

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur

et de la Recherche Scientifique

جامعة أبو بكر بلقايد – تلمسان

UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID



كلية التكنولوجيا

Faculté de Technologie

قسم الهندسة المدنية

Département de génie civil

Mémoire de projet de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de

Master en génie civil :

Option : Infrastructure des bases et géotechnique

Aménagement d'un port de pêche cas de Sidna Youchâa

Soutenu en Juin 2015

Présenté par:

- HADDAM Amina
- TADLAOUI Assia

Devant les membres du Jury :

Mr. HAMZAOUI .Fethi

President

Mr. BENAMAR .Abderrahamane

Examinateur

Mr. DAHOU .Ilyes

Examinateur

Mr. CHERIF BENMOUSSA .Mohamed Yazid

Encadreur

Promotion: 2014-2015

Dédicace

Amina

A mes très chers parents, grâce à leurs tendres encouragements et leurs grands sacrifices, ils ont pu créer le climat affectueux et propice à la poursuite de mes études. Aucune dédicace ne pourrait exprimer mon respect, ma considération et mes profonds sentiments envers eux. Je prie le bon Dieu de les bénir, de veiller sur eux, en espérant qu'ils seront toujours fiers de moi.

A ma sœur Sarra présente dans tous mes moments d'examens par son soutien moral et ses belles surprises sucrées. Je te souhaite un avenir plein de joie, de bonheur, de réussite et de sérénité. Je t'exprime à travers ce travail mes sentiments de fraternité et d'amour. Et à mon petit frère Djelloul que j'adore.

A tous mes professeurs : Leur générosité et leur soutien m'oblige de leurs témoigner mon profond respect et ma loyale considération.

A tous mes amis et mes collègues, Assia, Zaki, Yassine, Sarra, EL-hadi, Youcef, Mohamed..., Ils vont trouver ici le témoignage d'une fidélité et d'une amitié infinie.

Dédicace

Assia

Je dédie ce modeste travail à celle qui m'a donné la vie, le symbole de tendresse, qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite, ma mère.

A mon père, école de mon enfance, qui a été mon ombre durant toutes les années d'études, et qui a veillé tout au long de ma vie à m'encourager.

A ma sœur jumelle, Sarra qui m'a toujours soutenue.

A mon très cher frère et à ma très chère sœur.

A tout mes amil(e)s qui n'ont jamais cessé d'avoir confiance en moi et qui m'ont soutenue durant tout le long de mes études et durant la préparation de notre PFE.

Remerciements

Nous tenons dans un premier temps à remercier DIEU tout puissant de nous avoir donné la chance et le privilège d'étudier et de nous avoir permis d'en arriver là.

Nous adressons nos vifs remerciements à notre encadreur, Mr CHERIF BENMOUSSA.Y , qui s'est toujours montré à l'écoute tout au long de la réalisation de ce mémoire, ainsi que pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'il a bien voulu nous consacrer, sa confiance et son enseignement toujours judicieux et rigoureux durant toutes les phases de ce mémoire.

Nous tenons également à remercier Mr HAMZAOUI.F d'avoir accepté et bien voulu examiner notre travail.

Aussi nous remercions Mr BERRABAH.O et BENAMAR.A qui ont bien voulu examiner notre travail.

Comme nous tenons à remercier plus particulièrement Mme et Mr BOUDOUMA , Mme CHAFAA pour leur disponibilité et leurs conseils rigoureux durant notre stage pratique au LEM (labo) ; stage qui nous a été beaucoup bénéfique pour l'avancement de notre travail .

Enfin, nous remercions toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire.

Résumé

La réalisation du nouveau port de pêche sur la côte de Sidna Youchâa, a pour objet de réduire énormément la pression exercée actuellement sur le port de pêche et de commerce de Ghazaouet. Ce nouveau port à Sidna Youchâa, sera doté d'une capacité d'accueil de 295 unités, entre petits métiers, sardiniers, chalutiers et thoniers. La mise en exploitation de cette infrastructure portuaire aura un impact sur la relance de la pêche au niveau de cette région. Notre travail a pour objectif de passer en revue les notions de base des travaux maritimes et, à travers le projet de Sidna Youchâa, d'examiner les différentes étapes suivies pour l'étude et la réalisation d'un port (collecte des données, conception des ouvrages de protection (Jetées ou Digues) et des ouvrages d'accostage (Quais, Appontements.)

Mots clés :

Travaux maritimes, le port, la pêche, conception, côte.

Abstract

The implementation of the new fishing harbor on the coast of Sidna Youchâa, is used to reduce the current pressure on the fishing harbor of Ghazaouet. This new harbor will have a capacity of 295 units, among small businesses, sardine boats, trawlers and tuna. The operation of the port infrastructure will impact on the revival of the fishing sector. Our work aims to review the basics of marine works through the draft of Sidna Youchâa, examine the different stages in the design and construction of a port (data collection, design works protection (or Piers Dams) and berthing structures (quays, landing stages.)

Key words:

Maritime works, harbor, fishing, modeling, coast.

ملخص

الهدف من مشروع انجاز ميناء جديد للصيد البحري بساحل سيدنا يوشع هو الحد و بشكل كبير من الضغوطات الحالية على الصيد البحري والتجار لميناء الغزوات. ستبلغ طاقة استيعاب الميناء الجديد سيدنا يوشع 295 وحدة للصيد منها قوارب صغيرة وسفن لصيد السردين والتونة. لاستغلال هذا الميناء أثر أكيد من حيث إنعاش الصيد البحري. يهدف عملنا لإعادة النظر في أساسيات الأعمال البحرية ، ومن خلاله دراسة المراحل المختلفة في تصميم وبناء البيانات، تصميم هياكل واقية (الأرصفة أو السدود) ومنشآت للرسو (الأرصفة)

: المفتاحية الكلمات

الأشغال البحرية ، الميناء ، صيد الأسماك ، النمذجة ، الساحل

Table des matières

Dédicace.....	ii
Dédicace.....	iii
Remerciements	iv
Résumé	v
Abstract	vi
ملخص.....	vii
Table des matières	viii
Nomenclature.....	xii
Liste des figures	xiv
Liste des tableaux	xv
I-Introduction générale :	1
1. Généralité sur les ouvrages portuaires.....	2
1.1. Introduction :	2
1.2. Définition d'un port:.....	2
1.3. Classification des ports:	2
1.3.1.Les ports de pêche:.....	2
1.3.2. Les ports de plaisances:	3
1.4. Rôle des ports:.....	3
1.5. Plan de masse d'un port :.....	3
1.6. Les principales composantes d'un port :.....	4
1.6.1. Les ouvrages extérieurs (de protection) :.....	5
1.6.2. Les ouvrages intérieurs :	10
1.6.3. Les ouvrages d'accostage :	12
1.7. La démarche à suivre pour une étude d'un port :	13
2. Données du projet :	14
2.1. Situation du site:	14
2.2. Données océanographiques et météorologiques :	15

2.2.1. Données climatique :	15
2.2.2. Données physiques:	16
2.3. Détermination des besoins :	17
2.3.1. Besoin d'aménagement :	18
3. La houle.....	21
3.1. La houle:	21
3.1.1 La réfraction :	22
3.1.2 La diffraction :	23
3.1.3 La réflexion :	23
3.1.4 Le déferlement :	25
3.2. Données météorologiques :	26
3.2.1. Le vent:	26
3.2.2. Les courants :	27
3.2.3. Données marines :	27
3.3. Pré dimensionnement des ouvrages de protection :	30
3.3.1. Choix de la structure :	30
3.4. Jetée principale:	31
3.4.1. Profil courant:	31
3.4.2. Profil au musoir:	32
3.5. Jetée secondaire:	33
3.6. Etude des Variantes.....	34
3.6.1. Principes d'établissement des variantes d'aménagement	34
3.6.2. Choix du site :.....	35
3.6.3. Variantes d'aménagement.....	35
4. Etude sur modèle réduit	41
4.1. Introduction :	41
4.2. Définition du modèle réduit :	41
4.2.1. Modèle d'agitation:	41
4.2.2. Modèle à courant:	41
4.2.3. Modèle à forme mobile:	41
4.3. Conception du modèle réduit physique :	42
4.3.1. Données générales :	42
4.3.2. Climat de houle :	43

4.3.3. Choix de l'échelle :	43
4.3.4. Positionnement de l'aménagement :	44
4.3.5. Construction du modèle :	44
4.3.6 Matériaux de construction :	45
4.4. Génération de la houle et technique de mesure:	46
4.4.1. Génération de la houle :	46
4.4.2. Mesure de la houle :	47
4.5. Conditions d'essai :	47
4.5.1. Direction de la houle :	47
4.5.2. Niveau d'eau :	48
4.5.3. Conduite des essais :	48
4.5.4. Calibration (réglage hydraulique du modèle) :	48
4.5.5. Observations et moyen mis en œuvre:	48
4.6. Condition des essais :	49
4.6.1. Niveau d'eau et direction de la houle :	49
4.6.2. Emplacement des sondes :	49
4.7. Résultats des essais d'agitation :	50
4.7.1. Description de la variante d'aménagement N°2 :	50
4.7.2. Résultats des essais de la variante d'aménagement (N°2):	50
4.7.3. L'agitation au niveau de la passe d'entrée:	54
4.7.4. Conclusion:	55
4.8. Essai de stabilité :	55
4.8.1. Objet des essais :	55
4.8.2. Description du modèle de stabilité :	55
4.9. Description et résultats des variantes proposées :	56
4.9.1. La variante initiale :	56
4.9.2 Variante N°2 :	60
4.9.3 Variante N°3 :	60
4.9.4. Variante N°4 :	61
Description :	61
4.9.5. Variante N°5 :	61
4.9.6. Analyse et synthèse des résultats :	62
4.9.7. Description de la variante optimale :	65

5. Plan de masse :	68
5.1. Introduction :	68
5.2. Ouvrage de protection:	68
5.2.1. Jetée principal	68
5.2.2. Jetée secondaire	69
5.3. Description des ouvrage d'accostage :	70
5.3.1. Les ouvrages :	70
5.3.2. Nombre d'embarcation :	71
5.3.3. Flottille projetée :	71
5.4. Terres plein :	71
6. Impact sur l'environnement :	72
6.1. Les impacts	72
6.2. Les mesures à prendre pour réduire les impactes :	73
6.2.1. Phase travaux :	73
6.2.2. Phase d'exploitation :	74
6.2.3. Gestion des ressources naturelles :	75
Conclusion	77
Annexes	78
Bibliographie	79

Nomenclature

N.R : niveau minimal moyen

T.A : Tirant d'eau

HA : Hectare

T : tonne

m: mètre

ml : Mètre linéaire

H : hauteur de houle

L : longueur d'onde

T : période de la houle

a : amplitude de la houle

g : cambrure

c : célérité

d : profondeur

b₀ : Largeur du front de vague au large

b₁ : Largeur du front de vague au point considéré

L₀ : La longueur d'onde au large

L : La longueur d'onde au point considéré

K_r : déformation en plan

K_s : déformation du profil

T : Période

w: poids des blocs de la carapace

γ_s: Poids spécifique des blocs ou enrochements

γ_w: Poids spécifique de l'eau de mer

α: L'angle formant le parement de la digue avec l'horizon.

