien port de pêche d'El Kala
  
- ❖ Le deuxième chapitre sera consacré à l'étude de la houle de projet afin de proposer différentes variantes d'aménagement (cinq) qui seront ensuite soumises à une étude d'agitation.
  
- ❖ Le troisième chapitre décrit les principales caractéristiques des cinq variantes proposées afin de permettre une comparaison entre elles pour avoir une 1<sup>ère</sup> idée sur le choix de la variante qui répond le mieux à la demande du point de vu agitation, coûts et délais de construction
  
- ❖ Le quatrième chapitre va nous fixer sur le choix de la variante du point de vu stabilité et franchissement.
  
- ❖ Le cinquième chapitre sera consacré à la description détaillé de la variante choisie.

Enfin, une conclusion générale pour clôturer ce travail.

1.



### Situation géographique :

L'ancien port de pêche d'EL KALA est un petit port situé à 30 Km au nord Est de la ville d'EL TAREF chef lieu de la wilaya et a 17 Km au Nord Ouest de la frontière Algéro-tunisienne.

Ses coordonnées géographiques sont comme suit :

➤  $\Phi = 36^{\circ}53'57.45''\text{N}$  à  $36^{\circ}53'54.85''$  **NORD** de l'équateur.

**UTM**

➤  $\lambda = 8^{\circ}26'42.15''\text{E}$  à  $8^{\circ}26'16.25''$  **EST** de Greenwich.

Il appartient administrativement à la commune d'El Kala wilaya d'EL TAREF



Source Google Earth 2013

**Figure 1 : Situation géographique de l'ancien port de pêche d'el kala**

## **2. Description de l'ancien port de pêche d'el kala :**

### **2.1 Historique :**

**El Kala** anciennement **La Calle**, près de la frontière Tunisienne, n'est pas née de l'expédition de 1830. Son emplacement se situait en partie sur celui de TUNIZA, ville mentionnée sur la carte des voies de l'empire Romain, devient MARSALA EL KHARAZ "le port aux breloques", puis MERS EL DJNOUN "port de la baie", et LA CALLE DE MASSACRES, et finalement LA CALLE ou bastion de France pendant la présence coloniale française, le plus important de tous les comptoirs de pêcheurs de coraux.

Déjà, vers 1286, où le commerce et la pêche au corail donnait au port aux breloques une prospérité importante, LA CALLE servait de havre aux navires, grâce à sa presqu'île allongée, parallèle au rivage, qui en faisait un abri naturel.

Le petit port de la Calle faisait corps avec un paysage où le vert des forêts de chênes-lièges s'harmonisait avec l'azur marin pour former, au soleil couchant, une symphonie de couleurs, qu'aucun artiste peintre n'aurait pu reproduire. LA CALLE était un coin délicieux et l'on retrouvait, dans ses environs proches, de nombreux vestiges de civilisation éteintes.

### **2.2 Caractéristique de l'ancien port (état actuel) :**

Le port d'El Kala, sous sa configuration, est un abri naturel sous la forme d'un bras de mer se situant entre une presque île et la côte, protégeant un linéaire de quai de 240 ml environ, ouvert au Nord Ouest, et d'une jetée Ouest d'une longueur initial de 200 ml, formant ainsi une passe d'entrée de 100 ml environ.

L'intérieur du port est composé d'un avant port et d'un arrière port, longeant la presqu'île, séparés par un épi en maçonnerie d'une longueur de 65m environ couvrant un terre plein de 1,47 ha et un plan d'eau d'une superficie de 7,80 hectares (1.6 dans l'arrière port et 6.20 ha à l'avant port) , accueillant une flottille de 146 unités de toute catégorie confondu (voir tableau 1), stationnées à l'étroit principalement dans l'arrière port, avec une capacité de production de pêche annuelle d'environ 3120 Tonnes.



Source Google Earth 2013

Figure 2 : caractéristique de l'ancien port d'El Kala

Tableau 1: Capacité de l'ancien port de pêche (L.E.M, 1999)

CATEGORIE	NOMBRE/UNITE
Chalutiers	16 U
Sardiniers	30 U
Petits métiers	35 U
Corailleurs	30 U
Plaisanciers	35 U
<b>TOTAL</b>	<b>146 U</b>

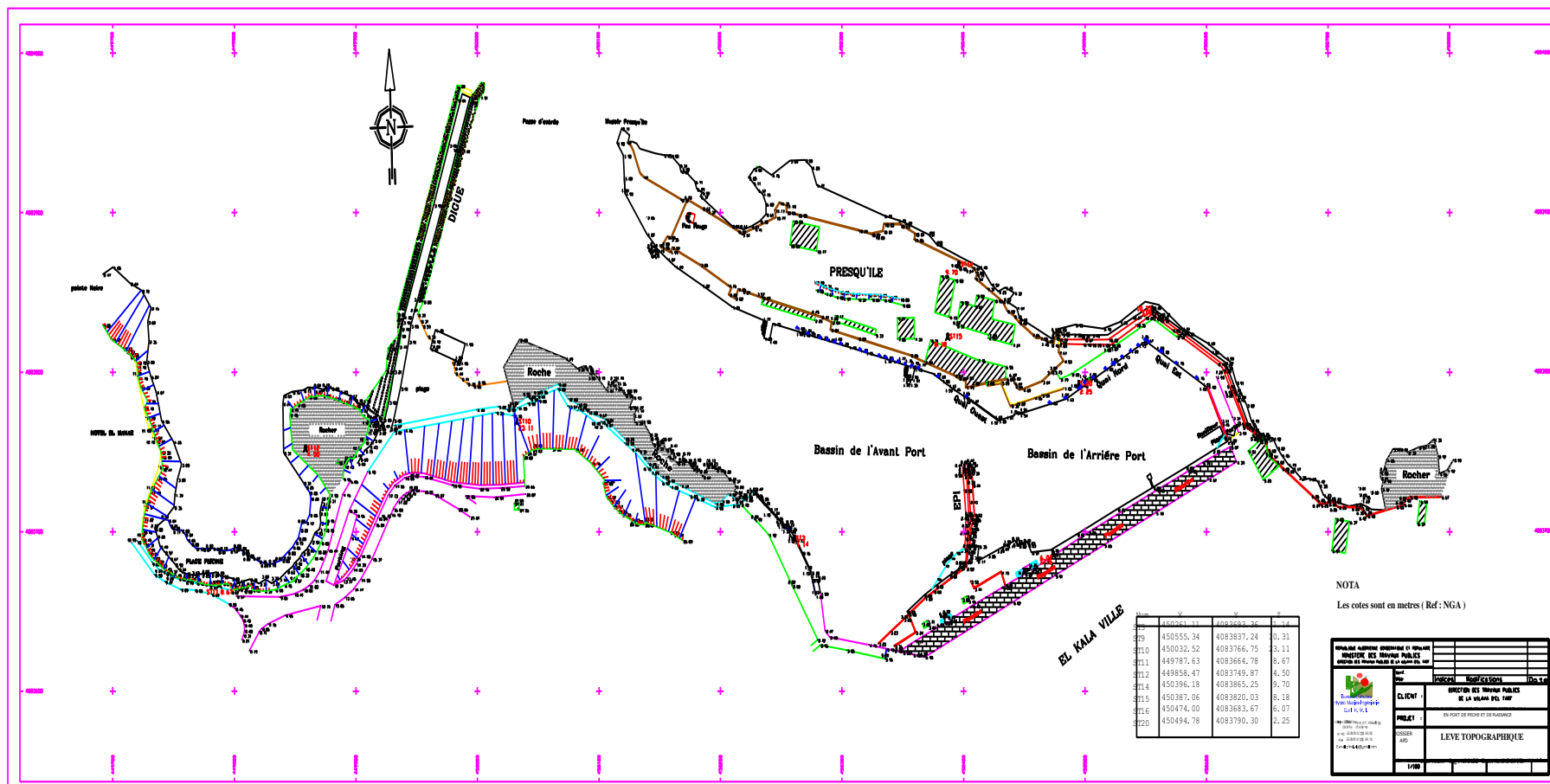


Figure 3 : Configuration actuelle de l'ancien port de pêche d'EL Kala (H.M.I,2007)

### **3. Données naturelles du site :**

#### **3.1 Données de houle au large :**

L'étude d'aménagement de l'ancien port de pêche d'el kala en port de pêche et de plaisance a nécessité la connaissance du climat de houles. Afin de donner les états de mer extrêmes, une analyse des amplitudes d'ondes a été effectuée pour établir les conditions de vagues au delà de la période des observations. Les amplitudes d'ondes extrêmes correspondant à chaque période de retour sont extraites à partir de l'extrapolation des droites de régression. Cette étape primordiale permettra le choix de la houle de dimensionnement des ouvrages de protection.

Afin de mieux cerner ce problème et de procéder à un recoupement d'informations, le BET HMI a analysé et étudié plusieurs sources de données, à savoir :

- l'annuaire statistiques de l'U.S Naval Weather Service Command intitulé « Summary of Synoptic Meteorological Observations » (SSMO), (voir annexe1)
- l'étude de la houle à partir des données de vent et de Fetch, (voir annexe 2).

#### **3.2 Synthèse des reconnaissances sur site :**

Le Bureau d'études HMI a exécuté des reconnaissances sur site de l'ancien port d'El Kala qui comprennent notamment :

- un levé topographique du port sur une surface de 10 ha
- un levé bathymétrique :
  - à l'intérieur du port sur une superficie de 10 ha avec un maillage de 10x10
  - à l'extérieur du port sur une aire de 150 ha avec un maillage de 20x20
- 25 sondages à la lance repartis d'une manière homogène dans la zone d'étude
- Levé de 25 profils en travers de la jetée Ouest.

Les résultats des reconnaissances sont donnés ci après :

### 3.2.1 La topographie :

La topographie est la science qui permet la mesure puis la représentation sur un plan ou une carte des formes et détails visibles sur le terrain, qu'ils soient naturels, notamment le relief et l'hydrographie, ou artificiels comme les bâtiments, les routes,... etc.

D'après le levé topographique, on remarque ce qui suit :

- du côté Ouest du bassin de l'avant port, le relief est accidenté, des dénivelées allant Jusqu'à -20m sont constatées (falaise longeant le bassin portuaire).
- un manque important de terre pleins.

### 3.2.2 La bathymétrie : (voir figure 3)

La bathymétrie est la technique de mesure des profondeurs : elle permet de décrire le relief sous marin et de tracer des cartes bathymétriques dont la précision dépend du choix des appareils et de la densité de maillage des profils.

La bathymétrie réalisée au niveau de l'ancien port de pêche d'El Kala nous renseigne sur les profondeurs à l'intérieur et à l'extérieur du port ainsi que la pente moyenne des fonds.

D'après le levé bathymétrique effectué, nous constatant ce qui suit :

#### ➤ A l'intérieur du port :

Les profondeurs existantes à l'intérieur du port varient entre -0.30m à -5,50m au niveau de l'arrière port, et de -1,30m à -8,00m au niveau de l'avant port.

➤ **A l'extérieur du port d'El Kala :**

Les profondeurs existantes à l'extérieur du port tout le long de la presqu'île longue de 550 m varient entre -1,75m au niveau de l'enracinement et -7,50m au niveau du musoir.

La bathymétrie a été effectuée jusqu'aux profondeurs de – 25m. L'isobathe -20m se trouve à environ 600 m au nord du musoir de la presqu'île et à 450 m au nord de l'extrémité extérieure de l'ancienne jetée.

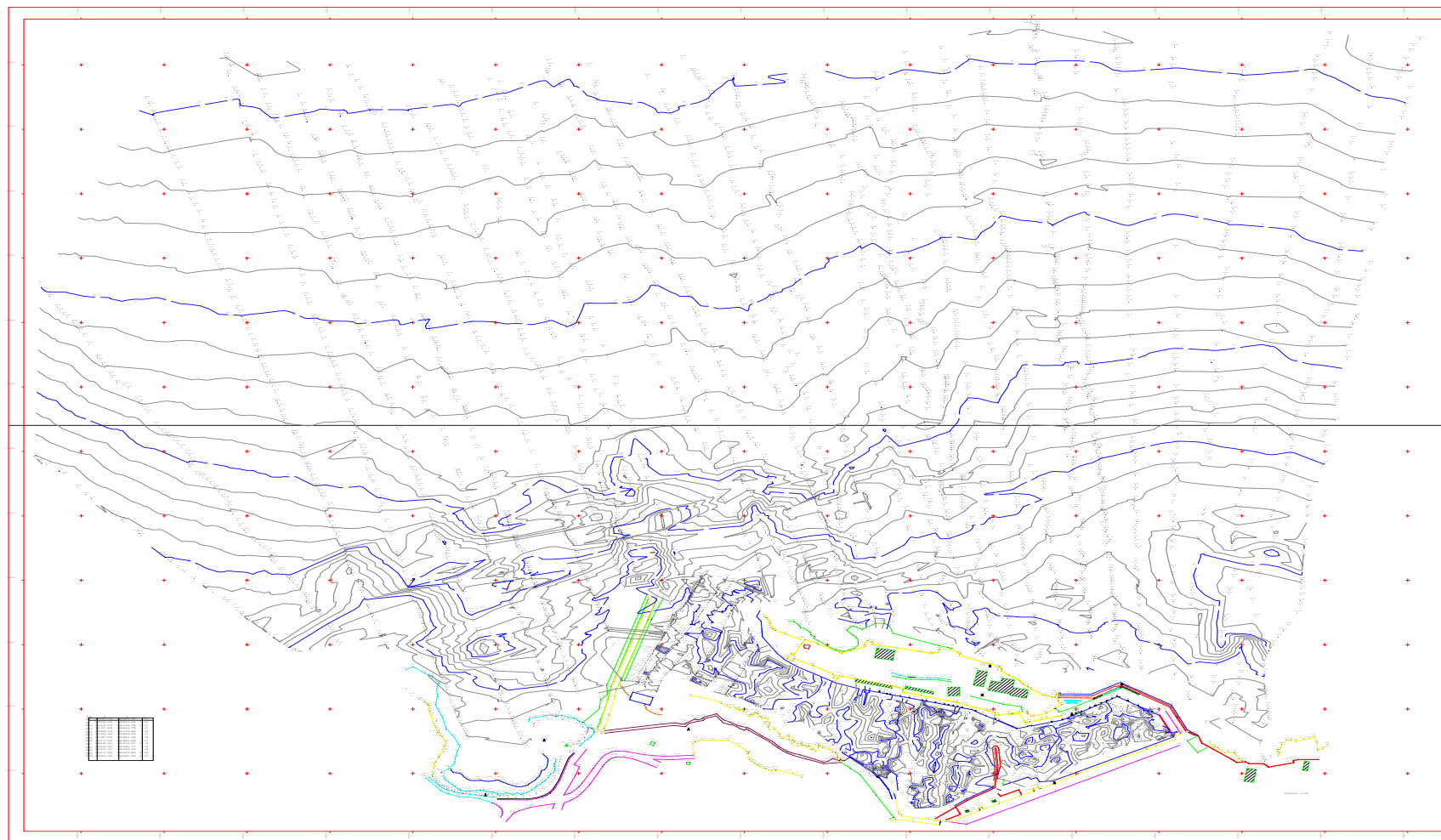
Les fonds évoluent légèrement avec une pente moyenne de 2,5% (pente douce).

### **3.2.3 Sondages à la lance : (voir figure 4)**

Les sondages à la lance permettent l'identification de la nature du fond et de l'épaisseur de la couche des matériaux meubles (vase, sable,...etc.).

25 points de sondages à la lance ont été réalisés à l'intérieur et l'extérieur du port (voir annexe 3) dont :

- ❖ 3 au niveau de l'arrière port,
- ❖ 12 au niveau de l'avant port,
- ❖ 4 au niveau du chenal d'accès et
- ❖ 6 à l'extérieur du port.



**Figure 4 : Plan de bathymétrie à l'intérieur et l'extérieur de l'ancien port de pêche d'El Kala (HMI, 2009)**

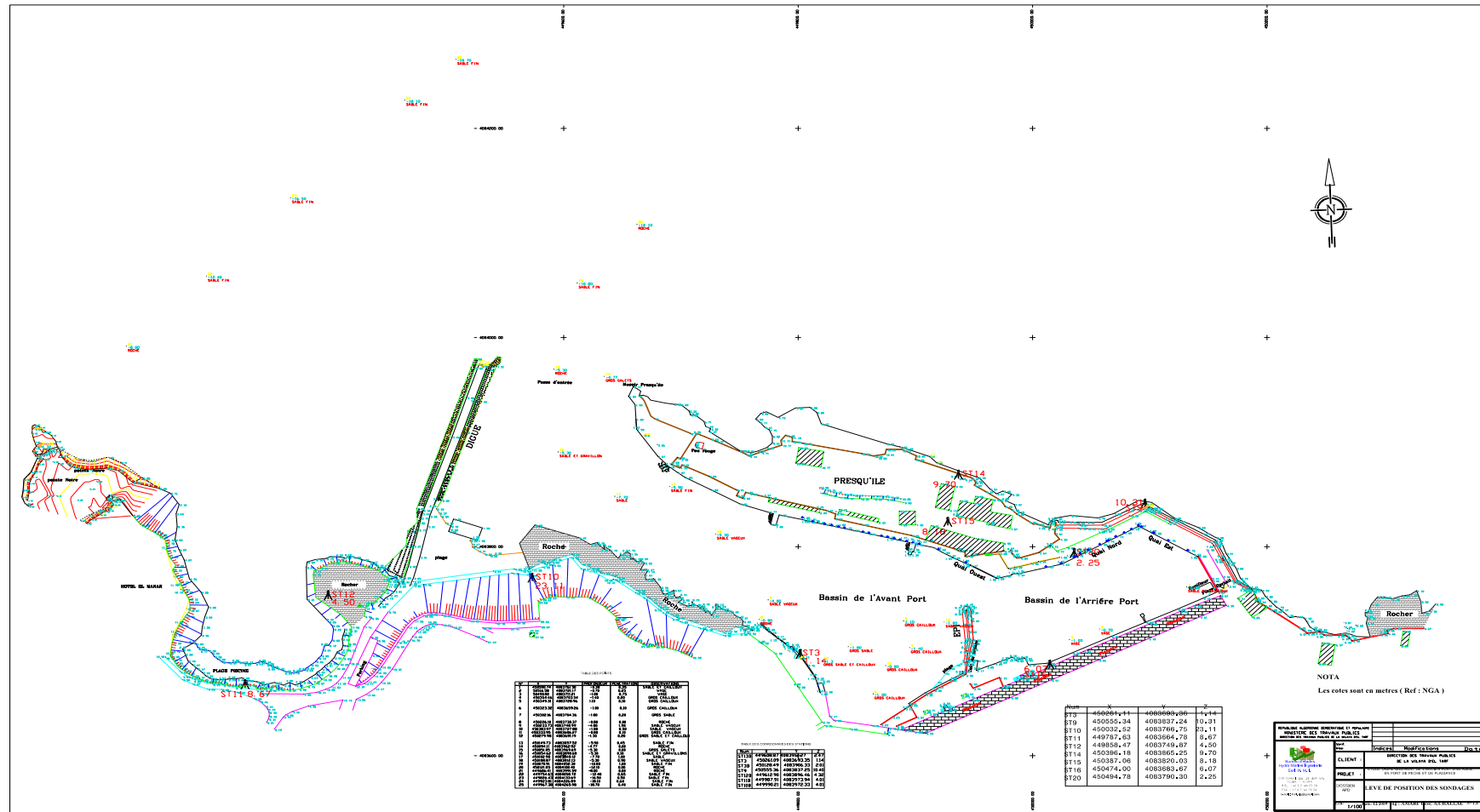


Figure 5: Plan de positionnement des sondages à la lance au niveau de l'ancien port de pêche d'El Kala (HMI, 2009)

---

## *Chapitre II*

ÉTUDE DES SCHEMAS DE  
VARIANTE EN MODELE  
MATHEMATIQUE

### **3.2.4 Levé de 25 profils en travers de la jetée ouest :**

La jetée Ouest de l'ancien port de pêche d'El Kala est une digue à talus d'une longueur initial de 300 ml, réalisée suivant 2 profils types d'origine dans sa partie courante et un profil type au niveau du musoir, repartis comme suit (voir tableau 4).