K_D: Coefficient de stabilité des blocs.

H_s: Hauteur significative de la houle de projet

n: étant le nombre de couches

γ_r: densité du bloc

K_{Δ} : coefficient de couche

e : épaisseur de la carapace

TVC : tout venant de carrière

V: Vitesse caractéristiques (vitesse orbitale, Célérité, etc.)

g: Accélération de la pesanteur.

D: Dimension caractéristique (dimension d'un bloc, hauteur d'eau).

T_P : Période de pointe

H_{si} : hauteur significative à la sonde i. Période de pointe

BCR : Béton compacté au rouleau

BCV : Béton conventionnel vibré

Liste des figures

Figure 1 : Plan de masse d'un port.....	3
Figure 2 ; Digue a talus.....	7
Figure 3 : Côte d'arase (BORRAS, et al.).....	7
Figure 4 : Risberme de pré-déferlement (BORRAS, et al.).....	8
Figure 5 : Bassin de déversement. (BORRAS, et al.).....	8
Figure 6 : Houle de faible période. (BORRAS, et al.).....	9
Figure 7 : Houle de grande période. (BORRAS, et al.).....	9
Figure 8 : Dimensions d'un profil d'une digue. (SCHERRER, 2015).....	10
Figure 9 : Chaine de traitement des produits de pêche.....	12
Figure 10 : La démarche à suivre pour l'étude d'un port.....	13
Figure 11 : Situation géographique de Sidna Youchâa.....	14
Figure 12 : Courbe représentative des caractéristiques de la houle.....	21
Figure 13 : La réfraction.....	23
Figure 14 : La diffraction.....	23
Figure 15 : Réflexion sur un mur vertical (Clapotis du 1 ^{er} ordre).....	24
Figure 16 : Réflexion sur un mur vertical (Clapotis du 2 ^{ème} ordre).....	24
Figure 17 : Réflexion sur un plan incliné.....	25
Figure 18 : Le déferlement glissant.....	26
Figure 19 : Le déferlement glissant plongeant par pente forte.....	26
Figure 20 : Le déferlement frontal.....	26
Figure 21 : Agitation a l'intérieur du port-direction (Nord-Ouest).....	52
Figure 22 : Agitation a l'intérieur du port direction (Nord 00°).....	52
Figure 23 : Agitation à l'intérieur du port direction (Nord-est).....	53
Figure 24 : Maquette du futur port de pêche à Sidna Youchâa (Tlemcen).....	66

Liste des tableaux

Tableau 1 : Moyenne mensuelles des humidités absolues (mmHg)	15
Tableau 2 : Quantités réalisées en topographie.....	16
Tableau 3 : Données sur les ressources halieutiques.....	17
Tableau 4 : Nombre, type et dimensions d'embarcation	18
Tableau 5 : Profondeur d'eau nécessaire	18
Tableau 6 : Linéaire de quai ou d'appontement nécessaire pour l'amarrage.....	19
Tableau 7 : Tableau récapitulatif des besoins pour la réparation et l'entretien	19
Tableau 8 : Fréquence mensuelles de la houle au large par direction.....	27
Tableau 9 : Fréquence d'apparition de la houle par direction et par an	28
Tableau 10 : Caractéristique de la houle au large.....	29
Tableau 11 : Direction et périodes de la houle au large.....	30
Tableau 12 : Détails estimatif et quantitatif sommaire de la variante 1	37
Tableau 13 : Détails estimatif et quantitatif sommaire de la variante 2	38
Tableau 14 : Comparaison entre les deux variantes étudiée.....	39
Tableau 15 : Caractéristiques des matériaux de construction.	46
Tableau 16 : Agitation à l'intérieur du port direction (Nord-ouest)	50
Tableau 17 : Agitation à l'intérieur du port direction Nord 00°	51
Tableau 18 : Agitation à l'intérieur du port direction (Nord-est)	51
Tableau 19 : Tableau récapitulatif des résultats d'agitation.....	53
Tableau 20 : Résultats d'agitation au niveau de la passe d'entrée.....	54
Tableau 21 : Description de la variante initiale.....	56
Tableau 22 : Description de la variante retenue.....	62

I-Introduction générale :

L'espace littoral fait l'objet de nombreuses convoitises et ce d'autant plus que les migrations des populations vers les régions côtières sont de plus en plus importantes.

L'homme se trouve dans l'obligation de construire des ouvrages portuaires et d'aménager son littoral.

Or, cet espace d'influence entre la mer et la terre est fragile, il est le siège d'un équilibre souvent précaire entre différents facteurs naturels ou humains. Ainsi, son importance dans notre environnement et sa stabilité aux différentes interventions dont il peut être le théâtre, font qu'il est nécessaire qu'il soit protégé ou aménagé avec respect.

La construction d'un port maritime, son équipement, l'aménagement de ses accès, la protection du rivage contre l'action de la mer, constituent un ensemble d'opérations complexes, difficiles, et coûteuses mais passionnantes car elle fait appel à un travail d'équipe pluridisciplinaire. Le coût très élevé et la complexité de ces opérations ont fait en sorte qu'avant d'entreprendre la construction d'un tel ouvrage, les spécialistes du domaine des travaux maritimes sont obligés d'avoir recours aux études hydrauliques et en particulier aux études sur modèle réduit physique.

C'est ainsi que dans le cadre de l'élaboration de notre mémoire de fin d'études l'occasion nous a été donnée d'effectuer un travail de contribution aux études générales maritimes dans le cadre de l'aménagement d'un port de pêche à Sidna Youchaâ (Wilaya de Tlemcen).

Notre étude comporte six (6) chapitres :

- Le premier chapitre consiste à énumérer l'ensemble des généralités de base des travaux maritimes.
- Le deuxième chapitre consiste en la collecte des données de base : il s'agit des données concernant les ressources halieutiques et des données physiques (bathymétrie, topographie et géomorphologie)

- Le troisième chapitre consiste à l'étude de la houle et les variantes d'aménagement, en se basant sur l'étude de cette dernière.
- Le quatrième chapitre consiste à synthétiser les données acquises auparavant afin de faire l'étude sur model réduit du port.
- Le cinquième chapitre consiste en une présentation du plan de masse.
- Le sixième chapitre porte sur une étude de l'impact sur l'environnement.

Chapitre 1:

Généralité sur les ouvrages portuaires.

1. Généralité sur les ouvrages portuaires

1.1. Introduction :

Depuis que l'homme utilise des navires et autres embarcations à des fins militaires ou commerciales pour transporter des personnes et des marchandises, pour pêcher, pour exercer des activités de sports ou de loisirs, il a dû rechercher ou aménager des sites où les navires puissent stationner de façon sûre.

1.2. Définition d'un port:

Un port est une infrastructure construite par l'homme, située sur le littoral maritime , il est destinée à accueillir toute sorte d'embarcations. On définit un port selon son rôle, il est destiné d'abord à abriter les navires contre l'action de la houle et le vent.

Au sens le plus strict, le terme « port » désigne le plan d'eau, mais dans son utilisation courante, il inclut les ouvrages de protection (**digues, jetées**) et d'accostage (**quais, appontements**), qui bordent le plan d'eau proprement dit. (BOS, 1984).

1.3. Classification des ports:

1.3.1. Les ports de pêche:

Ils sont les plus nombreux dans le monde .leurs dimensions sont les plus réduites par rapport aux autres ports. Leurs dimensions varient selon les bateaux accueillis : les chalutiers de haute mer partant pour plusieurs semaines auront besoin de plus d'espace de quai en revenant décharger leur cargaison, tandis que les petits bateaux partant à la journée auront besoin de moins d'espace pour pouvoir décharger rapidement pour la criée. L'infrastructure de ces ports est plus simple que celle d'un port de commerce : quelques quais ou pontons, une station de ravitaillement et un espace réservé à la criée (marché à proximité) et éventuellement une zone de traitement avant la vente. (DAHMEN, et al., 2011).

1.3.2. Les ports de plaisances:

Ils accueillent les bateaux de plaisance, de loisir et de compétition, à voile et /ou à moteur. La plupart des bateaux sont de petite taille (inférieur à 20 m) et les places de port sont standardisées grâce à des pontons et des « cat-ways ». Différentes techniques d'amarrage sont utilisées selon les endroits. On y trouve une capitainerie, différents services d'avitaillement, de mise à sec et de réparation, une pompe à carburant et divers services pour les équipages. Ce type de ports est souvent situé près du centre des villes pour des raisons touristique et pratiques. (TOUDJI, et al., 2010)

1.4. Rôle des ports:

Les ports sont destinés à abriter les navires de l'action de la houle pour leurs permettre :

- De stationner en attendant de partir pour un autre voyage ;
- D'effectuer les opérations commerciales d'embarquement et de débarquement des passagers et de marchandises et d'avitaillement ;
- D'être construits, entretenus et réparés. (CHAPON, 1971).

1.5. Plan de masse d'un port :

La majorité des règles sont présentés par l'A.I.P.C.N (Association Internationale Permanente Des Congrès de Navigation) dont le siège est basé à Bruxelles.

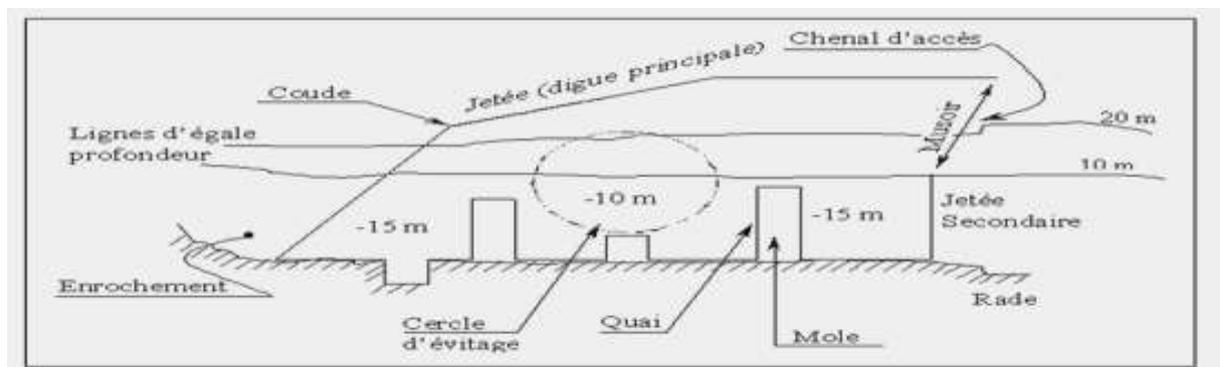


Figure 1 : Plan de masse d'un port (GHOMRI, et al., 2006)

Passe d'entrée :

- C'est la distance entre la jetée principale et le musoir de la jetée secondaire.
- Elle doit être orientée de façon à ce que le navire entrant ait autant que possible le vent sur l'avant.
- La longueur de la passe d'entrée doit être de l'ordre de grandeur de la longueur du plus grand navire.

Les zones de manœuvre :

- Le cercle d'évitage : C'est un cercle de diamètre $D = 1,5 \text{ à } 2,5 L$
- L : c'est la longueur du plus grand navire fréquentant le port qui peut être une ellipse.

Le chenal d'accès :

- Généralement sa longueur = $5B$ (B longueur du grand navire du port), on peut prendre une largeur du chenal égale à la longueur L du plus grand navire. La profondeur du chenal tient compte:
 1. Du niveau de référence (niveau minimal moyen) N.R.
 2. Du tirant d'eau admis (T.A)
 3. Des mouvements verticaux du navire, sous l'effet de l'enfoncement du à la vitesse au cours de l'entrée « squat » et des mouvements dus à la houle.
 4. Du pied de pilote net : marge minimale permise sous la quille du navire ; 0,5 en temps normal, que l'on peut réduire à 0,3 pour les petits bateaux porté à 1,00 m pour des fonds rocheux.
 5. De la différence entre le niveau nominal du fond et le niveau nominal de dragage du chenal, correspondant à la plus grande épaisseur de dépôts de sédiments entre deux campagnes de dragage. (GHOMRI, et al., 2006)

1.6. Les principales composantes d'un port :

On peut classer les ouvrages constituant le port en trois grandes classes qui sont :

- Les ouvrages extérieurs (de protection).
- Les ouvrages intérieurs.
- Les ouvrages d'accostages. (GHOMRI, et al., 2006)

1.6.1. Les ouvrages extérieurs (de protection) :

Les ouvrages de protections contre la houle sont les ouvrages qui permettent de protéger un port ou une partie d'un port contre les actions de la houle.

On peut classer les ouvrages en :

- Digue ou jetées : on distingue deux types :
 - Digue à talus.
 - Digue verticale : peut être ou non perméable.
- Ouvrages spéciaux qui sont employés dans les conditions spécifiques :
 - Le mur d'eau fixe.
 - Les brises lames flottants.
 - Les ouvrages de pré déferlement.
 - Brise lames pneumatique.
 - Bulles d'air.
 - Mur d'eau oscillant.
 - Digues à parois perforées type Jarlon.

Les types d'ouvrages les plus utilisés sont :

Digue à talus :

Les digues à talus sont réalisées au moyen de matériaux rocheux et blocs plus ou moins grossiers, arrangés globalement sous la forme d'un trapèze qui va opposer à la progression de la houle une résistance d'autant plus efficace que le massif sera élevé et peu poreux. (GHOMRI, et al., 2006)

La structure est normalement constituée d'un noyau en tout venant, d'une ou plusieurs sous-couches et d'une carapace (figure2).

Une digue à talus est composée :

- **Carapace :** C'est la partie de l'ouvrage qui reçoit directement la houle, sa stabilité est assurée par le poids unitaire W_i , des blocs naturels, ou artificiels à fort indice de vide (de 37% à 63%).
- **Filtre :** Il est disposé entre le noyau et la carapace car il assure la transition entre ces deux couches, il empêche aussi l'entraînement par l'eau des matériaux fins du noyau vers l'extérieur. Le poids de ces éléments ne doit pas être inférieur au un dixième (1/10) de ceux constituant la carapace. Si l'ouvrage est en eau profonde, ou moyennement profonde il n'est pas justifié de poursuivre les enrochements au de la

d'une certaine profondeur et l'on dispose alors de ce que l'on appelle une butée de pied qui doit être malgré tout correctement réalisé, car elle a une double fonction :

- Assure la butée de la base de la carapace
- Résister aux affouillements

Et si la profondeur le justifie, on dispose sous l'ensemble du corps de la digue de front de mer un matelas de matériaux appelé soubassement, justifié par la faible portance de sol de fondation diminuant ainsi les risques de tassement.

- **Noyau** : Il constitue le cœur de la digue, en général on utilise le tout venant, mais qui doit assurer une transition satisfaisante entre le soubassement au matériaux fins ou le terrain naturel et le matériaux les plus grossiers du filtre.
- **Butée de pieds** : C'est un élément du profil parmi les plus importants pour stabilité.
- **Soubassement** : Un soubassement général peut être envisagé lorsque la profondeur ou des caractéristiques faibles du sol de fondation le justifie.
- **Tapis de pied** : Il est utilisé pour rattraper les irrégularités du terrain naturel à fin de faciliter la mise en place des couches extérieures d'une part et à obtenir une protection anti-affouillement d'autre part, il est constitué de matériaux graveleux ou enrochements.
- **Couronnement** : Il représente la superstructure il a une grande importance sur la stabilité de la digue. Il assure les rôles suivants :
 1. Protège la partie supérieure de l'ouvrage.
 2. Assure la butée supérieure des blocs de la carapace.
 3. Limite les franchissements. (GHOMRI, et al., 2006)

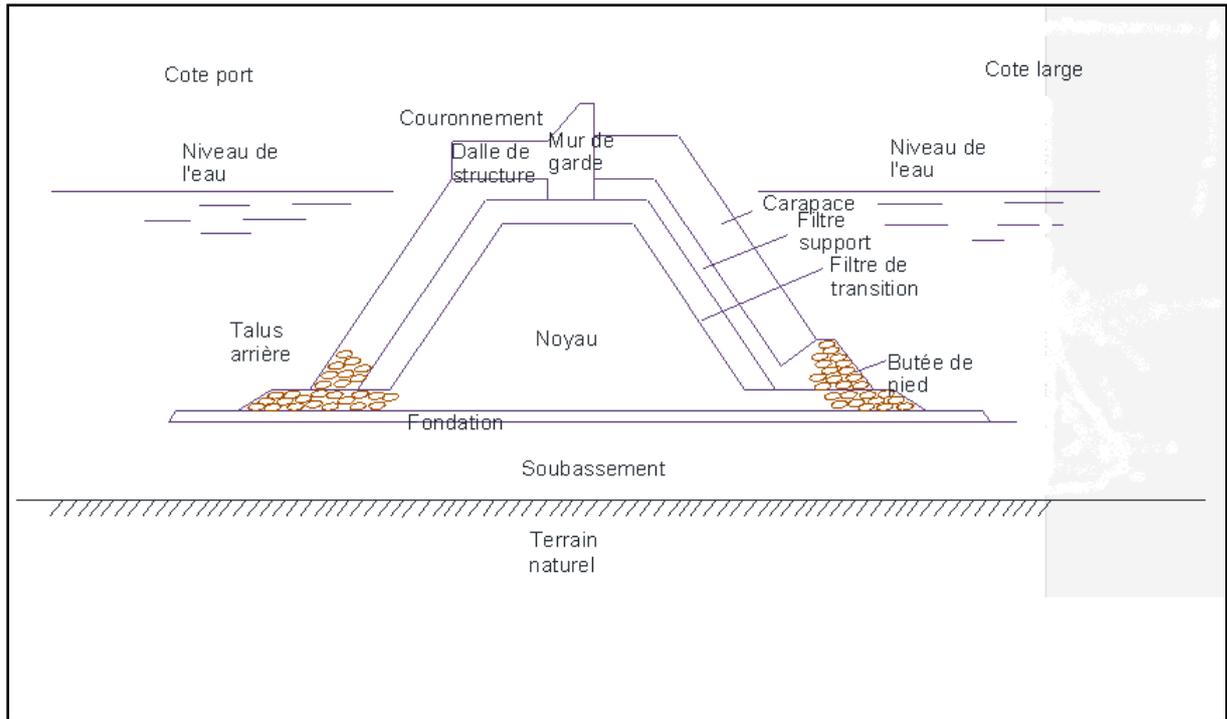


Figure 2 ; Digue a talus (SCHERRER, 2010)

Inconvénients des digues à talus :

- **Le franchissement :** Ce phénomène peut être évité par soit une superstructure résistant par son poids à la poussée du jet de lame, soit en élargissant la berme B de la crête de l'ouvrage ou en élevant la côte z d'arase de l'ouvrage. (GHOMRI, et al., 2006)