Cette jetée sans mur de garde est orientée Nord Nord Est, forme une passe d'entrée avec la presqu'île, impraticable par mauvais temps parce qu'elle est très sollicitée par les houles du secteur N E, NO (houles dominantes).

En raison des tempêtes violentes une partie de la jetée existante à l'avant vers le musoir près de l'entrée du port a subi une destruction sur 100 ml au cours des mois de Mars et Novembre 1978.

Entre temps, la jetée a été renforcée par quelques blocs (BCR, Blocs cubiques, blocs en maçonnerie) afin de limiter les dégâts sur l'ouvrage, mais reste franchissable en cas de forte tempêtes de secteur NO à NE.

**Tableau 2:** Caractéristiques des Profils en travers type de la jetée Ouest de l'ancien port de pêche d'el Kala (H.M.I, 2008)

<b>N°de profils type</b>	<b>Prof m)</b>	<b>Longueur (ml)</b>	<b>Zones Correspondantes</b>
1	-4,50	75	Enracinement de la jetée
2	-7,75	198	Partie courante de la jetée
3	-15,00	27	Musoir
–	<b>Longueur totale</b>	<b>300</b>	–

#### ➤ **Profil type de la jetée ouest partie courante :**

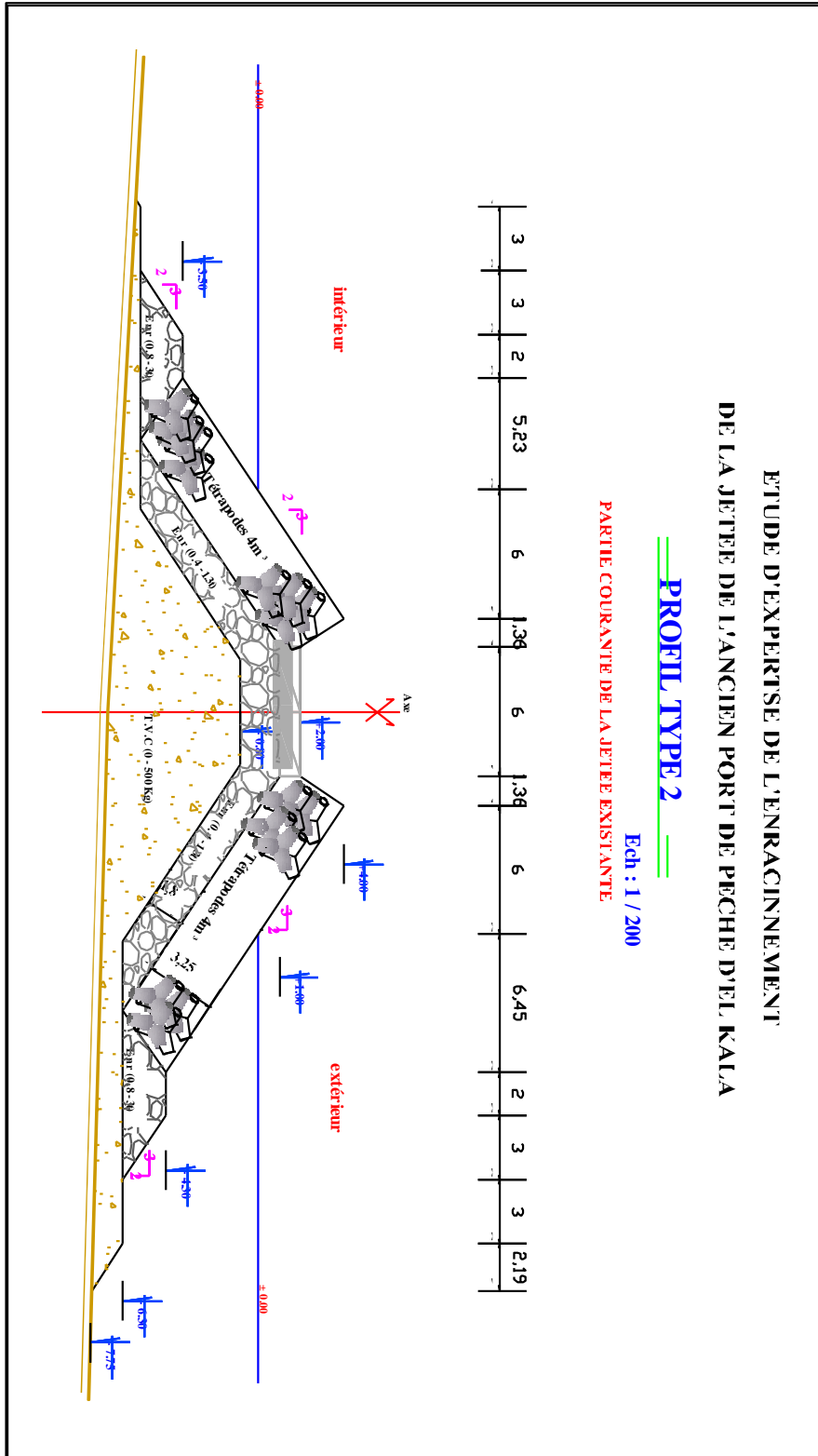
---

Ce profil type est appliqué sur un linéaire de 198 ml est fondé en partie courante à une profondeur de – 7.75 m, il est constitué de :

- D'un noyau en TVC (0-500Kg) arasé à la côte -0.80 m protégé des deux cotés intérieur et extérieur par :
- Une sous-couche en enrochements (0.4 – 1.3t) qui repose sur le noyau, arasée à la côte – 1.00 m d'une épaisseur de 1.80 m avec une pente de talus de 3/2.
- Une carapace en tétrapodes de 4 m<sup>3</sup> (9.6 t), arasée à la côte + 4.00m, d'une épaisseur de 3.25 m et une pente de talus de 3/2, reposant sur la sous-couche en enrochement (04 -1.3t).
- Une butée de pied en enrochements (0.8 - 3t), arasée à la côte – 4.30 m avec une berme de 2 m de largeur et un talus suivant une pente de 3/2 qui repose sur un tapis anti affouillement en TVC (0-500Kg) de 1 m d'épaisseur s'étalant sur 3.00 m au-delà du pied de la butée
- Sur la sous couche en enrochements repose une dalle de roulement de 6.00 m de largeur, arasée à la côte + 2.00 m

Les résultats émanant du levé de profils en travers de la jetée existante ont montrés que la jetée a subit des dégradations importantes et qu'il y a lieu de la conforter :

- La jetée principale existante a été, sévèrement endommagée par les tempêtes sur environ 100 m à partir du musoir.
- La jetée orientée NE 20° est mal orientée contre les houles de secteur NO.



**Figure 6 : Profil type de la jetée ouest partie courante (H.M.I, 2009)**

---

L'objectif de ce travail est de trouver une solution qui répond le mieux aux exigences et aux besoins et être économiquement réalisable, et qui aura pour but de protéger le port existant et permettra d'avoir plus d'espace à l'intérieur du port, aussi bien pour la pêche que pour la plaisance.



---

## 1. Étude de réfraction de la houle :

L'étude de la réfraction de la houle a pour objet l'exploitation des caractéristiques de la houle au large pour définir les caractéristiques de la houle à la côte (direction et hauteur).

Connaissant la climatologie au large, il est possible d'établir une statistique de la houle au large, cette statistique est ensuite rapportée à la cote en utilisant des fonctions de transfert calculées suivant la bathymétrie représentée suffisamment au large, dans les fonds où les houles ne sont pas réfractées. A cet effet, le BET HMI a mené cette étude par le biais de son sous-traitant au Sri-Lanka qui est le laboratoire Lanka Hydraulic Institut (LHI, 2008).

Le coefficient de réfraction est défini de la manière suivante :

$$Kr = Hs \text{ au large} / Hs \text{ local}$$

Dans ce cas, les calculs de réfraction sont effectués par le modèle numérique MIKE 21 NSW en prenant en compte les phénomènes de :

- Shoaling
- Réfraction
- Diffraction
- Réflexion et la transmission partielles
- Non linéarité nodulaire, l'interaction
- fréquence de Propagation
- Propagation directionnelle

Afin de réaliser le modèle de réfraction d'ondes, le laboratoire LHI s'est basé sur des données de type tridimensionnelle (X, Y, Z) en l'occurrence : longitude, latitude, profondeur et données de houles au large.

Concernant la bathymétrie utilisée c'est celle de la carte marine partie comprise entre cap Rose et le cap Nègre

Échelle 1/125080, ainsi que celle effectuée lors des reconnaissances sur site par le BET HMI en Mai 2007 à l'échelle 1/100.

L'analyse des données de houles montrent que les ondes de direction NO sont plus intenses et dominantes.

Le climat de houle à la profondeur de 20m a été effectué dans le cadre de l'étude en modèle réduit (3D) du phasage des travaux du nouveau port de pêche d'El Kala réalisée par LHI pour le compte de HMI.

Les conditions de houle à la profondeur de 20m sont données dans le tableau suivant :

**Tableau 3: Conditions de houles extrêmes réfractées à 20m de profondeur au large du port d'El Kala (L.H.I, 2008)**

Période de retour	N15°O		N (0°)		N30°E	
	Hs (m)	Tp (s)	Hs (m)	Tp (s)	Hs (m)	Tp (s)
Annuelle	5,0	13,0	4,5	11,0	3,2	9,0
Biennale	5,5	13,0	4,8	12,0	3,5	9,0
Quinquennale	5,9	14,0	5,1	12,0	3,7	10,0
Décennale	6,5	14,0	5,8	13,0	3,9	11,0
Vingtennale	7,3	16,0	6,3	13,0	4,3	11,0
Cinquantennale	8,0	16,0	6,9	14,0	4,6	12,0

---

L'analyse de la houle, d'après la réfraction étudiée à l'aide du modèle Mike 21NSW, nous permet de constater ce qui suit :

- Pour des profondeurs situées à 20 m, les houles réfractées sont **maximales pour les houles provenant du secteur N15°O**, alors que les houles venant des secteurs Nord et N30°E sont faiblement réfractées et sont de l'ordre de :
  - ✓  $H_s^{50} = 6,9$  m pour la direction Nord.
  - ✓  $H_s^{50} = 4,6$  m pour la direction N30 ° E.
- Les houles venant des secteurs Nord et N15°O sont les plus défavorables pour l'ancien port d'El Kala.

Cette analyse nous permet de déduire que la hauteur significative de la houle de projet à prendre en compte pour le pré-dimensionnement des ouvrages de protection est de **Hs = 8,00 m** à l'extérieur du bassin portuaire. (Houle de période de retour de 50 ans dans la direction 15° Nord Ouest) avec une période de pointe de 16s.

## **2. Etude des schémas d'aménagement :**

Sur la base des résultats des reconnaissances sur site, et des problèmes que rencontre le port actuel d'El Kala, au niveau de sa passe d'entrée et de la jetée ouest détruite sur 100 ml environ, Cinq (05) variantes de schéma d'aménagement ont été étudiées de telle sorte à obtenir des agitations résiduelles acceptables au niveau de la passe d'entrée et à l'intérieur des bassins, aussi, afin d'accommoder la flottille de pêche et de plaisance et l'augmenter d'une manière importante.

---

## **2.1 Variante d'aménagement n°1 :**

Les ouvrages de protection de la variante sont définis comme suit :

- une jetée principale d'une longueur de 550 ml qui prend naissance au large orientée N70°E pour arriver jusqu'à la passe d'entrée du port actuel
- une jetée secondaire d'une longueur de 60 ml implantée au niveau du musoir de la presqu'île avec une orientation N30°O.
- un bassin d'une superficie de 14,34 ha
- En plus des deux bassins existants, un troisième bassin sera réservé pour la plaisance est prévu à l'ouest de l'ancien port.

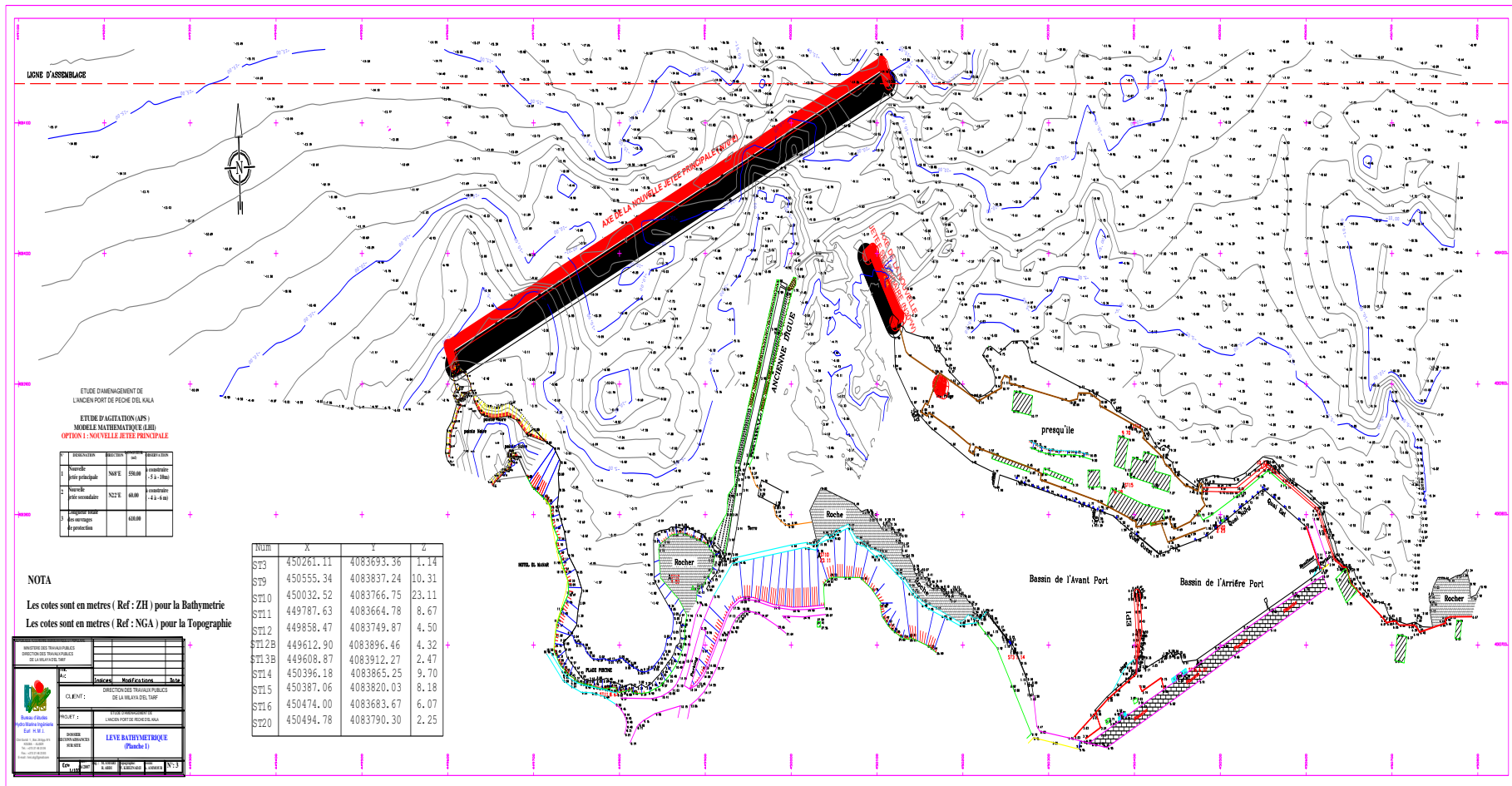


Figure 7 : Configuration de la variante d'aménagement N° 1 (H.M.I, 2008)

---

## **2.2 Variante d'aménagement n°2 :**

Les ouvrages de protection de la variante sont définis comme suit :

- une jetée principale d'une longueur de 550 ml qui prend naissance au large sur une orientation N70°E pour arriver juste avant la passe d'entrée du port actuel
- une jetée secondaire d'une longueur de 60 ml implantée au niveau du musoir de la presqu'île avec une orientation N30°O.
- un bassin d'une superficie de 14,34 ha.

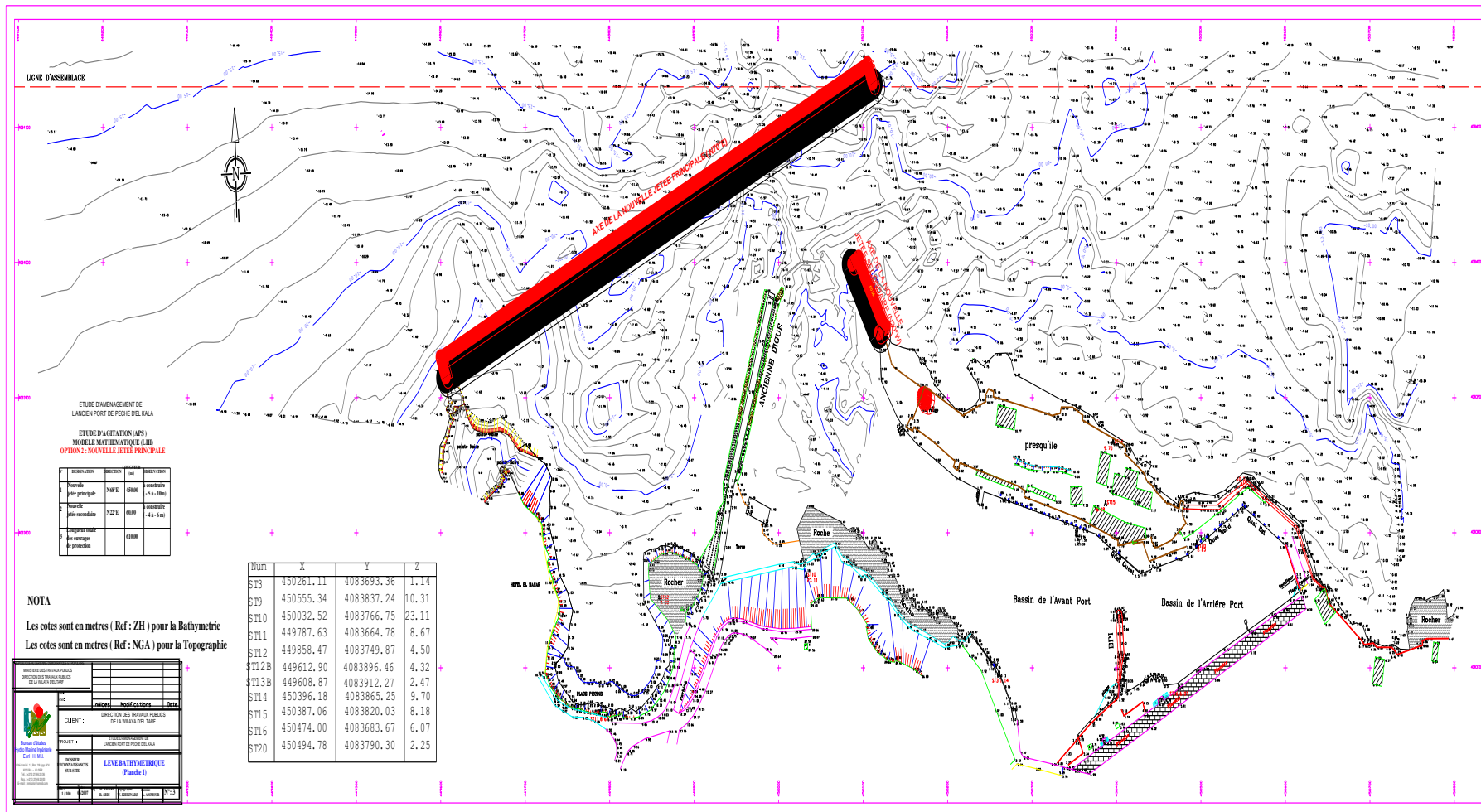


Figure 8 : Configuration de la variante d'aménagement N° 2 (H.M.I,2008)

---

### **2.3 Variante d'aménagement n°3 :**

Les ouvrages de protection de la variante sont définis comme suit :

- un prolongement orienté N70°E de la jetée actuelle sur 175 ml pour une longueur totale d'environ 375 ml
- une jetée secondaire d'une longueur de 20 ml implantée au niveau du musoir de la presqu'île avec une orientation N30°O.
- un bassin d'une superficie de 7,80 ha.