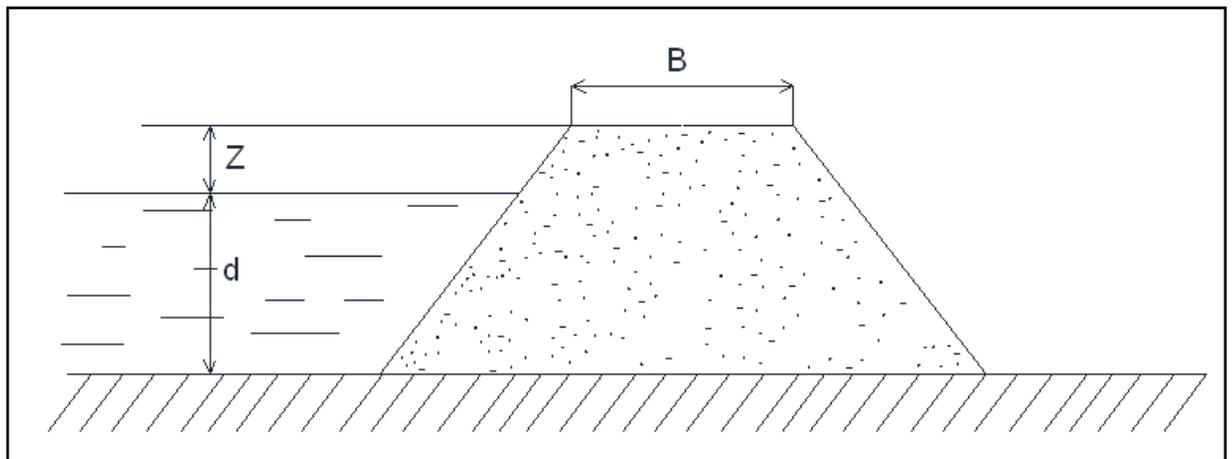


Figure 3 : Côte d'arase (BORRAS, et al.)

On peut aussi faire déferler la houle en avant de l'ouvrage sur une risberme de pré-déferlement de longueur, en général, supérieure à 50 m.

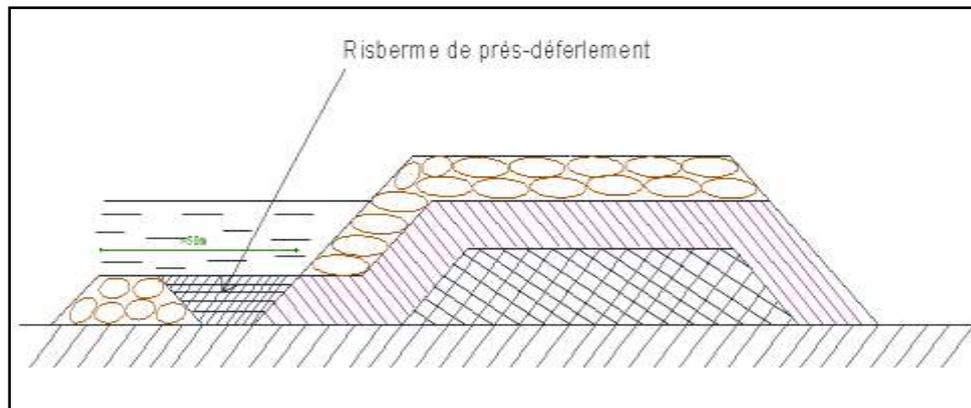


Figure 4 : Risberme de pré-déferlement (BORRAS, et al.)

On peut aussi disposer, en haut de carapace, un bassin de déversement en forme de canal, d'évacuation soit latéralement, soit par des orifices ou des perméabilités dans les blocs de la carapace.

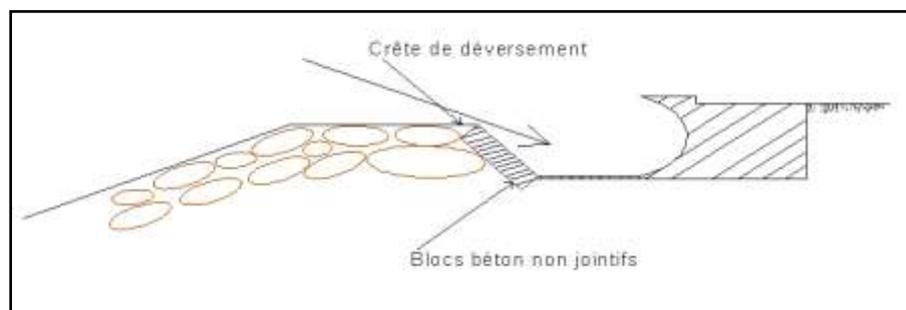


Figure 5 : Bassin de déversement. (BORRAS, et al.)

- **Le grand glissement** : l'inconvénient des digues à talus est le risque de grand glissement qui caractérise la rupture d'équilibre de l'ensemble "ouvrage + terrain".
- **la destruction** des digues à talus : la carapace est soumise à la fois à l'action de la masse d'eau «extérieure» due à la vague et celle de l'eau "interne" se déplaçant dans la carapace mais déphasée par rapport à la première. C'est ce déphasage qui jouera donc un rôle important dans le processus de destruction de la carapace. Le déphasage dépend des caractéristiques géométriques, de la perméabilité de l'ouvrage, pour beaucoup de la période de la houle.

- **Cas des périodes faibles** : l'eau interne est en retard par rapport à la vague externe. La montée de la vague est alors contrariée, et la descente de l'eau est ralentie. L'effet destructeur est faible (même dans le cas des houles déferlantes et celles de hauteur croissante).

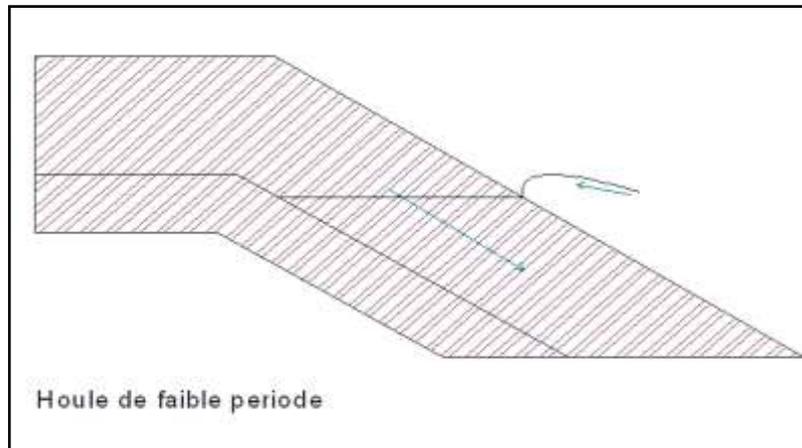


Figure 6 : Houle de faible période. (BORRAS, et al.)

- **Cas des houles de grandes périodes** : l'eau interne et la vague sont en phase. Il y a donc un freinage de la vague faible. Le déferlement frappe une carapace vide d'eau, à l'intérieur de laquelle l'eau se dissocie, soit vers le haut en provoquant le franchissement, soit en s'écoulant rapidement vers le bas.

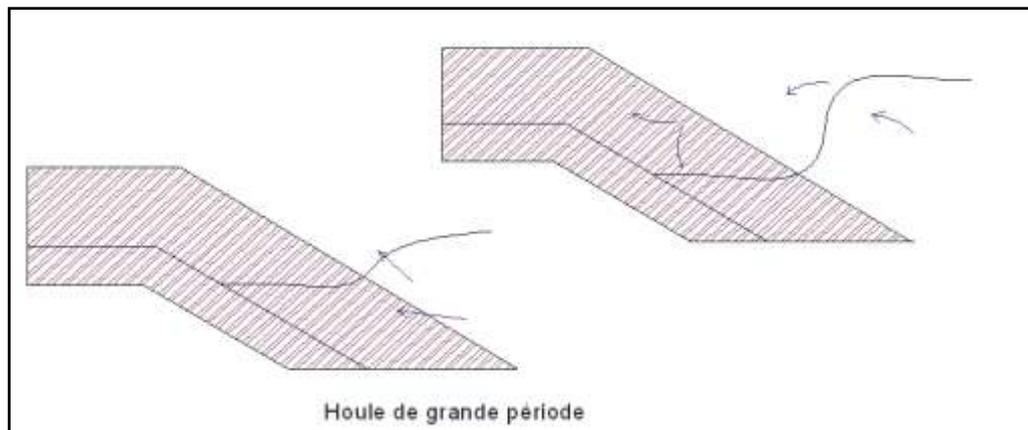


Figure 7 : Houle de grande période. (BORRAS, et al.)

Les effets nocifs s'atténuent pour les houles de très grandes périodes pour lesquelles la vitesse des particules diminue.

Les houles les plus dangereuses, pour les talus d'enrochement, sont celles ayant une période de 8 secondes.

Les différents inconvénients, observés sur l'étude des digues à talus montrent que pour améliorer la stabilité d'une jetée, il faut freiner l'eau à sa descente dans la carapace et faire déferler les vagues avant l'ouvrage. C'est à partir de ces constatations qu'ont été édifiées les digues mixtes. (BORRAS, et al.)

Digues verticales:

Une digue verticale est essentiellement composée d'un mur vertical monolithique ou constituée d'éléments assemblés entre eux destinés à renvoyer l'énergie de la houle par réflexion quasi totale.

Ces digues sont conseillées en eau profonde (>15m), vu la demande importante en matériaux rocheux dans le cas de digue à talus.

La largeur de la digue est fixée par le calcul de stabilité (figure [8]).

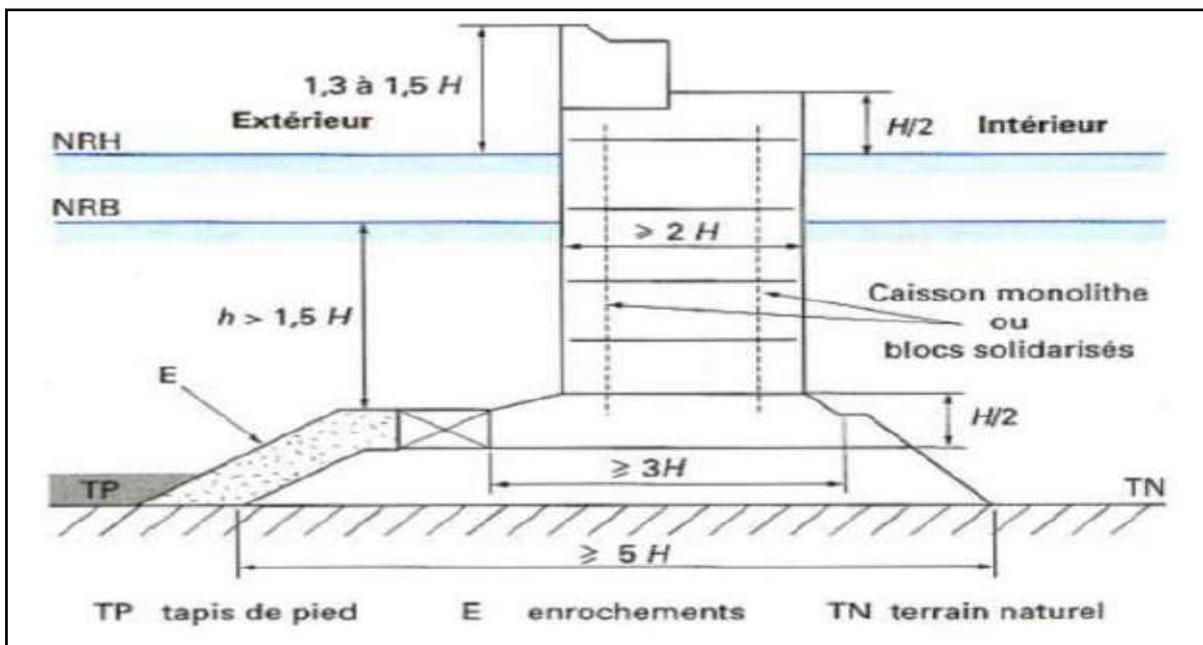


Figure 8 : Dimensions d'un profil d'une digue. (SCHERRER, 2010)

1.6.2. Les ouvrages intérieurs :

a) Quais de déchargement :

La zone de déchargement se situe en face des installations destinées aux premières opérations effectuées sur le poisson :

Pesage, triage, vente. Cette contrainte limite forcément la longueur de ce quai. Cette longueur doit être étudiée soigneusement en fonction, par ailleurs, de la longueur des navires, du nombre de ces derniers à traiter simultanément et du temps nécessaire à un déchargement (BONAFOUS, et al., 1994).

b) Quais d'avitaillement :

Dans cette zone, les navires sont chargés en carburant, glace, nourriture. Là aussi les longueurs de quai requises doivent être soigneusement calculées en fonction du nombre des navires à avitailler, de leur longueur et de la durée des opérations. (BONAFOUS, et al., 1994).

c) Quais de stationnement :

Dans cette zone, le navire est en attente avant la prochaine campagne. Les longueurs d'ouvrages d'accostage sont déterminées suivant les critères évoqués ci-avant. Mais on peut y admettre des navires stationnés à couple. (BONAFOUS, et al., 1994).

d) Quais à usages particuliers :

Il peut être nécessaire de prévoir, dans le plan masse du port de pêche, un poste pour navires pétroliers afin d'alimenter la flottille en carburant. Il faut mentionner aussi, dans les ports situés à proximité des zones de pêche, l'intérêt de zones d'abri où les navires peuvent venir rapidement se réfugier en cas de fortes tempêtes. (BONAFOUS, et al., 1994).

e) Équipements à terre :

Dans le cas d'un port de pêche, le poisson subit des opérations différentes : tri, lavage, vente, etc. (BONAFOUS, et al., 1994).

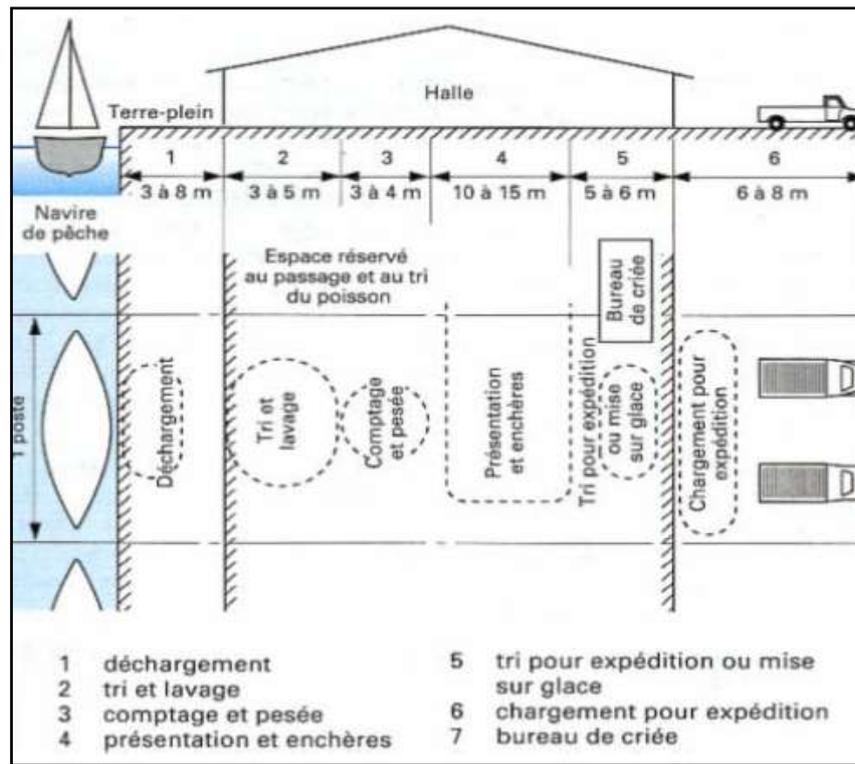


Figure 9 : Chaîne de traitement des produits de pêche (BONAFOUS, et al., 1994)

1.6.3. Les ouvrages d'accostage :

Les ouvrages d'accostages sont les quais qui ont le rôle suivant :

- Permettre l'accostage et l'amarrage des navires ;
- Soutenir les terres au contact avec les plans d'eau ;
- Assurer la liaison entre la terre et le navire . (GHOMRI, et al., 2006)

1.7. La démarche à suivre pour une étude d'un port :

La démarche générale pour toute étude d'aménagement, aussi bien portuaire que maritime, est constituée par les étapes définies dans l'organigramme suivant :

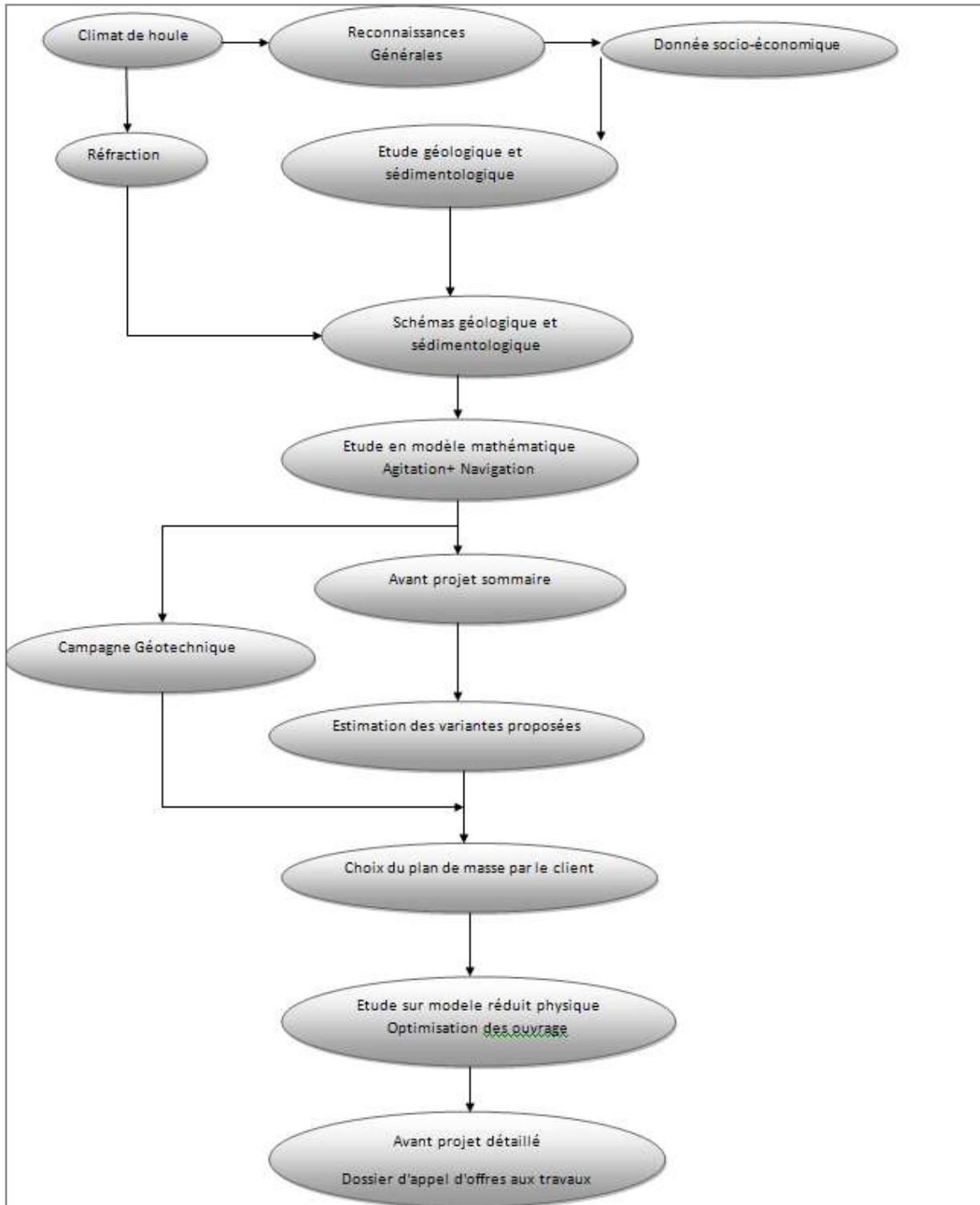


Figure 10 : La démarche à suivre pour l'étude d'un port

Chapitre 2:

Données du projet

2. Données du projet :

2.1. Situation du site:

Il est situé à environ 20Km à l'Est du port de Ghazaouet au Nord de la wilaya de TLEMCEM sur le site Sidna Youchâa

L'accès à ce site vierge s'effectue à travers un chemin communal, de pente difficilement abordable.