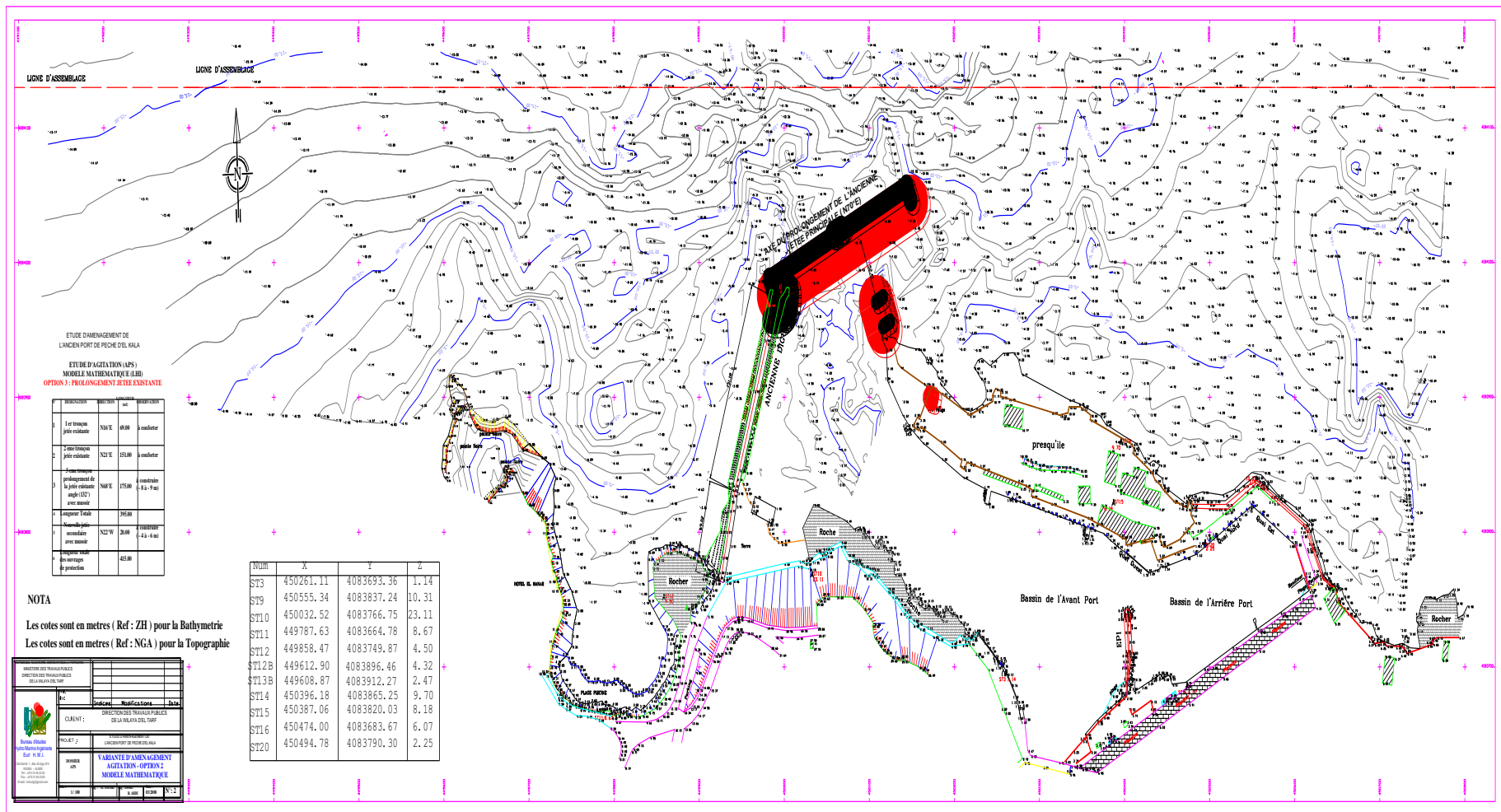


Figure 9 : Configuration de la variante d'aménagement N°3 (H.M.I, 2008)

---

#### **2.4 Variante d'aménagement n°4 :**

Les ouvrages de protection de la variante sont définis comme suit :

- un brise lames orientée N70°E sur une longueur de 275 ml
- une jetée secondaire d'une longueur de 60 ml, implantée au niveau du musoir de la presqu'île avec une orientation N30°O.
- un bassin d'une superficie de 7,80 ha

Elle offre deux passes d'entée.

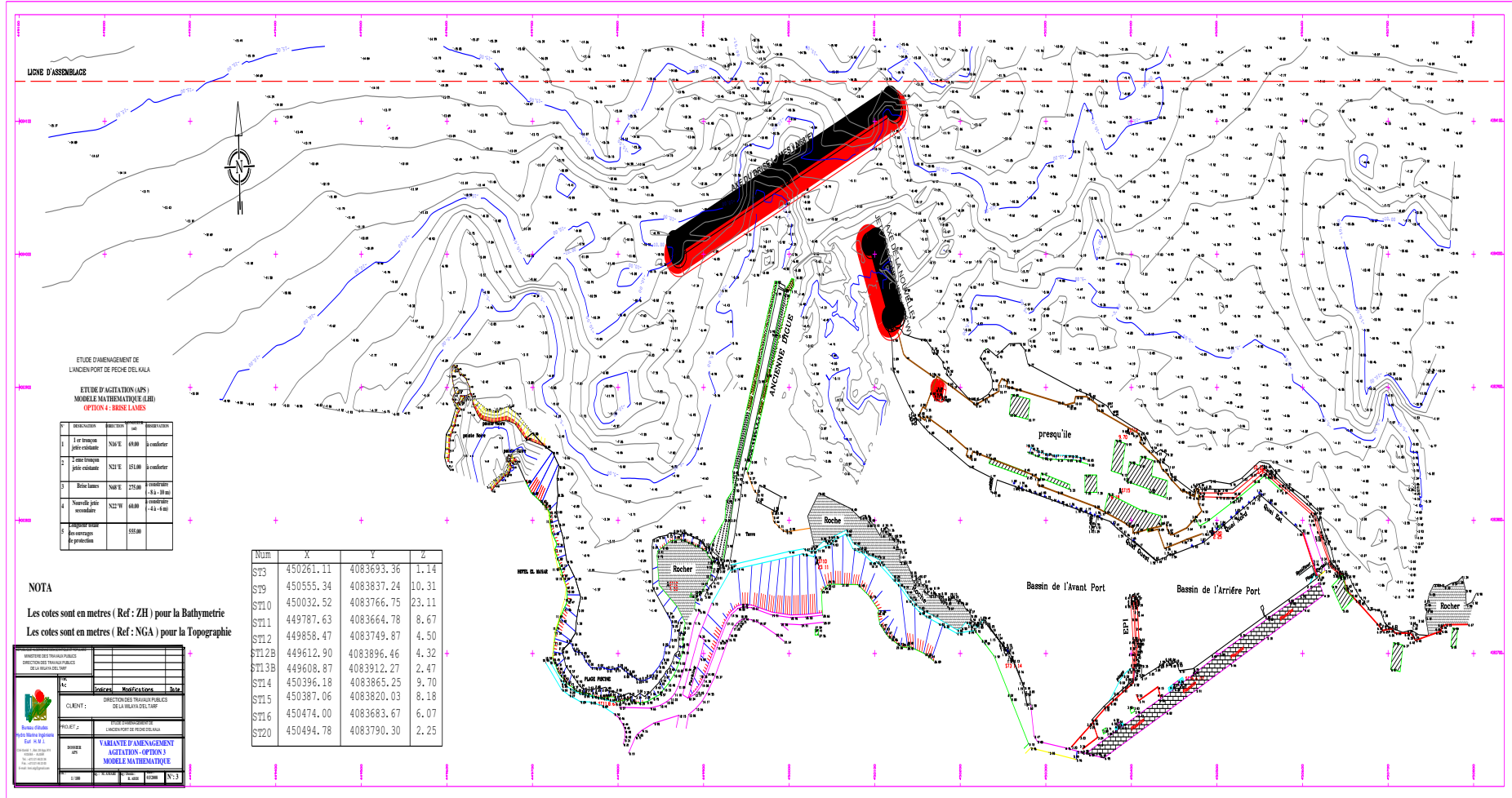


Figure 10: Configuration de la variante d'aménagement N°4 (H.M.I, 2008)

---

## **2.5 Variante d'aménagement n°5 :**

Les ouvrages de protection de la variante sont définis comme suit :

- une jetée principale d'une longueur de 380 ml qui prend naissance derrière la jetée ouest, orientée N70°E.
- une jetée secondaire d'une longueur de 200 ml, implantée au niveau du musoir de la presqu'île avec une orientation N30°O.
- un bassin d'une superficie de 14,34 ha.

En plus des deux bassins existants, un troisième bassin réservé pour la plaisance est prévu à l'ouest de l'ancien port.

La passe d'entrée est orientée Nord Ouest.

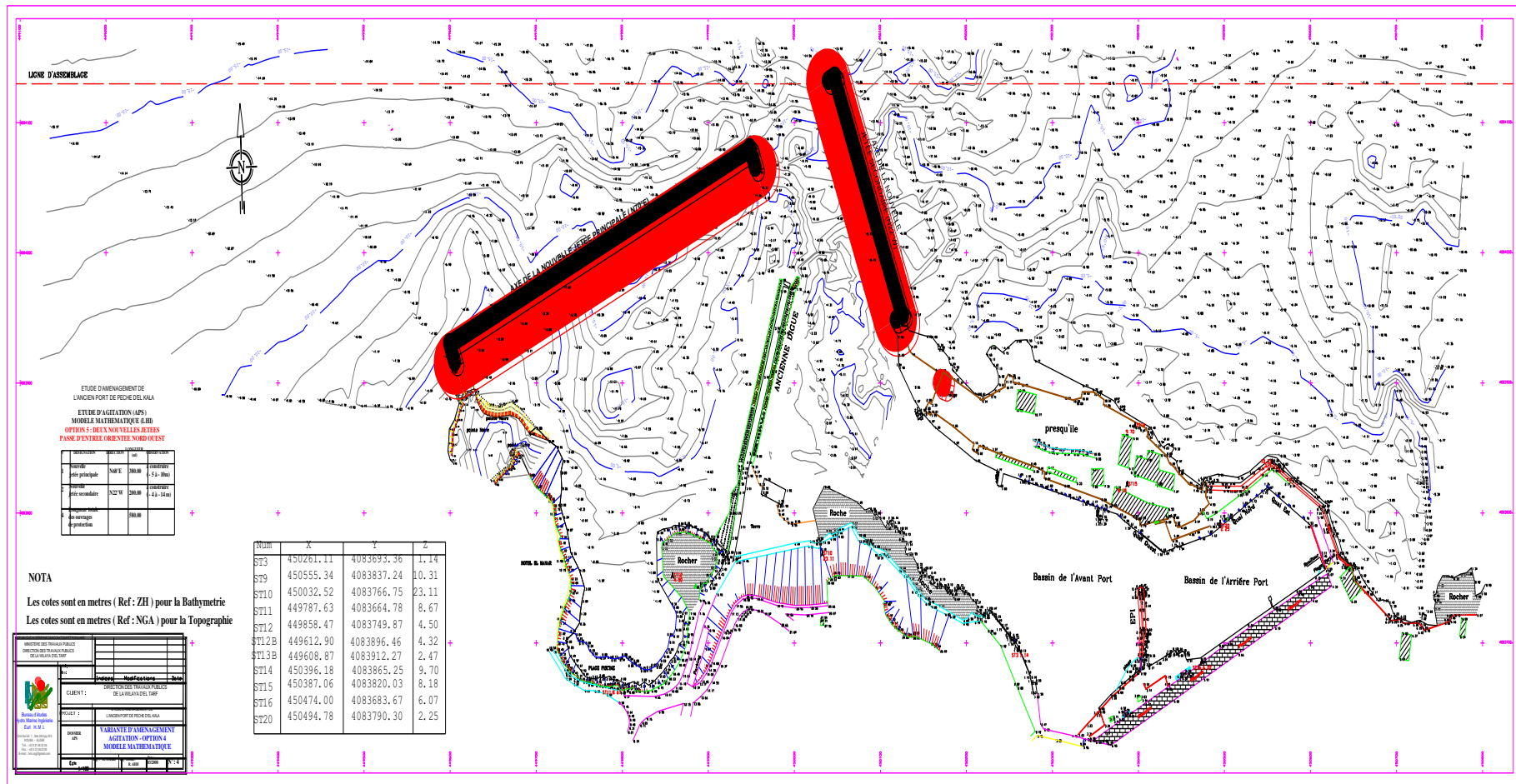


Figure 11 : Configuration de la variante d'aménagement N°5 (H.M.I, 2008)

### **3. Etude d'agitation en modèle mathématique:**

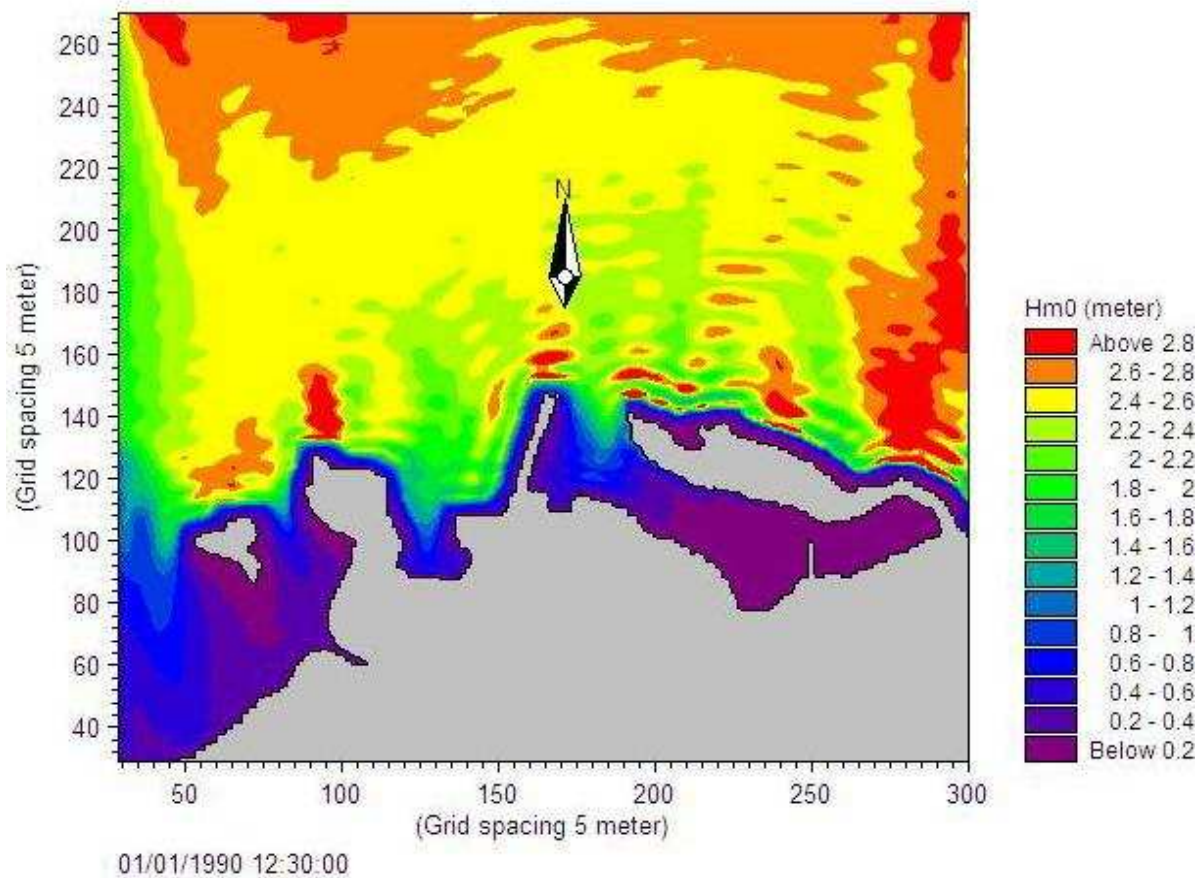
L'étude d'agitation sur modèle mathématique a pour but de déterminer la configuration optimale des ouvrages de protection et de l'orientation de la passe d'entrée, du point de vue agitation.

Le critère d'agitation admissible est le non-dépassement, pendant les tempêtes, de certaines hauteurs moyennes d'agitation pour assurer la sécurité des embarcations

A cet effet, par le biais de son sous-traitant LHI, le BET HMI a étudié l'état actuel du port d'El Kala, ainsi que les 5 variantes d'aménagements décrites précédemment.

Les résultats de l'étude, étudiée pour les 2 directions N15°O et N30°E, sont donnés dans les figures suivantes :

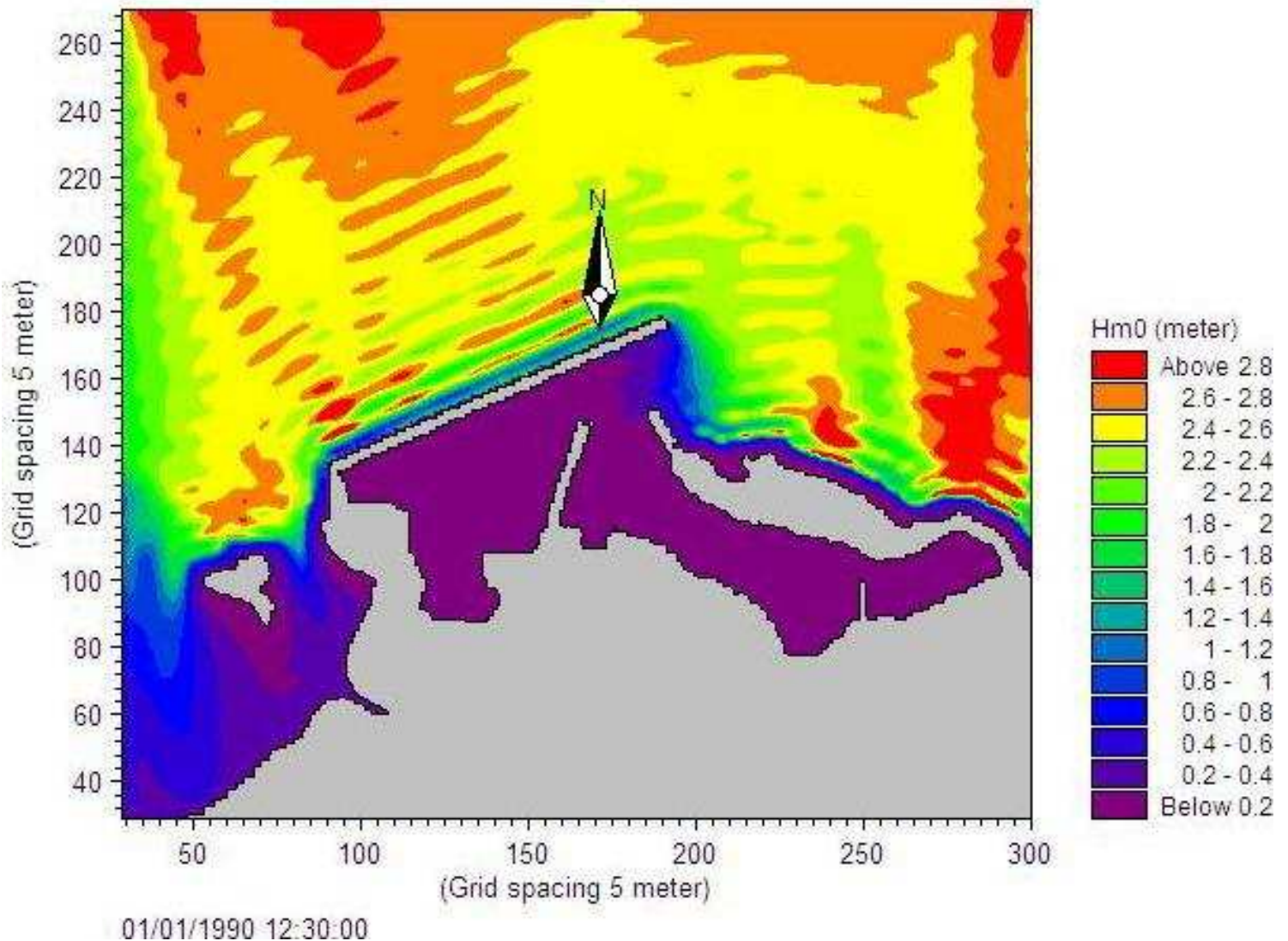
### 3.1 Etat actuel – agitation résiduelle :



**Figure 12: Agitation résiduelle à l'état actuelle pour : Dépassement=2%,  $H_s=2,5m$ ,  
 $T_p=9s$  pour  $N15^\circ O$**

- Pour une houle de 2,5m, il y a une forte agitation au niveau de la passe d'entrée du port ce qui engendre une importante agitation au niveau des bassins.

### 3.2 Agitation résiduelle pour la variante n° 1 :



**Figure 13: Agitation résiduelle pour la variante n° 1 pour : Dépassement=2%, Hs=2,5m, Tp=9s pour N15°O**

- Pour une houle de 2,5m, l'agitation au niveau de la variante n°1 est bonne au niveau des bassins et relativement bonne au niveau de la passe d'entrée du port.
-

### 3.3 Agitation résiduelle pour la variante n° 2 :

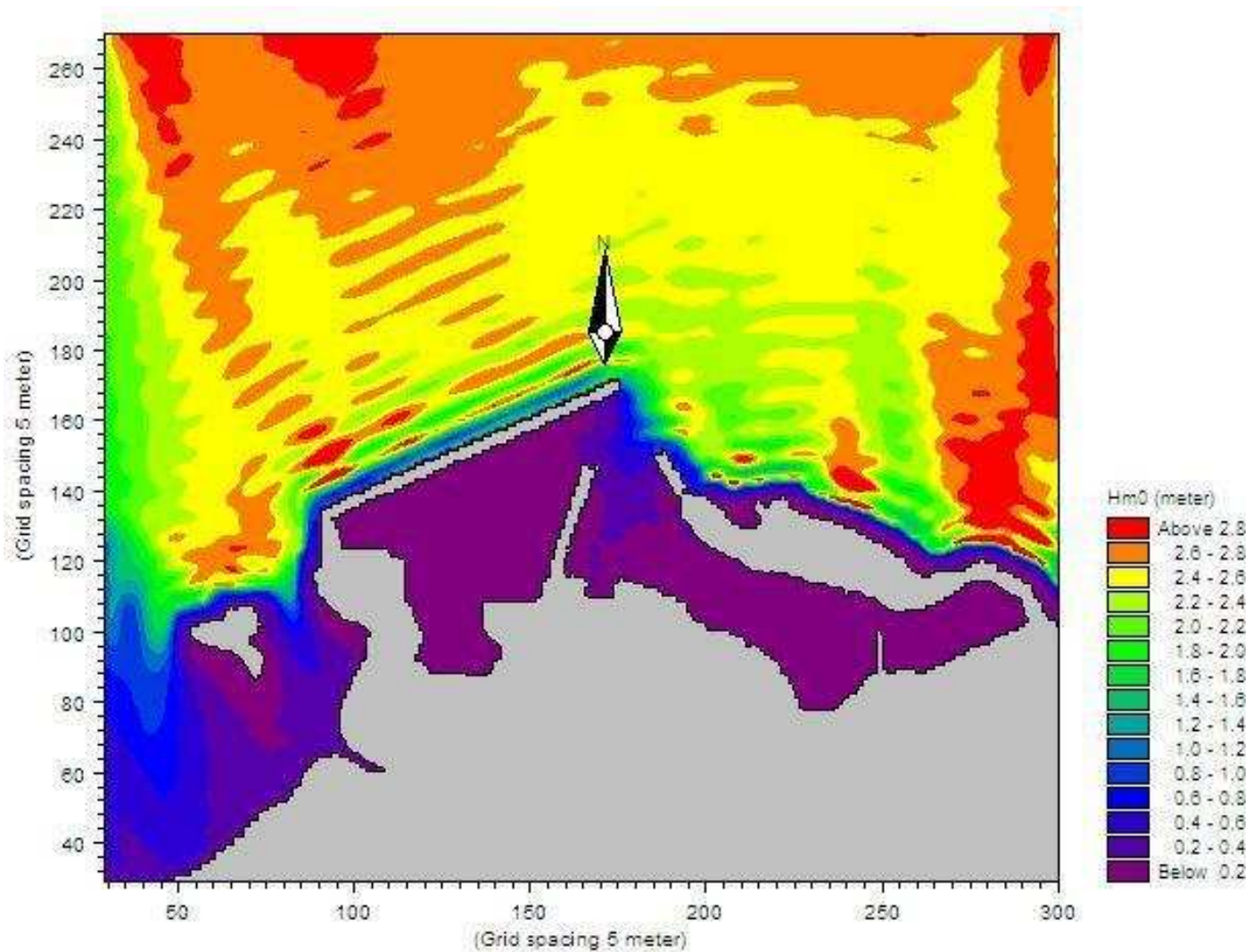
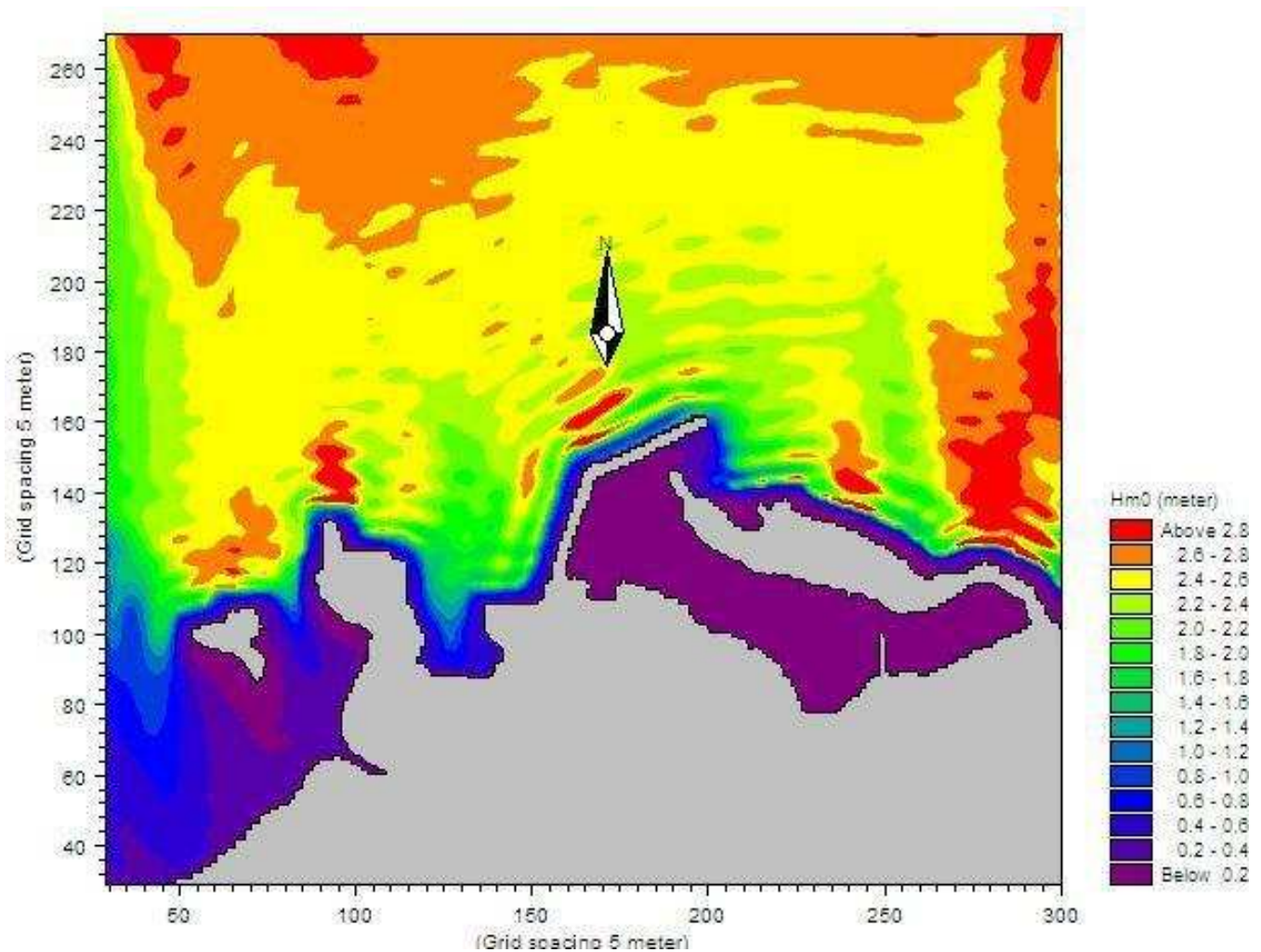


Figure 14 : Agitation résiduelle pour la variante n° 2 pour : Dépassement=2%, Hs=2,5m, Tp=9s pour N15°O

- Pour une houle de 2,5m, il y a une importante agitation au niveau de la passe d'entrée du port pénétrant ainsi à l'intérieur des bassins des bassins.

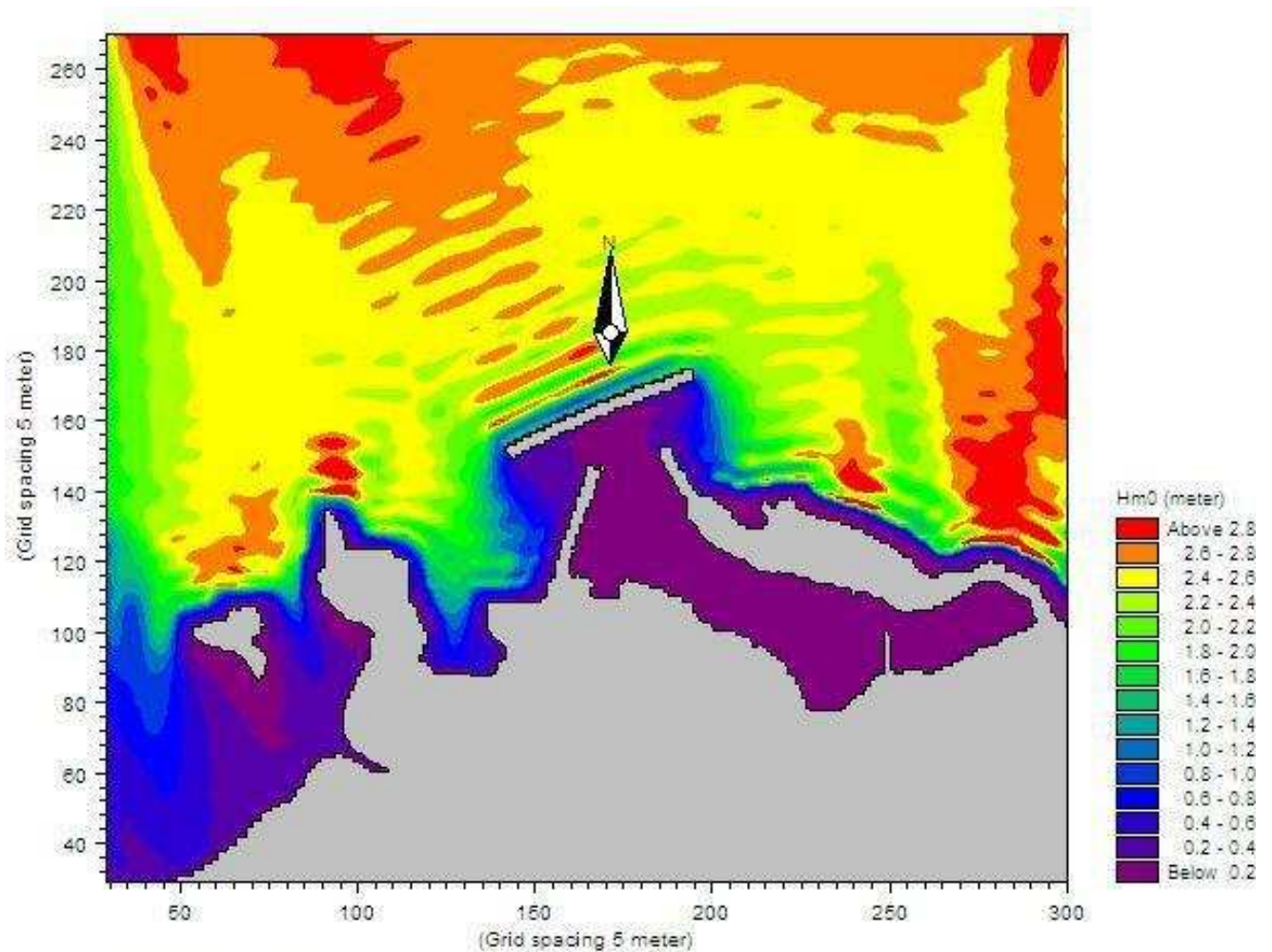
### 3.4 Agitation résiduelle pour la variante n° 3 :



**Figure 15: Agitation résiduelle pour la variante n° 3 pour : Dépassement=2%, Hs=2,5m, Tp=9s pour N15°O**

- Pour une houle de 2,5m, l'agitation au niveau de la variante n°3 est bonne au niveau des bassins et relativement bonne au niveau de la passe d'entrée du port.

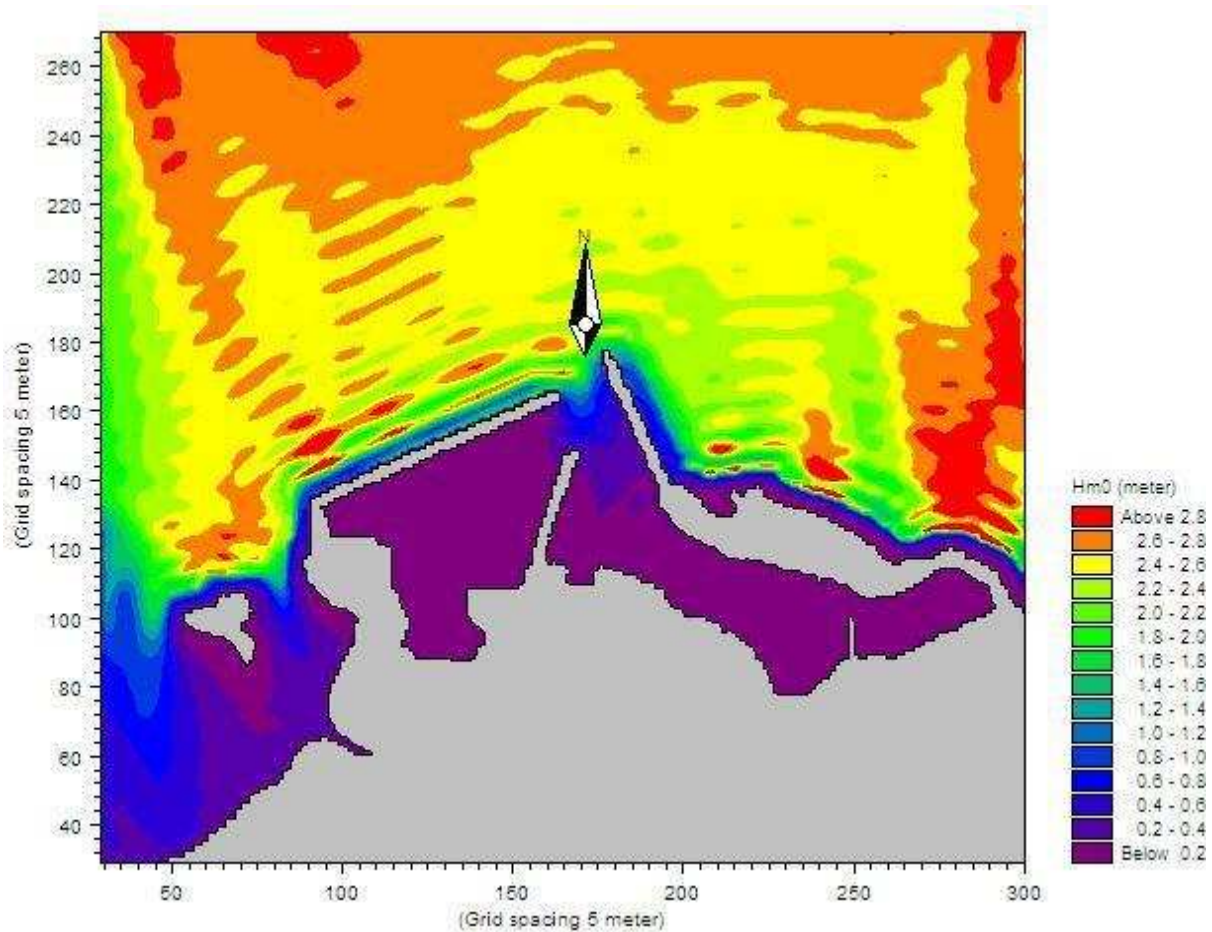
### 3.5 Agitation résiduelle pour la variante n° 4 :



**Figure 16 : Agitation résiduelle pour la variante n° 4 pour : Dépassement=2%, Hs=2,5m, Tp=9s pour N15°O**

- Pour une houle de 2,5m, l'agitation au niveau de la variante n°4 est bonne au niveau des bassins et relativement bonne au niveau de la passe d'entrée du port.

### 3.6 Agitation résiduelle pour la variante n° 5 :



**Figure 17 : Agitation résiduelle pour la variante n° 5 pour : Dépassement=2%, Hs=2,5m, Tp=9s pour N15°O**

- Pour une houle de 2,5m, il y a une importante agitation au niveau de la passe d'entrée du port pénétrant ainsi à l'intérieur des bassins des bassins.

Nous remarquons ci-dessous que l'agitation à l'intérieur du port est dans les limites acceptables dans le port actuel, et elle devient négligeable dans chacune des cinq variantes. L'agitation dans la passe d'entrée du port est très importante dans le port actuel, et elle est significativement réduite dans les variantes 1, 3 et 4, mais est relativement élevée dans les variantes 2 et 5.

Du point de vue agitation, la variante n°4 offre plus de sécurité avec ses deux passes d'entrée.



*Chapitre III*

Avant Projet Sommaire

APS

Sur la base des résultats (obtenus ci-dessus et des reconnaissances sur site), et des problèmes que rencontre le port actuel d'El Kala au niveau de sa passe d'entrée et de la jetée ouest détruite sur 100 ml en 1978, cinq (05) variantes d'aménagement ont été étudiées dont les configurations ont été présentées précédemment.

Le critère prépondérant dans cette étude de variantes est d'offrir une passe d'entrée acceptable pour les utilisateurs en cas d'un état de mer agitée par houle de toutes directions et d'offrir le maximum de capacités au développement futur de la pêche et de la plaisance à moyen et long terme.