L'emprise terrestre est large néanmoins les surfaces requises pour les terre-pleins nécessiterait la création d'une plate forme en remblai gagnée en mer.

Par ailleurs, la présence de l'embouchure de l'oued Moula à proximité de ce site constitue un risque potentiel d'ensablement. (Avant projet sommaire, 2004)



Figure 11 : Situation géographique de Sidna Youchâa

2.2. Données météorologiques :

2.2.1. Données climatique :

Le climat de la ville de GHAZAOUET, de type méditerranéen, oscille entre le semi aride et le sub humide, chaud et sec en été, relativement doux en hiver (SEKRANE, 2013).

Les Températures :

La température moyenne annuelle est égale à 15,1° C (17,75° C sur les dernières années). Les mois les plus chauds sont les mois d'été (juin, juillet, août) et octobre durant lesquels les températures moyennes dépassent les 19° C.

Pour le reste des mois de l'année, les moyennes de température ne descendent pas au-dessous de 12° C, le mois de Février étant le plus froid (SEKRANE, 2013).

L'humidité :

Le tableau 2 donne la répartition de la moyenne mensuelle de l'humidité exprimée en mm (valeurs de tension de vapeur).

Tableau 1 : Moyenne mensuelles des humidités absolues (mmHg)

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Année
Humidité absolue(mm mercure)	15,4	15,2	10	8,7	8	7,6	9	9,9	11,1	13,3	16,4	17,8	11,8

Le minimum annuel de la tension de vapeur ou de l'humidité absolue est enregistré en janvier et février. En été, la tension de vapeur atteint des valeurs élevées, avec un maximum en août (SEKRANE, 2013).

La pluviométrie :

La carte pluviométrique établie par l'ANRH montre que la région de GHAZAOUET est située entre les isohyètes 300 mm et 500 mm.

L'analyse statistique des pluies fait apparaître une forte irrégularité à l'échelle mensuelle et inter annuelle (entre 203 et 630 mm), avec une pluie moyenne inter annuelle calculée sur 34 ans de 379.4 mm.

La pluie maximale journalière observée sur 34 ans est de 115,3 mm (SEKRANE, 2013).

2.2.2. Données physiques:

A. Topographie:

Un canevas de points de polygonation a été réalisé au niveau du site de Sidna Youchâa afin de définir un système de coordonnées devant servir de base aux levés à réaliser

Les canevas se composent de cinq points bétonnés et répartie de façon homogène sur l'ensemble de la zone à lever.

Les cotes altimétriques des levés sont rattachées au zéro de nivellement général algérien(NGA) à partir de la borne installée au coin de bâtiment de la gendarmerie nationale de Ghazaouet.

Le levé des zones émergées comprend la ligne de cote, la plage, le pied et le haut de la falaise ainsi que les différents détails, à savoir l'Oued et les habitations ou ouvrages se trouvant aux alentours.

Une fois les levés effectués sur le terrain, le report sur plans (dépouillement et établissement des plans) est ensuite réalisé au bureau. Les différents points pris sur le site pendant les levés permettent alors de rattacher les points entre eux pour avoir les détails du levé (routes, bâtisses, etc.). (Avant Projet Sommaire, 2004)

Tableau 2 : Quantités réalisées en topographie

Stations de polygonation	05
Surface levée	8.60Hectares

B. Bathymétrie:

La campagne bathymétrique sur le site a été réalisée, durant la même période que la campagne topographique

Le levé des zones immergées qui a été réalisé a couvert une surface de 116.38 HA pas des profils parallèles, suivant un maillage de 20x20 mètres. (Avant Projet Sommaire, 2004)

C. Sondage à la lance :

Les sondages ont été réalisés par plongeurs, qui utilisent une lance (tube galvanisé) gradué en centimètres, de 0 à 3 mètres, reliée par un flexible à une bouteille de plongée.

Sous l'effet de l'air comprimé, qui est injecté par forte pression, les particules fines sont dégagées, permettant ainsi l'enfoncement de la lance jusqu'au terrain dur. La lecture sur les graduations de la lance correspondant à la partie enfoncée, indique ainsi l'épaisseur de la couche meuble.

Connaissant le tirant d'eau pour chaque point (levé bathymétrique), On peut ainsi déterminer le niveau du terrain dur.

Les résultats obtenus au tableau (voir[Annexe]) , montrent que le sol est partiellement rocheux de structure dure. (Avant Projet Sommaire, 2004)

D. Etude sédimentologique :

Le prélèvement d'échantillon pour étude sédimentologique au niveau du site sont réalisés selon un maillage plus étalé dans la zone du fond rocheux .L'étude sédimentologique est effectuée sur la base des résultats d'analyses granulométriques effectuées sur les échantillons de sédiments superficiels prélevés précédemment. (Avant Projet Sommaire, 2004)

2.3. Détermination des besoins :

Les tableaux représentés ci après proviennent du service de la pêche de la wilaya de Tlemcen :

Les données sur les ressources halieutiques de la zone Tlemcen :

- Selon les services de la pêche estiment le potentiel de ressources halieutique pêchable pour toute la cote algérienne à 200000 T environ dont 40000 T pour la pêche hauturière.
- Selon les données fournies par la direction de la pêche de la wilaya de Tlemcen établie à partir de la campagne d'évaluation des ressources halieutiques effectuées en 1981 par le navire français THALASSA. La biomasse et le stock qui pourrait être éventuellement exploitable dans la wilaya de Tlemcen s'établissent comme suit :

Tableau 3 : Données sur les ressources halieutiques

CATEGORIE	BIOMASSE (T)	STOCK PECHABLE (T)
Demersal chalutable	18828	6276
Demersal zones rocheuses	5240	1774
Pélagique	28500	9500
Total	525568	17523

Tableau 4 : Nombre, type et dimensions d'embarcation

Type d'embarcation	Nombre	Longueur moy (m)	Largeur moy (m)	Tirant d'eau (m)
Thonier	10	25 à32	6 à 8	5
Chalutier	65	15 à25.5	5.5 à 7.5	3
Sardinier	70	10 à22	3.4 à 6	3
Petit métiers	150	4.8 à 10	1.7 à 4	1
Total	295			

2.3.1. Besoin d'aménagement :

Profondeur d'eau nécessaire qui se résume dans le tableau suivant :

Tableau 5 : Profondeur d'eau nécessaire

Type d'embarcation	Tirant d'eau (m)	Assiette (m)	Vague (m)	Pied de pilote (m)	Plus basse mer (m)	Total (m)
Thonier	5	0.15	0.15	0.25	0.45	6
Chalutier /Sardinier	3	0.15	0.15	0.25	0.45	4
Petit métier	1	0.15	0.3	0.55	0.45	2.45 soit2.50

2.3.2. Schéma d'aménagement :

Un port de pêche comprend trois zones distinctes :

- ✓ Une zone d'amarrage et d'avitaillement.
- ✓ Une zone de débarquement.
- ✓ Une zone de réparation et d'entretien.

Pour chacune de ces zones il convient de prévoir des quais et terre-pleins distinctes (GHOMRI, et al., 2006).

- **Linéaire de quai ou d'appontement nécessaire pour l'amarrage :**

Afin de permettre une utilisation optimale des linéaire disponible, il est retenue un amarrage ne perpendiculaire ; selon les différents types d'embarcation, les linéaires d'amarrage nécessaire seraient les suivants (Avant Projet Sommaire, 2004):

Tableau 6 : Linéaire de quai ou d'appontement nécessaire pour l'amarrage

Thoniers	10x7=70,0 ml
Chalutiers	65x6 =390.0 ml
Sardiniers	70x4.5=315 ml
Petit métiers	150x3=450 ml
Total	1225 ml

- **Linéaire nécessaire pour l'avitaillement en fuel :**

Il est retenu deux postes de 30 ml chacun pour les besoins d'avitaillement en fuel soit un linéaire de 60 ml (Avant Projet Sommaire, 2004).