## **1. Description des variantes d'aménagement :**

### **1.1 Principales caractéristiques de la variante n°1 :**

➤ Ouvrages de protection :

Les ouvrages de protection de la variante n°1 sont composés de :

- Une jetée principale de 550 ml orientée NE70°
- Une jetée secondaire de 60 ml orientée N30°O

➤ Ouvrages d'accostages :

Les ouvrages d'accostages de la variante n°1 se présentent comme suit :

**Tableau 4 : Les ouvrages d'accostages de la variante n°1 (H.M.I, 2008)**

	<b>Longueur (m)</b>	<b>Profondeur (m)</b>
Quais pour plaisanciers	608	-2,5 à -6
Quais pour chal./sard.	908	-4 à -6
Quais pour petits métiers	480	-2,50
Quais pour corrailleurs	90	-4
Quais pour thoniers	175	-6,50
Quai pour marine nationale	100	-6
<b>Total</b>	<b>2361</b>	

- Orientation de la passe d'entrée : la passe d'entrée est orientée vers le Nord Est.
- Superficie du bassin : la superficie plan d'eau est de 14,34 ha.
- Terre plein : le superficie du terre plein est de 3,60 ha.
- Flotille de pêche : La flotille se définit comme suit :

**Tableau 5 : Flotille de pêche de la variante n°1**

<b>Types</b>	<b>Nombre (U)</b>
Chalutiers	60
Sardiniers	90
Petits metiers	160
Corrailleurs	30
Plaisanciers	203
Thoniers	2
Navire pour la marine nationale	1
<b>Total</b>	<b>546</b>

### **1.2 Principales caractéristiques de la variante n°2 :**

- Ouvrage de protection :

Les ouvrages de protection de la variante n°2 sont composés de :

- Une jetée principale de 450 ml orientée NE70°
- Une jetée secondaire de 60 ml orientée N30°O

➤ Ouvrage d'accostage :

Les ouvrages d'accostages de la variante n°2 se présentent comme suit :

**Tableau 6 : Les ouvrages d'accostages de la variante n°2 (H.M.I, 2008)**

	<b>Longueur (m)</b>	<b>Profondeur (m)</b>
Quais pour plaisanciers	608	-2,5 à -6
Quais pour chal./sard.	908	-4 à -6
Quais pour petits métiers	480	-2,50
Quais pour corrailleurs	90	-4
Quais pour thoniers	175	-6,50
Quai pour marine nationale	100	-6
<b>Total</b>	<b>2361</b>	

- Orientation de la passe d'entrée : la passe d'entrée est orientée vers le Nord Est.
- Superficie du bassin : la superficie du plan d'eau est de 14,34 ha.
- Terre plein : la superficie du terre plein est de 3,60ha.
- Flotille de pêche : la flotille se définit comme suit :

**Tableau 7 : Flotille de pêche de la variante n°2 (H.M.I, 2008)**

<b>Types</b>	<b>Nombre (U)</b>
Chalutiers	60
Sardiniers	90
Petits métiers	160
Corrailleurs	30
Plaisanciers	203
Thoniers	2
Navire pour la marine nationale	1
<b>Total</b>	<b>546</b>

### **1.3 Principales caractéristiques de la variante n°3 :**

➤ Ouvrage de protection :

Les ouvrages de protection de la variante n°3 sont composés de :

- Prolongement de la jetée principale de 175ml pour une longueur totale d'environ 375ml orientée NE70°
- Une jetée secondaire de 20 ml orientée N30°O

➤ Ouvrage d'accostage :

Les ouvrages d'accostages de la variante n°3 se présentent comme suit :

**Tableau 8 : Les ouvrages d'accostages de la variante n°3 (H.M.I, 2008)**

	<b>Longueur (m)</b>	<b>Profondeur (m)</b>
Quais pour plaisanciers	377	-2,5 à -6
Quais pour chal./sard.	478	-4 à -6
Quais pour petits métiers	380	-2,50
Quais pour corrailleurs	90	-4
Quais pour thoniers	175	-6,50
Quai pour marine nationale	100	-6
<b>Total</b>	<b>1600</b>	

- Orientation de la passe d'entrée : la passe d'entrée est orientée vers le Nord Est.
- Superficie du bassin : la superficie du bassin est de 7,80 ha
- Terre plein : la superficie du terre plein est de 1,33 ha

- Flotille de pêche : la flotille se définit comme suit :

**Tableau 9 : Flotille de pêche de la variante n°3 (H.M.I, 2008)**

<b>Types</b>	<b>Nombre (U)</b>
Chalutiers	32
Sardiniers	48
Petits metiers	127
Corrailleurs	30
Plaisanciers	126
Thoniers	2
Navire pour la marine nationale	1
<b>Total</b>	<b>366</b>

#### **1.4 Principales caractéristiques de la variante n°4 :**

- Ouvrage de protection :

Les ouvrages de protection de la variante n°4 sont composés de :

- Un brise lame de 275 ml orientée NE68°
- Une jetée secondaire de 60 ml orientée N30°

➤ Ouvrage d'accostage :

Les ouvrages d'accostages de la variante n°4 se présentent comme suit :

**Tableau 10 : Les ouvrages d'accostages de la variante n°4 (H.M.I, 2008)**

	<b>Longueur (m)</b>	<b>Profondeur (m)</b>
Quais pour plaisanciers	377	-2,5 à -6
Quais pour chal./sard.	478	-4 à -6
Quais pour petits métiers	380	-2,50
Quais pour corrailleurs	90	-4
Quais pour thoniers	175	-6,50
Quai pour marine nationale	100	-6
<b>Total</b>	<b>1600</b>	

- Orientation de la passe d'entrée : la passe d'entrée est orientée vers le Nord Est et le Sud Ouest.
- Superficie du bassin : la superficie du plan d'eau est de 7,80 ha.
- Terre plein : la superficie du terre plain est de 3,60 ha.
- Flotille de pêche : la flotille se définit comme suit :

**Tableau 11 : Flotille de pêche de la variante n°4 (H.M.I, 2008)**

<b>Types</b>	<b>Nombre (U)</b>
Chalutiers	32
Sardiniers	48
Petits metiers	127
Corrailleurs	30
Plaisanciers	126
Thoniers	2
Navire pour la marine nationale	1
<b>Total</b>	<b>366</b>

### 1.5 Principales caractéristiques de la variante n°5 :

➤ Ouvrage de protection :

Les ouvrages de protection de la variante n°5 sont composés de :

- Une jetée principale de 350 m orientée NE70°
- Une jetée secondaire de 200 m orientée N30°O

➤ Ouvrage d'accostage :

Les ouvrages d'accostages de la variante n°5 se présentent comme suit :

**Tableau 12: Ouvrages d'accostages de la variante n°5 (H.M.I, 2008)**

	<b>Longueur (m)</b>	<b>Profondeur (m)</b>
Quais pour plaisanciers	608	-2,5 à -6
Quais pour chal./sard.	908	-4 à -6
Quais pour petits métiers	480	-2,50
Quais pour corrailleurs	90	-4
Quais pour thoniers	175	-6,50
Quai pour marine nationale	100	-6
<b>Total</b>	<b>2361</b>	

- Orientation de la passe d'entrée : la passe d'entrée est orientée vers le Nord.
- Superficie du bassin : la superficie du plan d'eau est de 14,34 ha
- Terre plein : la superficie du terre plain est de 3,60 ha

- Flotille de pêche : la flotille se définit comme suit :

**Tableau 13 : Flotille de pêche de la variante n°5 (H.M.I, 2008)**

<b>Types</b>	<b>Nombre (U)</b>
Chalutiers	60
Sardiniers	90
Petits metiers	160
Corrailleurs	30
Plaisanciers	203
Thoniers	2
Navire pour la marine nationale	1
<b>Total</b>	<b>546</b>

## **2. Comparaison entre les principales caractéristiques des 5 variantes d'aménagement:**

Le tableau suivant donne les principaux paramètres des variantes d'aménagement étudiées

**Tableau 14 : principales caractéristiques des variantes d'aménagement (H.M.I, 2008)**

<b>Variante n°</b>	<b>Linéaire quais (ml)</b>	<b>Linéaire jetées (ml)</b>	<b>Surface Terre Plein (ha)</b>	<b>Surface bassins (ha)</b>	<b>Nombre d'embarcation (U)</b>	<b>Coût en 10<sup>6</sup>DA</b>	<b>Agitation</b>
1	2361	610	3,60	14,34	546	5 978	Bonne
2	2361	510	3,60	14,34	546	5 440	Mauvaise à passe d'entrée
3	1600	395	1,33	7,80	366	2 784	Bonne
4	1600	535	1,33	7,80	366	3 537	Bonne
5	2361	550	3,60	14,34	546	5 357	Mauvaise à passe d'entrée

## **3. Coûts et délais de construction des variantes d'aménagement :**

Une estimation sommaire en coûts de construction des cinq variantes de schémas d'aménagement a été effectuée sur la base des prix au mètre linéaire des ouvrages similaires récemment réalisés (base 2008).

Le tableau suivant donne ces coûts et les délais de réalisation pour chacune des variantes d'aménagements :

**Tableau 15 : Coûts et délais de construction des variantes d'aménagement (H.M.I, 2008)**

N°	Désignation	Montant En 10 <sup>3</sup> DA-TTC	Délais de construction (En mois)
1	Variante d'aménagement N°1	5 978 325,60	42
2	Variante d'aménagement N°2	5 440 125,60	36
3	Variante d'aménagement N°3	2 784 377,70	24
4	Variante d'aménagement N°4	3 537 319,50	32
5	Variante d'aménagement N°5	5 357 108,25	42

#### **4. Choix de la variante :**

La variante retenue par le BET HMI est la variante n°1 qui offre une bonne protection contre l'agitation des plans d'eau et réduit d'une manière assez conséquente l'agitation au niveau de la passe d'entrée principale du port , en outre elle peut accommoder une grande flottille (546 Unités) de pêche et de plaisance.

Son délai de construction est de 42 mois, qui est relativement long du point pratique, ainsi que son coût de construction qui reste élevé du point de vu économique.

Quant'à notre choix, il se porte sur la variante n°4 qui est un brise lames, offrant une bonne protection contre l'agitation du plan d'eau et permet une navigation sécurisé grâce a ses deux passes d'entrées.

Cette variante peut accomoder une flotille de 366 unités, soit 3fois plus que celle de l'état initiale.

Son délai de construction est de 32 mois et sont coût est 1,5 fois moins cher que celui de la variante choisie par le BET HMI.

Cette variante n°4 permet aussi une extention si besoin au futur par le prolongement du brise lame, se transformant ainsi en variante n°1.

## **5. Calcul de pré-dimensionnement : (Hs =8m)**

### **5.1 CALCUL DE LA HOULE DE DEFERLEMENT (méthode CERC) :**

Nous avons :

penne (m) = 1/50 = 2% ,  $d_s = 7m$  ,  $T=10s$

D'après l'abaque de Weggel (Figure n°3.5) :

$$\frac{d_s}{g T^2} \longrightarrow \frac{7}{9.81 \cdot 10} = 0.0071$$

Ce qui donne :

$$\frac{H_d}{d_s} = 0.875 \longrightarrow H_d = 0.875 \cdot 7 \Rightarrow H_d = 6.13m \dots(1)$$

Voyons d'après la houle équivalente du large susceptible de donner cette hauteur de déferlement :

$$\frac{H_d}{g T^2} \longrightarrow \frac{6.13}{9.81 \cdot 10} = 0.0062$$

Donc :

$$\frac{H_d}{H_0} = 1.08 \longrightarrow \frac{6.13}{1.08} \Rightarrow H_0' = 5.68m$$

Donc nous aurons :

$$\frac{H_0'}{g T^2} \longrightarrow \frac{5.68}{9.81 \cdot 10} = 0.0058$$

Et avec  $m = 0.02$ , on aura :

$$\frac{H_d}{H_0} = 1.1 \dots(2)$$

Et comme  $H_d(1) > H_d(2)$  alors on calcule la profondeur de déferlement :

$$\frac{H_d}{g T^2} \longrightarrow \frac{6.25}{9.81 \cdot 10} = 0.0064$$

$$\text{Donc : } \frac{d_d}{H_d} \min \leq \frac{d_d}{H_d} \leq \frac{d_d}{H_d} \max \Rightarrow 1.20 \leq \frac{d_d}{H_d} \leq 1.55$$

Nous aurons :

$$d_d \min \leq d_d \leq d_d \max \Rightarrow 7.5 \leq d_d \leq 9.69$$

Comme  $d_s < d_d \max$  Les houles de hauteur supérieure déferlent avant d'atteindre l'ouvrage et seront donc moins néfaste pour lui.

**Alors on prend  $H_d = 6.25$  m**

### 5.1.1 CALCUL DE DU POIDS DES BLOCS

#### a) Poids des blocs de la carapace

Le poids des blocs de carapace est déterminé par la formule de Hudson.

$$W = \frac{\gamma_B H^3}{K_D \left( \frac{\gamma_B}{\gamma_w} - 1 \right)^3 \cot g \alpha}$$

Nous aurons donc pour notre cas :

- Le poids des blocs pour la section courante :

$$W = \frac{2.4 (6.25)^3}{6.8 \left(\frac{2.4}{1.028} - 1\right)^3 1.5}$$

$$W = 24.16t \approx 25t$$

- Le poids des blocs pour le musoir :

$$W = 32.86t \approx 33t$$

**b) Poids des blocs de la couche filtre support:**

D'après la règle des filtres :

$$W_{fsc} = \frac{W_c}{10} = \frac{25}{10} = 2.5t \text{ partie courante}$$

Soit :  $W_{fsc}$  = Enrochements de (2 - 5 t) sont nécessaires pour la partie courante

$$W_{\text{fsm}} = \frac{W_c}{10} = \frac{33}{10} = 3.3t \text{ partie musoir}$$

Soit :  $W_{\text{fsm}} =$  Enrochements de (2 - 5 t) sont nécessaires pour la partie musoir

c) **Poids des blocs de la couche filtre de transition partie courante et musoir :**

Cette couche filtre prend place entre le filtre support et le tout venant

Soit t :  $W_{\text{ft}} =$  Enrochements de (0.5 - 2 t) sont nécessaires pour la partie courante et musoir

5.1.2 **Calcul des épaisseurs de couches :**

a) **Épaisseur de la carapace partie courante et musoir :**

$$E = n \cdot kt \cdot (W / \delta_s)^{1/3} = n \cdot kt \cdot Dn$$

Nous aurons donc :

- Epaisseur de la couche de carapace partie courante

$$E = 2 \times 1.02 \times (25/2.4)^{1/3} = \mathbf{4.46 \text{ m}}$$

- Epaisseur de la couche de carapace partie Musoir

$$E = 2 \times 1.02 \times (33/2.4)^{1/3} = \mathbf{4.89 \text{ m}}$$

**b) Epaisseur de la couche la couche filtre support partie courante et musoir :**

$$E = 2 \times 1.15 \times (3.5/2.6)^{1/3} = \mathbf{2.54 \text{ m}}$$

**c) Epaisseur de la couche de filtre de transition partie courante et musoir :**

$$E = 2 \times 1.15 \times (1.25/2.6)^{1/3} = \mathbf{1.80 \text{ m}}$$

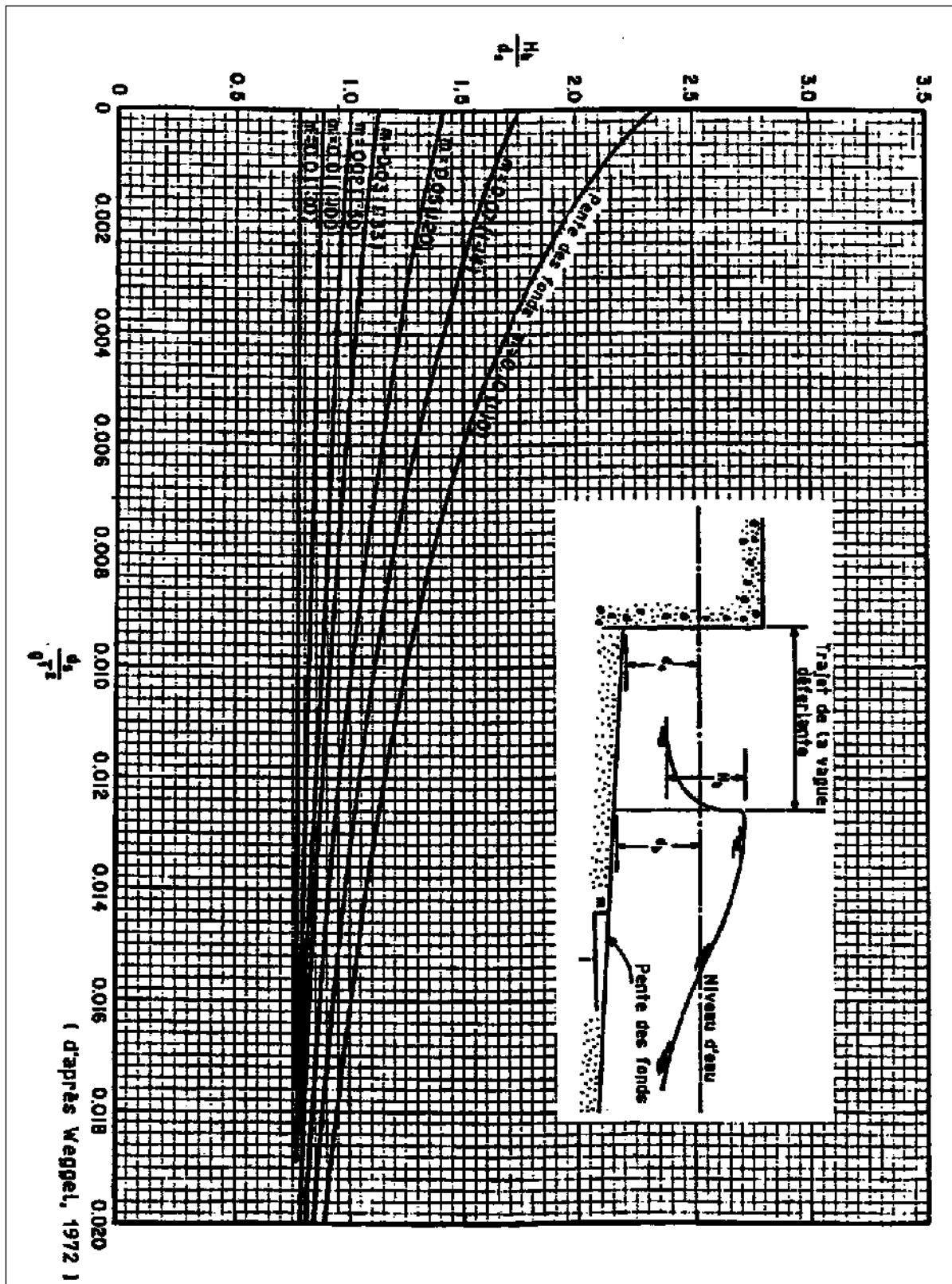


Figure 18 : Abaque pour la détermination de la houle de déferlement au pied de l'ouvrage (Weggel, 1972)

**Tableau 16 : valeurs de  $K_D$  préconisées pour l'application de la formule de Hudson (critère de non dommage) (*la houle comment s'en protéger, 1981*)**

Désignation des blocs	Nombre de couches	Disposition des couches	Pente du talus coté $\alpha$	Coefficients $K_D$ pour la section courante		Coefficients $K_D$ pour le musoir	
				vague déferlante	vague non déferlante	vague déferlante	vague non déferlante
<b>BLOCS NATURELS</b>							
Arrondis	2	en vrac	1.5 à 3.0	2.1	2.4	1.7	1.9
Arrondis	> 3	en vrac	(2)	2.8	3.2	2.1	2.3
Anguleux	1	en vrac (3)	(2)		2.9		2.3
Anguleux	2	en vrac	1.5 2.0 3.0	3.5	4.0	2.9 2.5 2.0	3.2 2.8 2.3
Anguleux	> 3	en vrac	(2)	3.9	4.5	3.7	4.2
Anguleux	2	spécial (1)	(2)	4.8	5.5	3.5	4.5
<b>BLOCS PRÉFABRIQUÉS</b>							
TETRAPODE ET QUADRIPODE	2	en vrac	1.5 2.0 3.0	7.2	8.3	5.9 5.5 4.0	6.6 6.1 4.4
TRIBAR	2	en vrac	1.5 2.0 3.0	9.0	10.4	8.3 7.8 7.0	9.0 8.5 7.7
DOLOS	2	en vrac	2.0** 3.0	22.0 *	25.0 *	15.0 13.5	16.5 15.0
CUBE MODIFIÉ	2	en vrac	(2)	6.8	7.8		5.0
HEXAPODE	2	en vrac	(2)	8.2	9.5	5.0	7.0
TRIBAR	1	rangé	(2)	12.0	15.0	7.5	9.5
ACCROPODE ©	1	en vrac	1.333***	12.0	15.0		12.0
DINOSAURE	1,5	en vrac	1.5		18.0****		
<b>BLOCS NATURELS</b>							
Blocs anguleux à granulométrie étalée ( $K_{RP}$ )		en vrac		2.2	2.5		



*Chapitre IV*

Model réduit physique

L'étude en modèle réduit physique en canal à houle (2D) et en bassin à houle (3D) a été sous traité au Laboratoire d'Hydraulique de Sri Lanka (LHI).