- **Besoin pour la réparation et l'entretien** (Avant Projet Sommaire, 2004):

Tableau 7 : Tableau récapitulatif des besoins pour la réparation et l'entretien

Désignation	Surfaces (m²)
Mise à sec des petits métiers	2 400
Surfaces derrière le Roulev	4 250
Rangement outillage et accessoires	2 350
Halle de vente, entrepôts frigorifiques	3 800
Bâtiments administratifs	300
Parking	3 000
Total	16 100

Chapitre 3:

La houle

3. La houle

3.1. La houle:

On appelle houle, l'ensemble d'une suite indéfinie d'ondulations parallèles presque identiques qui se propagent de façon sensiblement uniforme vers le rivage. La houle est donc une onde correspondant à une agitation quasi-permanente de la surface de la mer, avec des périodes comprises entre 1 et 30 secondes. Elle se produit au large des côtes et ne présente pas de déplacement mais un simple mouvement d'ondulation de la surface de l'eau. La houle pure, décrite comme un phénomène ondulatoire monochromatique n'est que très rarement observée. Généralement, la houle est poly chromatique, c'est-à-dire résultant de la superposition de plusieurs ondes sinusoïdales pures de différentes longueurs d'ondes. Une vague est une onde qui se propage et, comme toute onde, elle est caractérisée par : une longueur d'onde, une amplitude, une période et une célérité. Le schéma qui suit précise les caractéristiques principales d'une houle (AMEUR, et al., 2009):

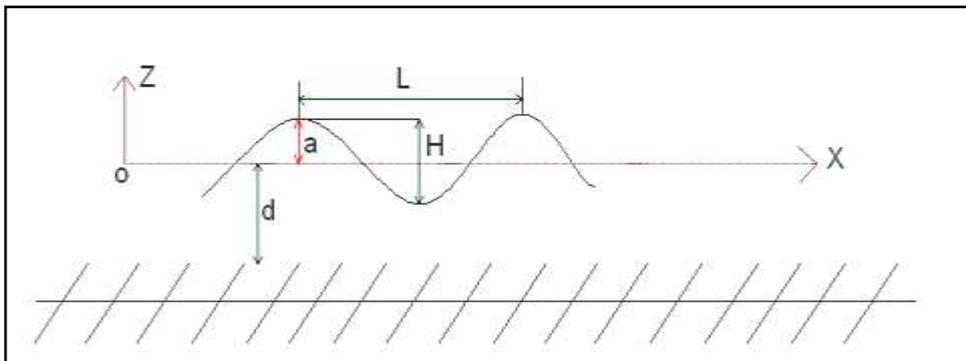


Figure 12 : Courbe représentative des caractéristiques de la houle (AMEUR, et al., 2009)

Avec :

- H : hauteur de houle (dénivellation entre une crête et un creux successifs).
- L : longueur d'onde (distance séparant deux crêtes successives).
- T : période de la houle (temps qui sépare le passage de deux crêtes successives en un point fixe).
- a : amplitude de la houle (égale à la moitié de la hauteur).
- g : cambrure (rapport H/L).
- c : célérité (vitesse moyenne de propagation des crêtes, $C=L/T$).

- d : profondeur (profondeur au repos).

L'agitation générée par une houle, au niveau d'un port, fait intervenir de nombreux phénomènes physiques. La propagation de la houle a des similitudes avec celle de la lumière. En effet, dans les deux cas, il s'agit de propager une onde d'énergie. Aussi, on retrouve pour la houle des phénomènes comme : la réfraction, la diffraction ou la réflexion. Le déferlement est propre à la houle.

Déformation de la houle au cours de sa propagation :

La houle en se propageant subit différentes déformations, suivant les causes, ces déformations sont :

3.1.1 La réfraction :

Lorsque la houle se propage dans un milieu à profondeur variable, sa célérité n'est plus la même tout le long du front d'onde. Les crêtes se déforment en plan : **la houle réfracte**.

L'étude de la réfraction de la houle permet de déterminer les caractéristiques de la houle (direction et hauteur) au cours de sa propagation, depuis le large jusqu'à l'approche du rivage et plus particulièrement au droit de l'aménagement projeté.

Le phénomène de réfraction se compose de deux paramètres le premier correspondant à la déformation du profil (gonflement K_s), le second à une déformation en plan (K_r), ce qui donnera le coefficient de réfraction. (AMEUR, et al., 2009) (GHOMRI, et al., 2006)

$$\frac{H}{H_0} = K_r K_s \quad \text{Avec : } Kr = \sqrt{\frac{b_0}{b_1}} \quad \text{et } Ks^2 = \frac{L_0}{L} \cdot \frac{1}{1 + \frac{L}{sh \frac{4\pi d}{L}}}$$

- b_0 : Largeur du front de vague au large
- b : Largeur du front de vague au point considéré
- L_0 : La longueur d'onde au large
- L : La longueur d'onde au point considéré.

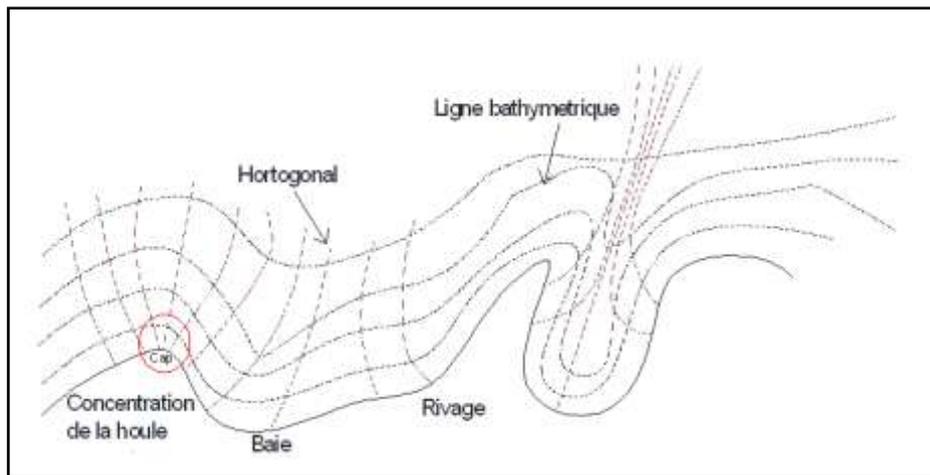


Figure 13 : La réfraction (AMEUR, et al., 2009)

3.1.2 La diffraction :

Lorsqu'une houle ne se propage plus en ligne droite ou régulière, comme c'est le cas par exemple au contact d'un ouvrage à l'approche duquel une partie du front d'onde seulement est arrêtée, des oscillations se manifestent derrière l'extrémité de cet ouvrage en le contournant : On dit que **la houle diffracte**. (AMEUR, et al., 2009)

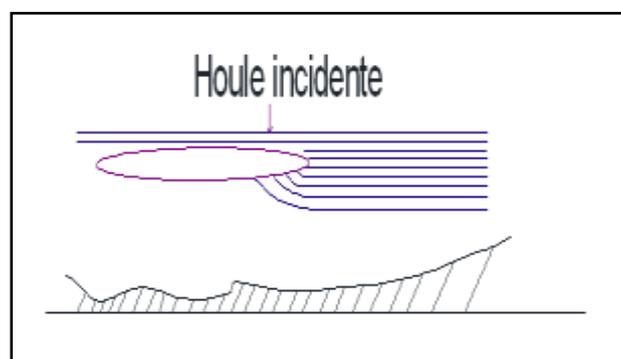


Figure 14 : La diffraction (AMEUR, et al., 2009)

3.1.3 La réflexion :

La réflexion se produit quand la houle rencontre un obstacle vertical ou incliné. Une des conséquences importantes de la réflexion est l'apparition du « clapotis », mouvement de l'eau résultant de la rencontre de deux houles se propageant en sens inverse. (AMEUR, et al., 2009)

La réflexion est totale sur un parement vertical (avec un accroissement parfois important de l'amplitude de la houle résultante) et, partielle dans le cas d'une digue à talus ou protection en enrochements.

➤ **Réflexion sur un mur vertical**

Lorsque une houle rencontre, sans déferlement, un mur vertical normal à sa direction de propagation, la vitesse de chaque particule d'eau se réfléchit sur la paroi imperméable. L'onde réfléchie est identique à l'onde incidente mais de direction opposée. Deux approximations existent :

a) 1^{ère} approximation :

Les deux ondes peuvent se superposer et les trajectoires des particules sont des droites horizontales aux nœuds d'oscillation N, verticales aux ventres V, l'amplitude au ventre étant $2H$ (BONNEFILL, 2010).

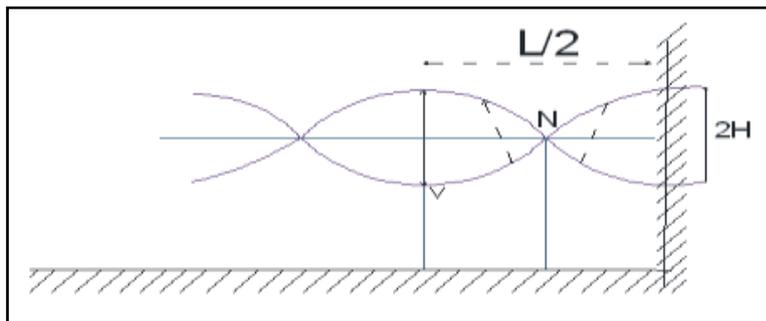


Figure 15 : Réflexion sur un mur vertical (Clapotis du 1^{er} ordre) (BONNEFILL, 2010)

b) 2^{ème} approximation :

Les trajectoires des particules sont paraboliques, à axe vertical aux nœuds et à axe oblique pour les autres positions (BONNEFILL, 2010).

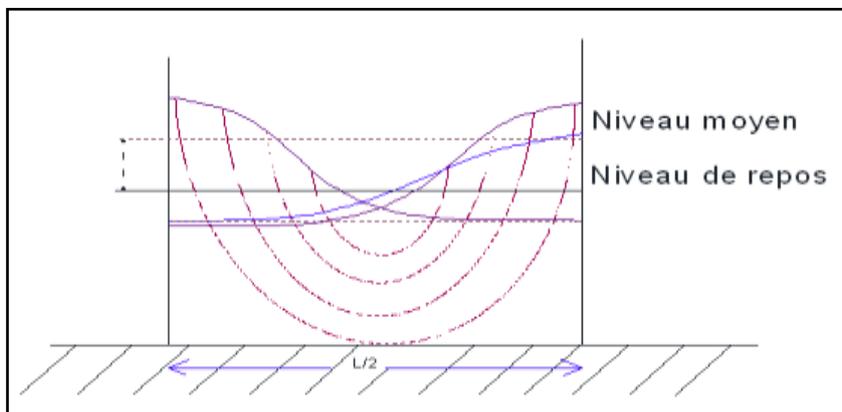


Figure 16 : Réflexion sur un mur vertical (Clapotis du 2^{ème} ordre) (BONNEFILL, 2010)

➤ **Réflexion sur un plan incliné**

Considérons une paroi réfléchissante composée d'un plan incliné d'un angle α avec l'horizontale. Les houles moins cambrées se réfléchissent totalement ou partiellement. Le coefficient de réflexion est le rapport entre le creux réfléchi et le creux incident, qui est en fonction de : De l'angle du talus De la cambrure au large De la nature de la surface du talus Ainsi la cambrure s'écrit :

$$\gamma = (2\alpha/\pi)^{1/2} \sin^2(\alpha/\pi)$$

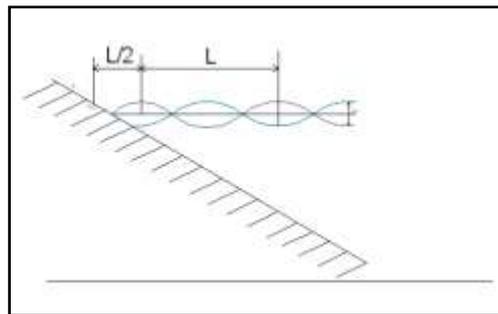


Figure 17 : Réflexion sur un plan incliné (BONNEFILL, 2010)

3.1.4 Le déferlement :

Le déferlement se produit quand les lames d'eau atteignent une certaine cambrure limite, au-delà de laquelle le profil devient instable. Il se produit alors une brisure de la partie haute de la houle (AMEUR, et al., 2009).