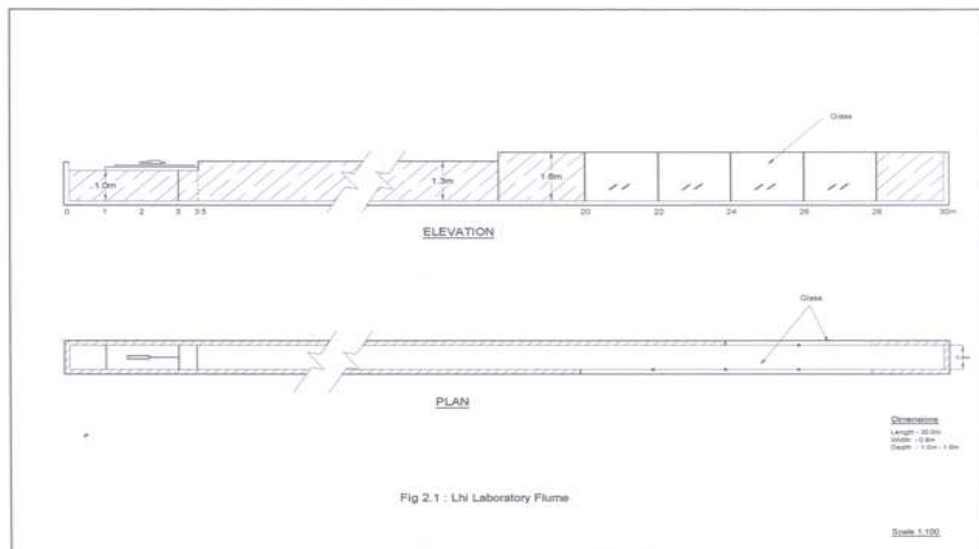
## 1. Canal a houle (2D) :

L'étude en canal à houle (2D) à pour but de tester, d'optimiser du point de vue stabilité les profils types des ouvrages de protection étudiés au stade APS, qui vont servir de profils de base lors de la construction du modèle en bassin (3D).

Les dimensions du canal à houle (voir figure n°24) sont comme suit :

- ❖ Longueur = 30m
- ❖ Largeur = 0,8m
- ❖ Profondeur = 1,0 -1,6m.

Le principal problème du modèle est de représenter la situation réelle de la houle et des structures sans être soumis aux effets d'échelle. Par conséquent, les échelles pour les différents profils ont été choisies en considérant les dimensions du canal à houle, le fond de la mer, la configuration des conditions de houle de projet représentant la situation réelle.



**Figure 19 : Plan du canal à houle du Laboratoire LHI**

Lors de cette étude les variantes 1, 3 et 4 ont été testées.

### 1.1 Jetée principale :

Deux profils ont été choisis et testés, un au milieu de la jetée (profil 01) et l'autre à l'enracinement (profil 02).

#### ➤ Profil 1 : (au milieu)

Les essais en modèle ont été effectués sur le profil 01 avec deux options différentes de jetée à une cote d'arase de + 10.5m et en utilisant des BCR de 25T et de 15T en fonction des conditions de houle. (Voir figure 4.1.1)

L'évaluation de la stabilité de la carapace et des franchissements a été effectuée pour chaque mesure expérimentale et elle est donnée dans le tableau suivant:

**Tableau 18: Profil 01 - Résultats des essais de stabilité en canal à houle pour la jetée principale (L.H.I, 2008)**

Carapace en BCR	Conditions de houle			Franchissements (l/s/m)		Déplacements blocs de carapace (%)
	Tr (yr)	Hs (m)	Tp (s)	Model	Prototype	
25 t	1	5.2	13	0.02	6.17	-
	2	5.6	13	0.02	8.31	-
	5	6.0	14	0.05	20.38	-
	10	6.6	14	0.10	38.47	-
	20	7.3	16	0.26	104.00	-
	50	7.9	16	0.37	146.86	-
15 t	10	6.6	14	0.11	44.15	-
	20	7.3	16	0.31	121.81	-
	50	7.9	16	0.46	183.36	-

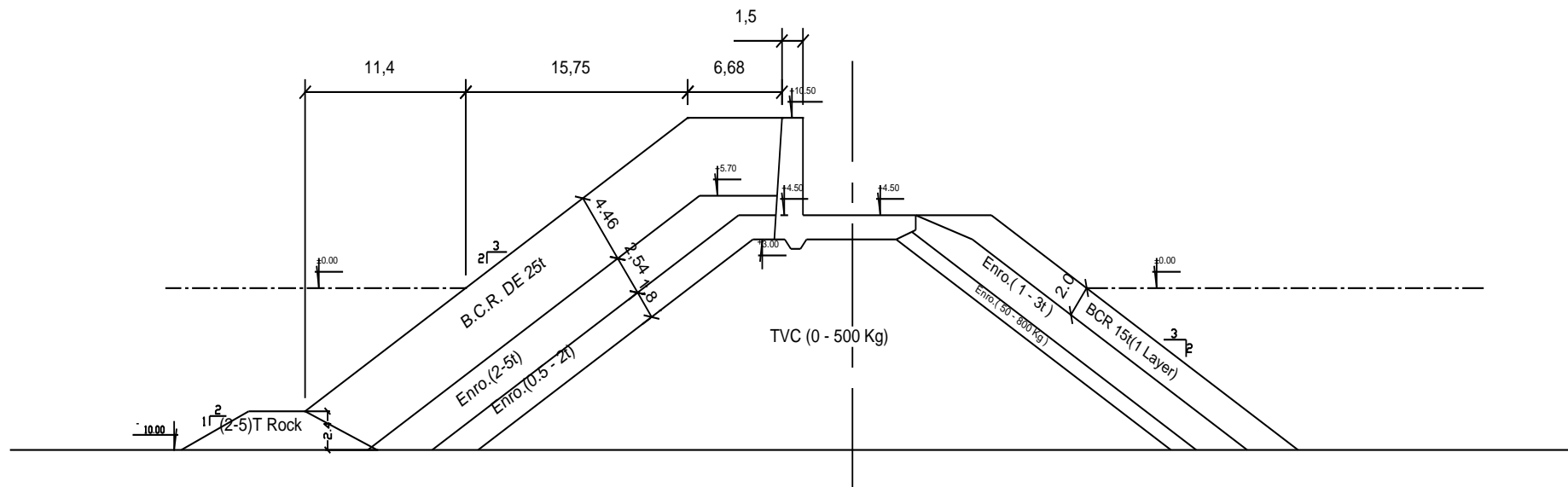


Figure 20 : Profil type de la jetée principale- Milieu

➤ **Profil 2 : (à l'enracinement)**

Les essais ont été effectués sur la partie courante de la jetée principale la ou la cote d'arase est à + 9.5m pour le profil 2.

Les BCR de 15 T ont été employés pour cette série d'essais.

L'évaluation de la stabilité de la carapace et des franchissements a été effectuée et est donnée dans le tableau suivant. :

**Tableau 19 : Profil 02 - Résultats des essais de stabilité en canal à houle pour la jetée principale (L.H.I, 2008)**

Carapace en BCR (T)	Conditions de houles			Franchissements (l/s/m)		Déplacements blocs de carapace (%)
	Tr (yr)	Hs (m)	Tp (s)	Model	Prototype	
15 t	1	5.2	13	0.00	0.06	-
	2	5.6	13	0.00	0.09	-
	5	6.0	14	0.00	0.46	-
	10	6.6	14	0.00	1.16	1
	20	7.3	16	0.02	7.30	1
	50	7.9	16	0.03	10.75	2

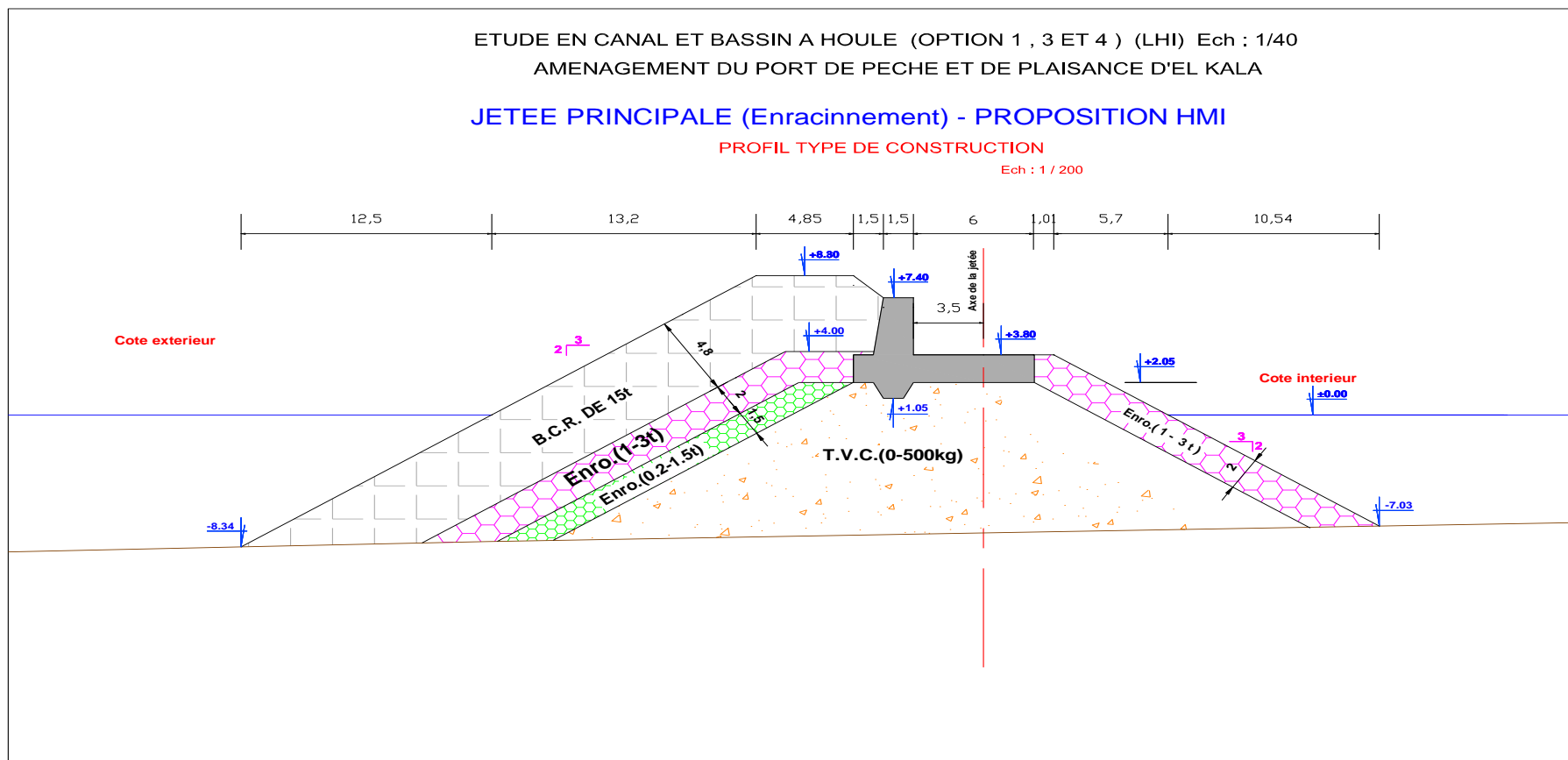


Figure 21: Profil type de la jetée principale- Milieu (H.M.I, 2008)

## 1.2 Jetée ouest :

La jetée ouest existante a été testée avec des BCR de 18t, il a été constaté un très faible déplacement de bloc.

Ainsi la carapace a été optimisée et tester avec des BCR de 15t posés en double couche. Le déplacement de blocs et les franchissements sont aussi insignifiants dans cette série d'essais.

Les résultats des essais sont donnés dans le tableau suivant:

**Tableau 20 : Résultats des essais en canal pour la jetée secondaire (L.H.I, 2008)**

Carapace en BCR (T)	Conditions de houles			Franchissements (l/s/m)		Déplacements blocs de carapace (%)
	Tr (yr)	Hs (m)	Tp (s)	Model	Prototype	
18 t	1	3.2	9	-	-	-
	2	3.5	9	-	-	-
	5	3.7	10	-	-	-
	10	3.9	11	-	-	-

---

	20	4.3	11	0.0008	0.32	-
	50	4.6	12	0.0027	1.08	-
15 t	1	3.2	9	-	-	-
	2	3.5	9	-	-	
	5	3.7	10	-	-	
	10	3.9	11	-	-	
	20	4.3	11	0.0008	0.31	-
	50	4.6	12	0.0027	1.07	-

---

Le taux de franchissements est dans la limite acceptable pour la jetée secondaire, mais il est élevé pour la jetée principale. Il est recommandé d'augmenter la cote d'arase de cette jetée.

Le déplacement des blocs est très faible pour toutes les options de la jetée principale et de la jetée secondaire.

On recommande l'utilisation des BCR de 15T au niveau de la carapace de la jetée secondaire et des BCR de 25T pour la partie courante de la jetée principale.

## **2. Bassin à houle (3D) :**

Le bassin à houles tridimensionnel est une installation de pointe pour tester la performance des ouvrages maritimes en milieu océanique. Les études effectuées dans cette installation se concentrent normalement sur l'interaction des vagues multidirectionnelles, des courants et des vents avec une grande variété d'ouvrages côtiers et en mer. Il peut également être utilisé pour étudier les phénomènes maritimes et les aménagements portuaires.

Le souci principal du modèle doit représenter la situation réelle des vagues et des structures sans être affecté par les effets d'échelle, par conséquent, l'échelle a été choisie d'une telle manière à représenter la situation réelle.

Les dimensions du Bassin à houle sont comme suit :

- ❖ Longueur = 35m
- ❖ Largeur = 2,5m

---

❖ Profondeur = 1m.

Des dispositions en modèle de la variante 1, de la variante 3 et de la variante 4 ont été examinées pour étudier l'agitation de la houle à l'intérieur des bassins et au niveau de passe d'entrée pour les 2 directions de houle N15°O et N30°E.

Le modèle a été examiné pour des vagues ayant une excédence de 2% et de 25%, correspondant à une durée de tempête de 3heures en nature

La stabilité et les franchissements ont été évalués sur fond rigide avec une base qualitative pendant les différents essais effectués en modèle réduit en bassin à houle.

➤ **Variante 1** : une jetée principale (550 m, N70° E) qui prend naissance au large, une jetée secondaire (60 m, N30°O), implantée au niveau du musoir de la presqu'île.

➤ **Variante 3** : jetée secondaire (200 ml) prolongée sur 175 ml (375m, N70°E) commence à partir du musoir de la jetée actuelle orientée N30°O.

---

➤ **Variante 4** : un brise lames principal (275m, N70°E) et la jetée existante (200 ml) avec un musoir et la jetée secondaire (60ml, N30°O).

Les premiers essais en modèle réduit physique en bassin à houle ont été effectués pour différentes configurations pour découvrir la stabilité de différentes sections avec différentes couches du brise-lames principal pendant la phase de construction.

Enfin l'aménagement final du port réalisé a été séparément examiné pour la stabilité et l'agitation des vagues.

Plusieurs sous variantes ont été considérées pour chaque option, la stabilité de la carapace et de la butée du brise-lames ont été optimisées en changeant leurs dimensions.

Le Bassin à l'ouest de la jetée existante, proposé pour la plaisance, est considéré seulement dans la variante 1.

La variante 4 protège bien la jetée existante et offre deux entrées au port, alors que la variante 3 est la plus économique mais reste fragile au niveau du coude.

Les résultats en modèle pour les conditions extrêmes de houle ont montré que les franchissements de la houle sont très importants pour les trois variantes étudiées.

La jetée secondaire n'est pas affectée par les franchissements de la houle dans les 3 cas de variantes étudiées.

---

Enfin, les résultats en modèle pour l'étude d'agitation pour les 3 variantes étudiées sont acceptables pour les conditions de travail des bateaux de pêche et leur amarrage aux quais.

La variante 1 et la variante 4 sont les deux variantes répondant aux mieux aux besoins demandés sauf que le coût et les délais de construction de la variante 1 sont relativement élevés.

Pour toutes les raisons évoquées ci-dessus, notre choix ne fait que s'accroître vers la variante n°4 qui va être étudiée en détaille dans le prochain chapitre qui est l'avant projet détaillé.

---

## *Chapitre V*

Avant Projet Détaillé

APD



---

**Figure 22 : Plan de masse de la variante N°4 choisie**

---

Sur la base des résultats obtenus dans ce travail, la variante n°4 a été choisie pour l'aménagement du port actuel en port de pêche et de plaisance.

### **1. Plan de masse : (voir figure 22)**

Selon le plan masse étudié, le futur port de pêche et de plaisance d'El Kala de part la création de deux (2) passes d'entrée, est configuré de telle manière à :

- Satisfaire les besoins en matière d'accommodation des embarcations de pêche et de plaisance jusqu'à un horizon lointain
- Diminuer significativement l'agitation au niveau des passes d'entrée et à l'intérieur des bassins.

### **2. Description des ouvrages de protection :**

Les ouvrages de protection de la variante n°4 sont définis par les pré-dimensionnements suivants :

- un brise lames orientée N 70°E sur une longueur de 275 ml implantée dans une profondeur allant de - 8m à -12m
- une jetée secondaire d'une longueur de 60 ml à une profondeur allant de, implantée au niveau du musoir de la presqu'île avec une orientation N°30 O avec une profondeur allant de -10m à -11m

Créant ainsi un bassin d'une superficie de 7,80 ha, et un terre plein couvrant une surface de 3,60 ha.

---

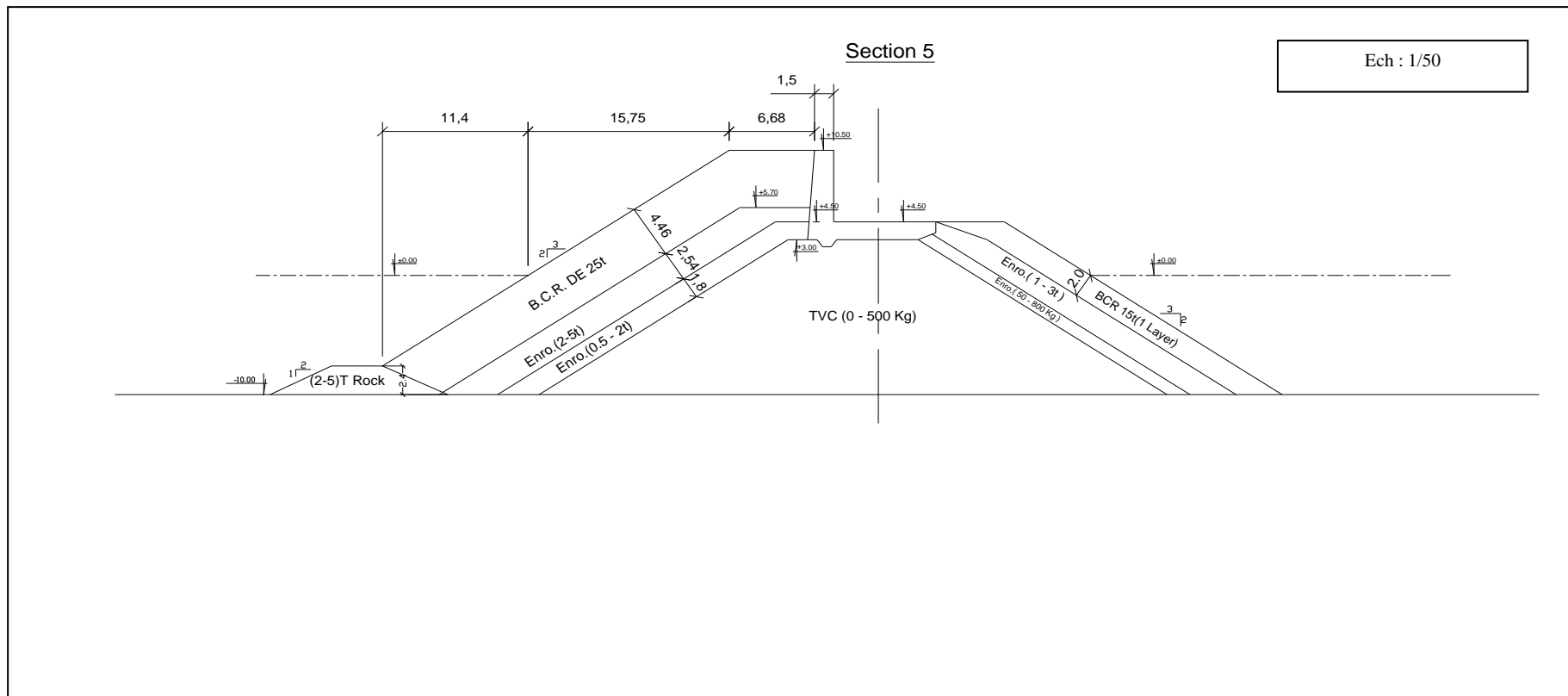
Elle offre deux passes d'entrée, une orienté Nord Est et l'autre Sud Ouest, praticable par mauvais temps.

➤ **Profils types du brise lames :**

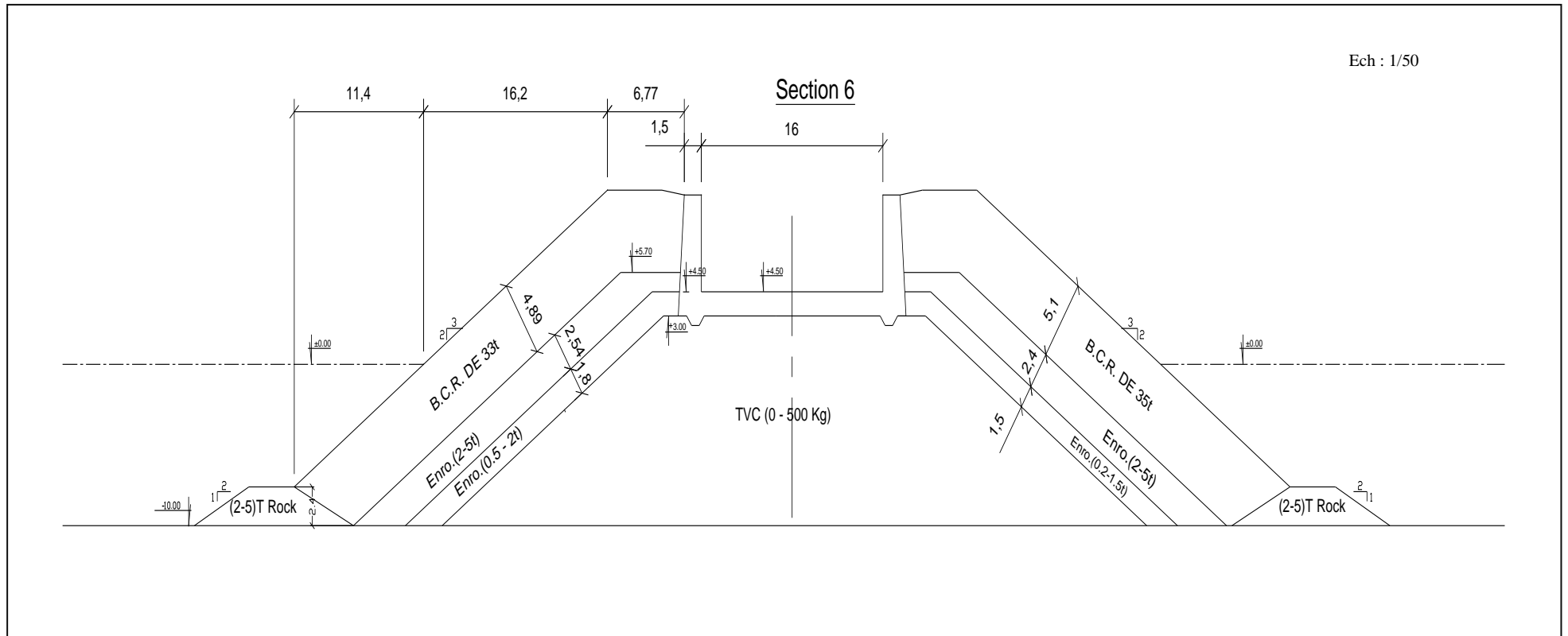
Les digues prévues dans ce projet sont des digues de type à talus.

Le profil type des jetées est composé :

- D'un noyau en TVC (0-500Kg) avec une pente de 3/2
- De sous couches en enrochements naturels (0,2-1,5t) et (2-5t) du coté extérieur, (50 – 800 kg) et (1-3t) du coté intérieur avec comme pente 3/2
- De carapace en BCR d'un poids variant de 25t partie courante et 33t au musoir.



**Figure 23** : Coupe type du brise lames- Partie courante



---

**Figure 27** : Profil type du brise lames- Partie musoir

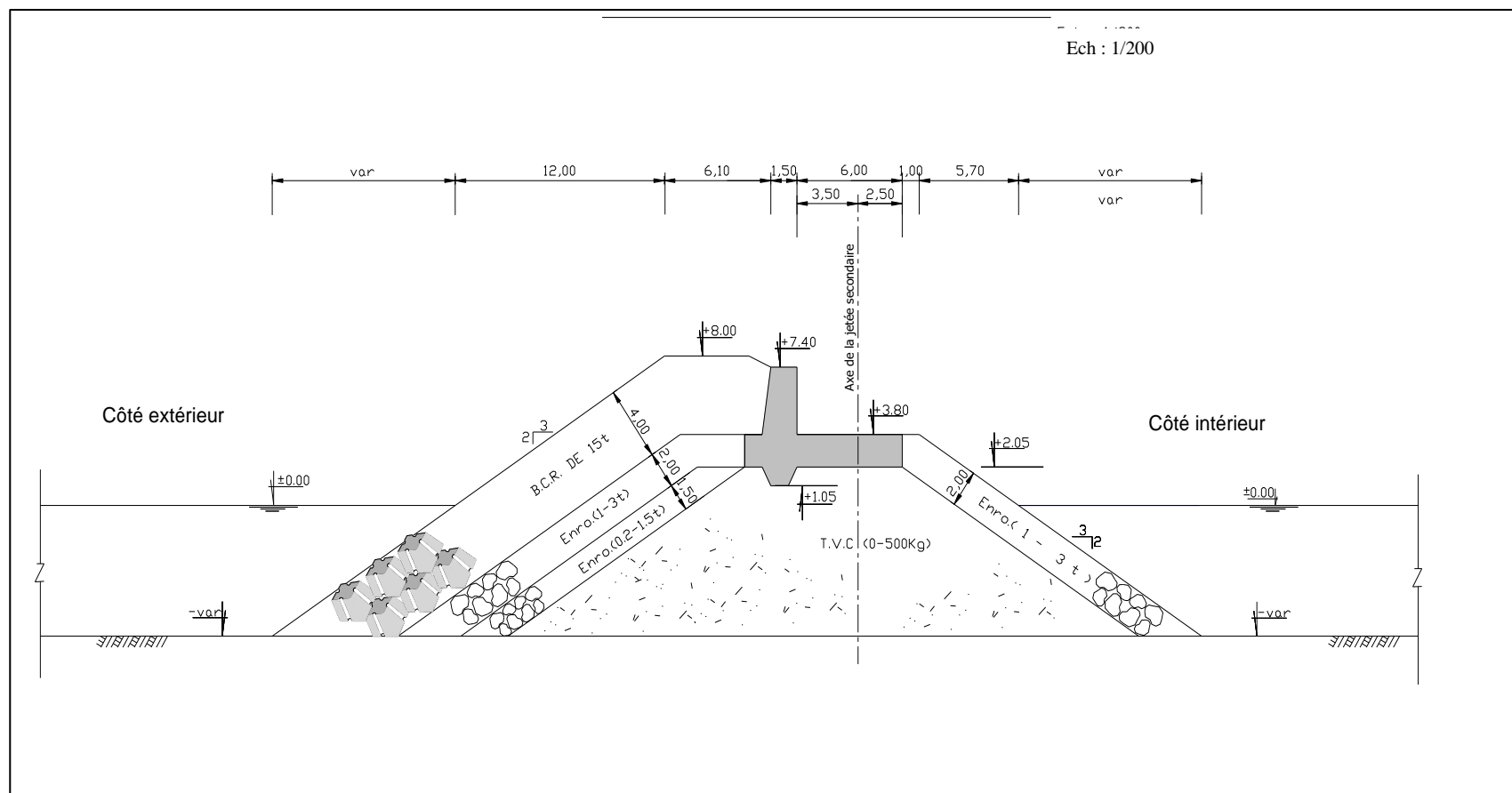
---

➤ **Profil type de la jetée secondaire :**

La jetée secondaire est constituée d'un noyau en TVC de (0-500kg) sur lequel repose du côté extérieur une 1<sup>ère</sup> sous couche en enrochement de (0.2-1.5t) et une 2<sup>ème</sup> sous couche en enrochement de (1-3t). Sur ces couches filtres repose une 3<sup>ème</sup> couche en BCR de 15t arasée à la cote de +8.00m avec une pente de 3/2.

Sur le noyau repose du côté intérieur une couche en enrochement de (1-3t) arasée à la cote de +2.05 avec une pente de 3/2.

Les deux côtés sont reliés par une dalle de roulement arasée à la cote de +3,80m et un mur de garde de +7,40m de cote.



**Figure 28 : Coupe type de la jetée secondaire**

---

### **3. Description des ouvrages d'accostages:**

Les ouvrages d'accostage de la variante n°4 se définissent comme suit :

#### **3.1 Quai :**

##### **➤ Profils types de quais à – 4,00 et à – 2,50 m :**

Le quai est constituée de 03 blocs en forme de « I » empilés les uns sur les autres, les 02 premiers sont évidés en béton préfabriqué de hauteurs respectives en partant du bas, de 1,50 m ; 1,40 m, et le 3<sup>ème</sup> en enrochement de (1-15kg) de hauteur de 2,20 m, reposant sur une 1<sup>ère</sup> couche de réglage en ballast (40-80mm) de 20cm d'épaisseur et une 2<sup>ème</sup> couche en TVC (1-15 Kg) d'une épaisseur de 50cm. La profondeur en pied de quai est de – 5,30 m.

Le pied de quai est protégé avec des enrochements de (50-200 Kg). Cette protection est arasé à la cote -4.0m.

La superstructure est constituée d'un couronnement en :

- Béton armé avec une épaisseur de 10 cm
- Béton avec une épaisseur de 5cm
- Gravier avec une épaisseur de 10cm

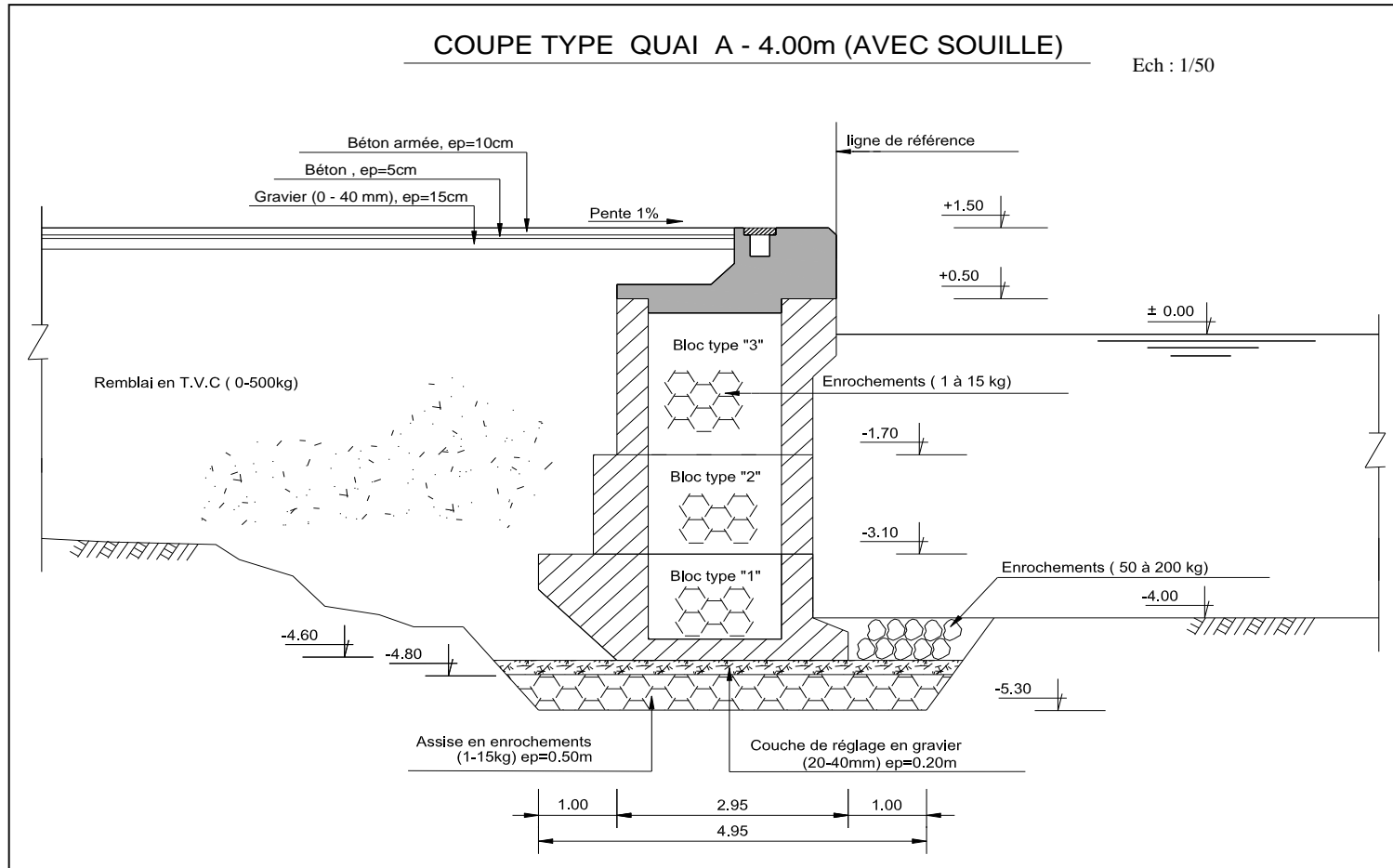
Avec une pente de 1% vers le bassin.

Les caractéristiques des quais se présentent comme suit :

---

**Tableau 21 : caractéristiques des quais**

	<b>Longueur (m)</b>	<b>Profondeur (m)</b>
Quais pour plaisanciers	377	-2,5 à -6
Quais pour chal./sard.	478	-4 à -6
Quais pour petits métiers	380	-2,50
Quais pour corrailleurs	90	-4
Quais pour thoniers	175	-6,50
Quai pour marine nationale	100	-6
<b>Total</b>	<b>1600</b>	



**Figure 29:** Coupe type de quai à -4.00m

---

### **3.2 Appontements :**

L'appontement est constitué de piles sur semelles rectangulaires, et reliées en tête par une poutre en béton armé de la côte (+ 0,00 m) à la côte (+ 1,25 m).

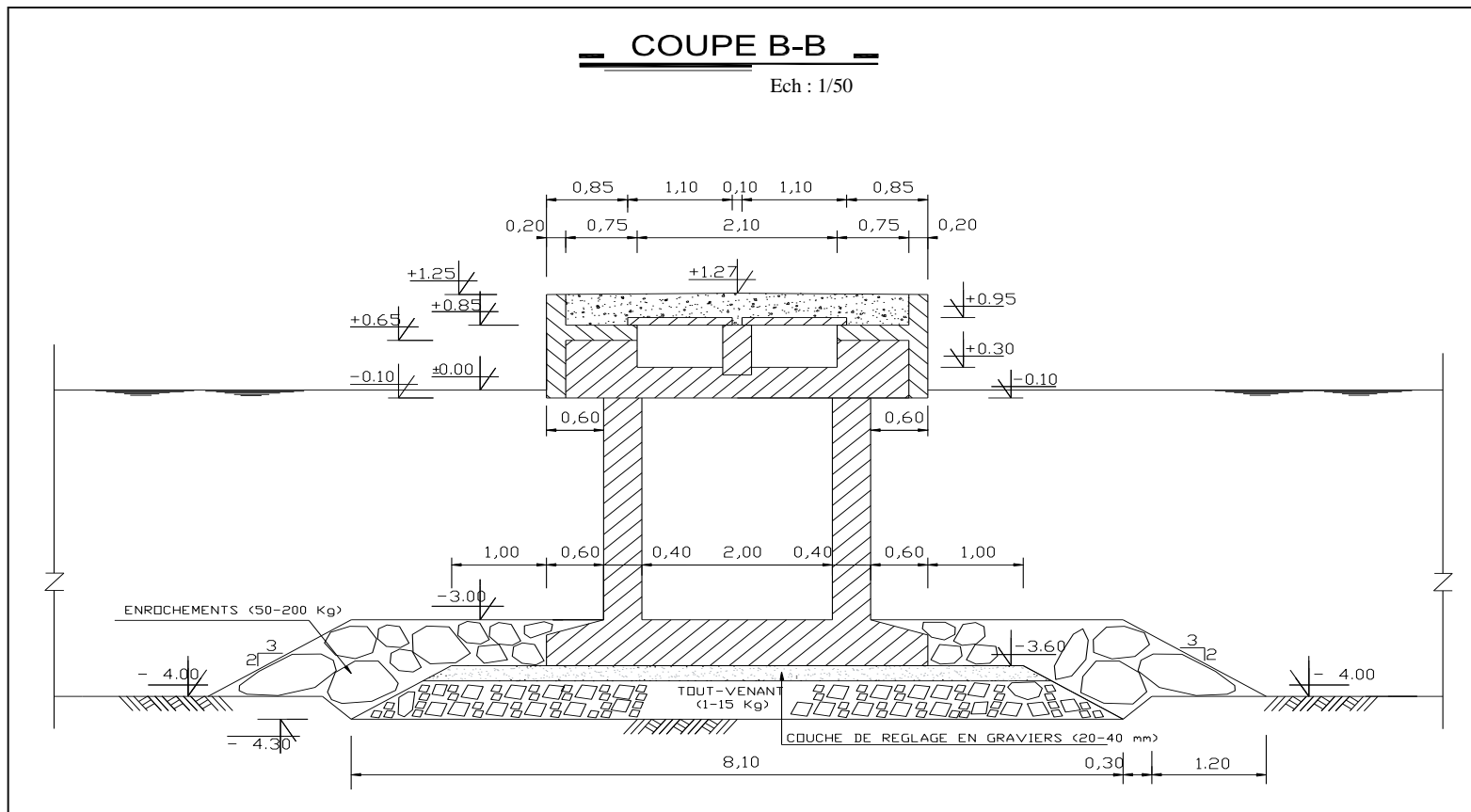
L'espacement entre piles est de 2 m.

La superstructure est composée d'une dalle en " U " en béton préfabriquée, de bandeaux d'accostage et d'une dalle coulée en place formant un tablier sur la longueur de l'appontement.

Les piles reposent sur une assise en TVC (1 – 15 kg) préalablement réglée avec une couche de gravier (20 – 40 mm).

Une protection du pied des piles est prévue en enrochements de (50 – 200 kg).

La côte d'arase de l'appontement est de (+ 1,25 m) tandis que sa largeur est de 4,00 m.



---

**Figure 30:** Coupe type d'appontement

---

### **3.3 CALE DE HALAGE :**

Une cale de halage de 30 m par 7,50 m est aménagée au niveau de la surface de réparation.

La pente de la cale de halage est de 10 %. La surface du plan incliné est revêtue par des dalles préfabriquées posées sur une couche de réglage en ballast de (20 – 40 mm). Cette surface est limitée en longueur par le débarcadère existant d'un côté et par une poutre préfabriquée en béton armé disposée sur un lit de pose en enrochement (50 – 200 kg) préalablement réglé.

La transition du plan incliné avec le terre-plein est assurée par une poutre en enrochement de (50-200kg) avec une pente de 3/2.



---


Ce futur aménagement est dimensionné pour recevoir une flottille composée de 366 unités comme suit :

- 48 Sardiniers                      - 32 Chalutiers
- 126 Plaisanciers                - 127 Petits métiers
- 1 Navire pour la Marine Nationale

#### **4. Estimation des coûts et délais de construction :**

Le coût de construction de cette variante (brise lames) est estimé à **3 537 319.50 DA** pour un délai de réalisation de **32 mois** environ.

---



*Conclusion  
générale*

---

A l'aide de nombreux documents et de personnels qualifiés, nous avons pu mener à bien ce projet consacré à l'aménagement de l'ancien port de pêche d'El Kala.

Nos premières études ont mises en avant les généralités concernant l'ancien port de pêche d'El Kala ainsi que les reconnaissances sur site ce qui nous a permis de constater que la profondeur maximale du port est de -8m (intérieur et extérieur du port) et que les fonds évoluent légèrement avec une pente moyenne de 2,5% (pente douce), aussi que le relief de l'avant port est accidenté qu'il y a un manque important de terre pleins. Nous avons aussi relevé que la jetée Ouest est très endommagée en raison des tempêtes violentes.

L'étude de réfraction de la houle nous a permis de déterminer la houle de projet pour ensuite étudier cinq (05) schémas d'aménagement en les soumettant à une étude d'agitation sur modèle mathématique et physique afin de réduire au maximum l'agitation interne et avoir un plan d'eau calme afin offrir ainsi les meilleures conditions possibles pour les plaisanciers, et pour les navires de pêche.

La variante n°1 a été choisie par Le BET HMI, quant' à notre choix, il s'est porté sur la variante n°4 qui est un brise lames long de 275ml, il est alors moins large qu'une digue classique et nécessite une plus faible quantité de matériaux.

Il attribue une bonne agitation au niveau des plans d'eau et offre plus de sécurité avec ses deux passes d'entrée.

D'après l'avant projet sommaire (APS), la variante n°4 accueille 366 nombres de places d'embarcations de tout genre, soit 3 fois plus que le nombre actuelle et permet une extension au futur si besoin ; la résultante d'extension de la variante n°4 est la variante n°1.

Toute ces raisons nous ont incité à choisir la variante n°4 répond le mieux du point de vue besoin actuel et économique du projet.

A l'issue de ce projet, nous avons pu appréhender divers aspects et phénomènes portuaires durant ces 08 dernière semaines de travaux acharnés, ainsi que grâce au stage effectué au sein du bureau d'étude et de réalisation Hydro Marine Ingénierie (HMI) pendant 14mois, où

---

nous avons été encadrés, guidés et formés afin d’approfondir plusieurs sujets d’études pour en aboutir à une analyse complète et instructive.

En perspective il serait judicieux de :

- Procéder à une vérification continue du port contre l’ensablement engendré par les travaux s’effectuant dans le nouveau port adjacent.
- Réaliser une étude d’impact pour éviter toutes éventuelles pollutions et/ou dégradation du milieu environnemental.
- Les gestionnaires portuaires doivent également veiller au control de la qualité des milieux portuaires, afin de maintenir un plan d’eau propre et de garantir de bonnes conditions de vie aux écosystèmes naturels marin et terrestre.
- Les aménagements portuaires doivent pouvoir concilier la protection du patrimoine naturel et la fonctionnalité des activités
- Entretien l’aspect esthétique du port et de l’environnement voisin.

---



# *Bibliographie*

---

**CERC; 2006-** *Us Army Of Engineers. Part II, chapter7, Harbor Hydrodynamics, P 19-22. Part VI , Chapter 2, Types and functions of coastal structures, P 1-50. Part V, Chapter 3, Shore protection projects, p37-110.*

**Département de la Martinique direction départementale de l'équipe arrondissement opérationnel ; 1981 -** *La houle comment s'en protéger, volume protection des côtes en enrochements, p4-23.*

**Département de la Martinique direction départementale de l'équipe arrondissement opérationnel ; 1981 -***Volume la houle de projet, p15-21.*

**Département de la Martinique direction départementale de l'équipe arrondissement opérationnel ; 1981 -** *Volume Epis, Brise-lames, p6-18.*

**H.M.I ; 2008-** *Etude d'aménagement de l'ancien port d'El Kala en port de pêche et de plaisance ; Cahier de prescription spéciale,*

**H.M.I ; 2008 -** *Etude d'aménagement de l'ancien port d'El Kala en port de pêche et de plaisance ; Rapport avant projet détaillée (APD).*

**H.M.I ; 2008 -** *Etude d'aménagement de l'ancien port d'El Kala en port de pêche et de plaisance ; Rapport avant projet sommaire (APS),*

**L.H.I ; 2008 -** *Etude d'aménagement de l'ancien port d'El Kala en port de pêche et de plaisance ; Rapport canal à houle 2D.*

**L.H.I ; 2008-** *Etude d'aménagement de l'ancien port d'El Kala en port de pêche et de plaisance ; Rapport bassin à houle 3D,*

**Paskoff.R ; 1993-** *Cotes en danger. Edition l'Harmattan. P74-84.*

**S.S.M.O <<Summary of Synoptic Meteorological Observation>> U.S Naval Weather Service Command (1963-1970)**

---

**Van Der Meer ; 1990** :-*Stabilité statistique et dynamique des matériaux non cohérent sous l'action de la houle, Traduction M<sup>r</sup> AMARI.M*

**Weggel J.R ; 1972-** *Hauteur d'Interruption Maximale pour la conception, Procédure de Conférence Côtière D'ingénierie, ASCE, p 419-432*

---



# *Annexes*

Annexe 1 : Données de l'US Naval Weather Command (SSMO)

**Tableau 1** : Conditions de houle extrêmes au large d'EL Kala

Période de retour (Années)	NO (315°)		N (0°)		NE (45°)	
	Hs (m)	Tm (s)	Hs (m)	Tm (s)	Hs (m)	Tm (s)
<b>1</b>	6,80	11,5	5,20	10,0	3,80	8,5
<b>2</b>	7,40	12,0	5,60	10,5	4,10	8,5
<b>5</b>	7,80	12,5	6,00	11,0	4,40	9,0
<b>10</b>	8,50	13,0	6,80	11,5	4,70	9,5
<b>20</b>	9,25	14,5	7,30	12,0	5,30	10,0
<b>50</b>	10,00	15,0	8,00	12,5	5,80	10,5

**Tableau 2** : Nombre d'observations de houle par mois

MOIS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Tot
<b>Obs / secteur de Vent.</b>	684	629	727	691	665	601	601	675	626	657	643	616	7815
<b>Obs/dir/ Secteur de vent.</b>	726	673	769	741	743	669	681	731	699	716	683	647	8478

<b>Obs avec Période de Houle.</b>	802	757	834	817	822	750	750	791	786	782	746	703	9340
---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

**Tableau 3:** Fréquence mensuelle de la houle par direction au large

<b>DIRECTIONS</b>					
<b>MOIS</b>	<b>NORD</b>	<b>NORD-EST</b>	<b>EST</b>	<b>OUEST</b>	<b>NORD OUEST</b>
<b>Janvier</b>	11,50	7,20	16,40	30,80	14,20
<b>Février</b>	8,40	6,00	12,40	39,00	15,00
<b>Mars</b>	8,50	5,50	12,00	35,50	20,40
<b>Avril</b>	6,40	8,80	15,20	39,40	18,80
<b>Mai</b>	8,00	15,90	17,30	31,70	13,10
<b>Juin</b>	10,10	15,30	19,50	30,10	14,60
<b>Juillet</b>	12,30	19,80	22,50	20,10	17,10
<b>Août</b>	12,40	19,90	24,90	18,50	16,90
<b>Septembre</b>	12,00	14,20	29,20	17,70	18,80
<b>Octobre</b>	8,20	19,00	19,00	30,40	11,40
<b>Novembre</b>	4,20	3,60	7,90	40,10	19,60
<b>Décembre</b>	6,70	4,50	6,00	38,60	19,20

**Tableau 4 :** Fréquence annuelle par direction de la houle au large et par état de mer

Etat de la mer au large	Amplitude (m)	Directions				
		Ouest	N-Ouest	Nord	N-Est	Est
<b>Calme</b>	< 0.25	2,70	1,20	2,30	2,40	3,20
<b>Degré 0</b>	0.25 à 0.75	8,00	4,20	2,80	4,30	6,70
<b>Degré 1</b>	0.75 à 1.75	14,30	6,60	3,30	3,60	6,10
<b>Degré 2</b>	1.75 à 2.75	4,40	2,30	0,70	0,40	0,70
<b>Degré 3</b>	2.75 à 3.75	1,10	0,90	0,05	0,09	0,10
<b>Degré 4</b>	> 3.75	0,70	0,40	0,06	0,03	0,00
<b>TOTAL</b>		<b>31,20</b>	<b>15,60</b>	<b>9,21</b>	<b>10,82</b>	<b>16,80</b>

**Tableau 5 :** Relation amplitude - état de la mer

DEGRES	AMPLITUDE	APPELLATIONS
Calme	< 0,25 m	ridée

<b>Degré 0</b>	0,25 à 0,75 m	Belle
<b>Degré 1</b>	0,75 à 1,75 m	modérée
<b>Degré 2</b>	1,75 à 2,75 m	agitée
<b>Degré 3</b>	2,75 à 3,75 m	forte
<b>Degré 4</b>	> 3,75 m	Très forte

**Tableau 6** : Relation amplitude - période de la houle au large d'el kala

Etat de la mer	Amplitude (m)	Période de la Houle					
		< 6 s	6 à 7s	8 à 9s	10 à 11s	12 à 13s	> 13s
<b>Calme</b>	< 0,25	0,051	0,001				
<b>0</b>	0,25 -0,75	0,200	0,016	0,002	0,001		
<b>1</b>	0,75 -1,75	0,240	0,127	0,026	0,006	0,002	
<b>2</b>	1,75 – 2,75	0,030	0,057	0,039	0,011	0,002	
<b>3</b>	2,75 – 3,75	0,004	0,012	0,014	0,007	0,003	0,001
<b>4</b>	> 3,75	0,003	0,003	0,007	0,008	0,001	
<b>Total</b>		<b>0,528</b>	<b>0,216</b>	<b>0,088</b>	<b>0,033</b>	<b>0,008</b>	<b>0,001</b>

**Tableau 7 :** Probabilités en fonction de la période de retour

Période de retour	Probabilités associées
Biennale	$4,57 \cdot 10^{-4}$
Quinquennale	$1,83 \cdot 10^{-4}$
Décennale	$9,13 \cdot 10^{-5}$
Vingtennale	$4,57 \cdot 10^{-5}$
Cinquantennale	$1,83 \cdot 10^{-5}$

**Tableau 8 :** Valeurs extrêmes de Hs (en m)

Directions Périodes de retour	Ouest	Nord-Ouest	Nord	Nord- Est	Toutes Directions
Biennale	7,50	6,80	5,20	3,80	7,80
Quinquennale	8,50	7,80	6,00	4,40	8,80
Décennale	9,30	8,00	6,80	4,70	9,50
Vingtennale	10,20	8,75	7,40	5,25	10,35
Cinquantennale	11,10	9,50	8,00	5,80	11,20

---

**Annexe 2 : l'étude de la houle à partir des données de vent et de Fetch**

**Tableau 1 : Les fetchs**

<b>DIRECTIONS</b>						
<b>Fetch</b>	<b>ONO</b>	<b>NO</b>	<b>NNO</b>	<b>N</b>	<b>NNE</b>	<b>NE</b>
<b>Fetch en Km</b>	575	360	670	695	580	320

**Tableau 2 : Caractéristiques de la houle selon les vents**

<b>DIRECTIONS</b>						
	<b>ONO</b>	<b>NO</b>	<b>NNO</b>	<b>N</b>	<b>NNE</b>	<b>NE</b>

<b>Vitesse du vent (m/s)</b>	21	21	19	18	16	17
<b>Durée (heure)</b>	20	20	20	18	18	24
<b>Amplitude(m)</b>	7,8	6,7	6,7	6,0	5,0	4,8
<b>Période (seconde)</b>	13,5	12,0	12,5	11,5	11	10,5

### Annexe 3 : Résultats des sondages à la lance

N°	X	Y	PROFONDEUR	PENETRATION	OBSERVATION
1	450590,74	4083761,50	-0,38	0,35	Sable et Cailloux
2	450516,58	4083721,17	-0,70	0,25	Vase
3	450490,80	4083711,21	-1,00	0,75	Vase
4	450354,46	4083703,34	-1,40	0,20	Gros Cailloux
5	450349,31	4083728,96	-1,10	0,10	Gros Cailloux
6	450323,32	4083659,26	-1,00	0,10	Gros Cailloux
7	450302,16	4083704,36	-1,80	0,20	Gros Sable
8	450226,10	4083730,37	-0,80	0,00	Roche
9	450233,73	4083748,99	-4,80	1,90	Sable Vaseux

<b>10</b>	450383,97	4083727,88	-1,80	0,50	Sable Vaseux
<b>11</b>	450333,95	4083686,27	-0,80	0,10	Gros Cailloux
<b>12</b>	450279,98	4083691,19	-1,30	0,20	Gros Sable et Cailloux
<b>13</b>	450149,73	4083857,52	-5,90	0,45	Sable Fin
<b>14</b>	450094,11	4083962,92	-4,77	0,00	Roche
<b>15</b>	450051,05	4083969,69	-5,30	0,00	Gros Galets
<b>16</b>	450054,62	4083890,68	-5,30	0,10	Sable et Gravillons
<b>17</b>	450102,98	4083848,12	-7,70	1,00	Sable
<b>18</b>	450188,87	4083812,13	-5,30	0,90	Sable Vaseux
<b>19</b>	450070,91	4084052,30	-10,80	1,00	Sable Fin
<b>20</b>	450121,85	4084108,40	-12,10	0,00	Roche
<b>21</b>	449686,41	4083991,59	-8,00	0,00	Roche
<b>22</b>	449754,63	4084058,72	-12,40	0,65	Sable Fin
<b>23</b>	449826,43	4084133,69	-16,50	0,50	Sable Fin
<b>24</b>	449923,81	4084226,89	-18,10	0,60	Sable Fin
<b>25</b>	449967,38	4084265,98	-18,70	0,40	Sable Fin



---

## Annexe 4

### Liste des photos



**Photo 1** : Vue de la passe d'entrée et de la jetée endommagée



**Photo 2:** Franchissement au niveau de la jetée principale par mer agitée



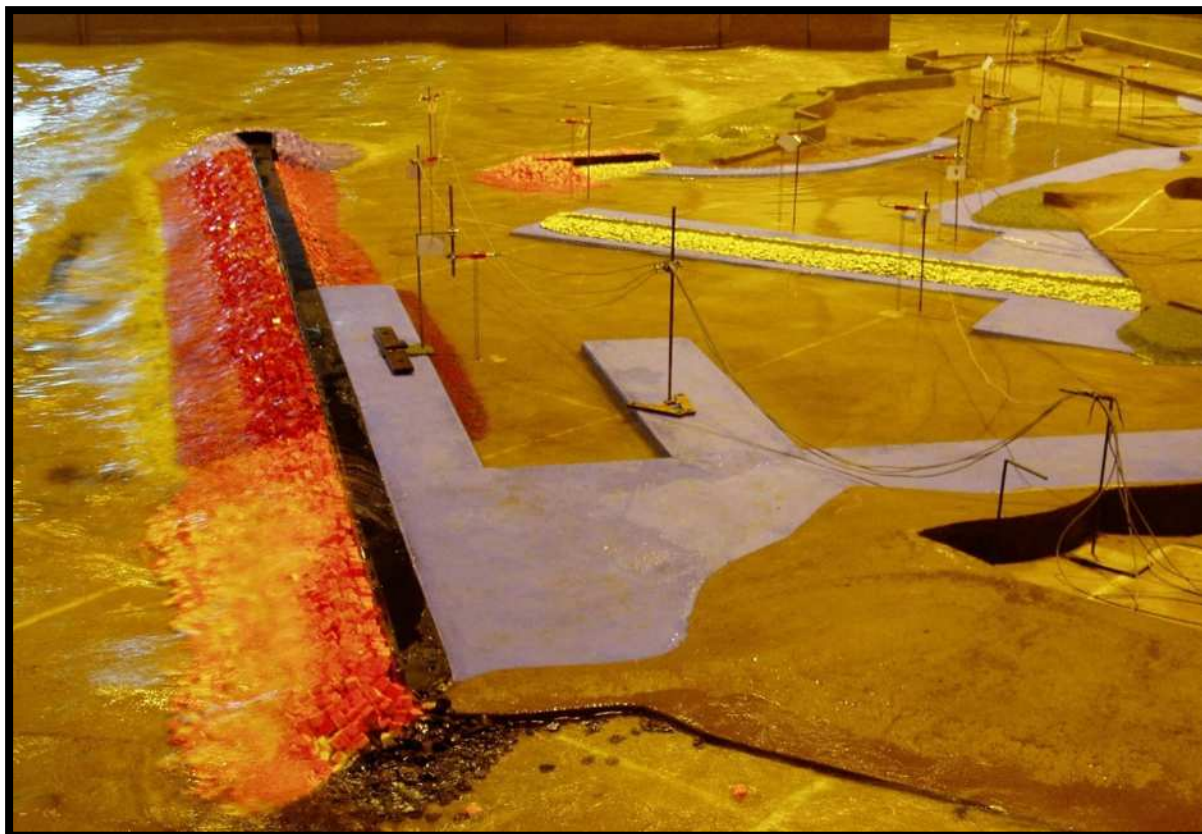
**Photo 3 :** Agitation au niveau de la passe d'entrée du port d'el kala lors d'une tempête (2007)



**Photo 4** : Franchissements au niveau du musoir de la presqu'île (2007)



**Photo 5:**Les unités de blocs BCR en modèle



**Photo 6:** Vue générale de la variante 1 au cours des essais en bassin à houle



---

**Photo 7:** Vue générale de l'ouvrage prolongé sur 175 ml direction N70°E pour la jetée  
secondaire au cours des essais en bassin à houle



**Photo 8 :** Vue générale de la variant 4 au cours des essais en bassin à houle