Types de déferlement :

Différents types de déferlement sont observés.

D'une part, le déferlement au large causé soit par une barre au niveau de laquelle le fond remonte brusquement, soit en hauts-fonds avec deux vagues se superposant, soit par le vent.

D'autre part, le déferlement se produit lorsque la houle arrive sur la côte. Ce dernier peut être décomposé en trois types :

- Le déferlement glissant ou déversant par pente faible qui ressemble au moutonnement observé en grande profondeur, la vague s'écroule progressivement sur sa face avant
- Le déferlement plongeant par pente forte, la vague forme alors des rouleaux bien connus des surfeurs
- Le déferlement gonflant ou (frontal par pente plus forte) caractéristique des houles longues et des plages très pentues, correspond à une augmentation très importante de la hauteur par shoaling jusqu'à un écroulement brutal formant un front d'onde (BONNEFILL, 2010)

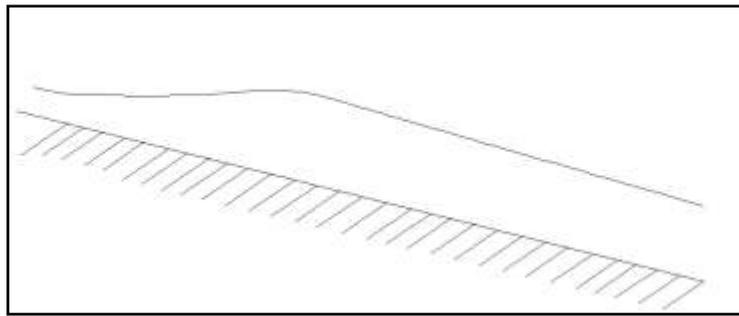


Figure 18 : Le déferlement glissant

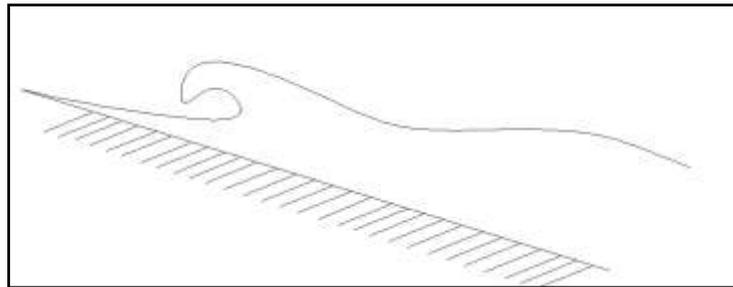


Figure 19 : Le déferlement glissant plongeant par pente forte.

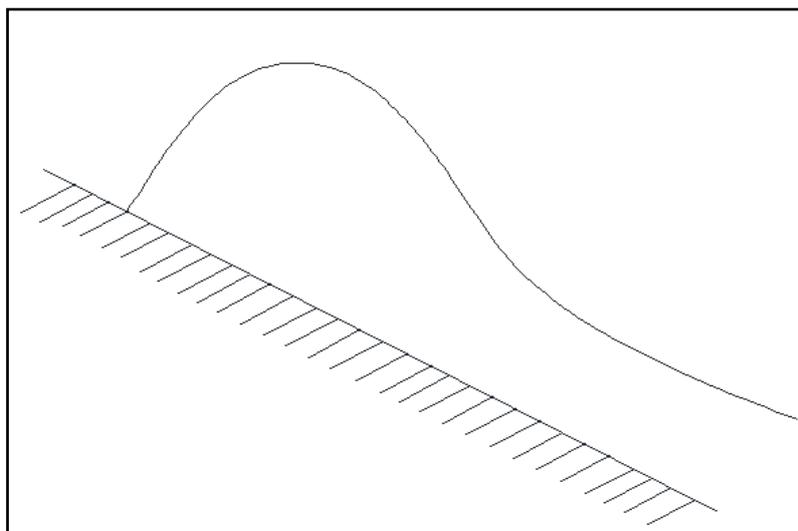


Figure 20 : Le déferlement frontal.

3.2. Données météorologiques :

3.2.1. Le vent:

D'après les observations faites entre 1951 et 1955, il a été constaté que:

- Les vents du secteur Sud-ouest à Ouest sont les plus fréquents et ils sévissent environ 35% du temps avec une probabilité d'existence de tempête.
- Les vents de Nord-est et d'Est dominant pendant la saison chaude.
- Les vents d'Ouest sont très fréquents de novembre à avril.

- La vitesse maximum des vents est de 20m/s (Avant Projet Sommaire, 2004)

3.2.2. Les courants :

Un courant marin est un déplacement de l'eau de mer caractérisé par sa direction, sa vitesse et son débit.

Les courants au large de la cote Algérienne se dirigent de l'Ouest vers l'Est, leur vitesse dépasse rarement 1m/s.

Ces courants ne constituent pas une contrainte pour les ouvrages de protection (Avant Projet Sommaire, 2004).

3.2.3. Données marines :

- a) La marée et variation du niveau marin :

La marée est un mouvement périodique affectant le niveau général des mers et des océans, en réponse à la traction et au mouvement des astres, lequel se manifeste le plus fréquemment par une oscillation d'amplitude variable qui diffère d'une côte à une autre.

Néanmoins sur la cote algérienne les variations du niveau de la mer dues aux marées sont relativement faible et qu'elles dépassent rarement 20cm. Par manque de données au niveau du port de Ghazaouet , on peut par analogie du fait de la proximité de cette dernière à la région de Bouzedjar attribuer les mêmes conditions de marées qui sont:

- +0.65m par rapport au niveau moyen de la mer.
- -0.35m par rapport au niveau moyen de la mer. (Avant Projet Sommaire, 2004)

- b) La houle au large:

La détermination des conditions de houles au large a été faite sur la base de l'analyse de deux sources d'informations :

- Données de l'US Naval Weather Service Command (SSMO)
- Données de l'institut Hollandais de Météorologie(KNMI) (Avant Projet Sommaire, 2004)

Tableau 8 : Fréquence mensuelles de la houle au large par direction

MOIS	NORD	NORD – EST	EST	OUEST	NORD - OUEST
Janvier	11.50	7.20	16.40	30.80	14.00
Février	8.40	6.00	12.40	39.60	14.50
Mars	8.50	5.50	12.90	35.50	20.40

Avril	6.40	8.80	15.20	39.40	18.60
Mai	8.60	15.90	17.30	31.70	13.10
Juin	10.10	15.30	19.50	30.10	14.60
Juillet	12.30	19.80	22.50	20.10	17.10
Août	12.40	19.90	24.90	18.50	16.90
Septembre	12.00	14.20	29.20	17.70	15.80
Octobre	8.20	11.00	19.00	30.40	11.10
Novembre	4.20	3.60	7.90	40.10	19.60
Décembre	6.70	4.50	6.00	38.60	19.20

Le tableau précédent présente les fréquences d'apparitions de la houle au large par direction et par mois, on remarque que :

- Les houles provenant des secteurs Ouest et Est, sont les plus fréquentes.
- Les houles de tempête proviennent essentiellement du secteur Ouest.

Pour les secteurs Nord et Nord – Est, les fréquences d'apparition sont les plus faibles.

Cette analyse est confirmée par les résultats synthétiques présentés dans le tableau suivant, qui résume les fréquences d'apparitions de la houle par direction et par an.

Tableau 9 : Fréquence d'apparition de la houle par direction et par an

DIRECTION	NORD	NORD – EST	EST	OUEST	NORD - OUEST
Fréquence d'apparition par an (%).	9.1	10.9	16.8	31.2	16.3

Tableau 10 : Caractéristique de la houle au large

DEGRE	AMPLITUDE (METRE)	ETAT DE LA MER
Calme	< 0.25	Ridée ou belle
Degré 0	0.25-0.75	Ridée ou belle
Degré 1	0.75-1.75	Modéré
Degré 2	1.75-2.75	Agitée
Degré 3	2.75-3.75	Forte
Degré 4	>3.75	Très forte ou supérieure

c) La réfraction de la houle :

L'objet de la réfraction est d'exploiter les caractéristique de la houle au large afin de connaitre son amplitude et sa direction au cours de sa propagation, depuis le large jusqu'aux abords du futur port.

L'étude de la réfraction a été faite par le logiciel REFRACT.

Ce logiciel est un model linéaire de la réfraction de la houle, il permet de déterminer les caractéristiques de la houle l'amplitude (H) et la direction(θ).

Lorsque la houle se propage dans un milieu à profondeur variable, sa célérité n'est plus la même tout le long du front d'onde. Les crêtes se déforment en plan : la houle réfracte. L'étude de la réfraction de la houle permet de déterminer les caractéristiques de la houle (direction et hauteur) au cours de sa propagation, depuis le large jusqu'à l'approche du rivage et plus particulièrement au droit de l'aménagement projeté.

choix de directions et période de la houle (Avant Projet Sommaire, 2004).

Les directions de la houle prises en compte dans notre étude, sont comprises entre N300° et N40°.

Tableau 11 : Direction et périodes de la houle au large

Direction	Période
Nord 40° (Nord-est)	T=6.8 et 10S
Nord 20° (Nord-Nord-est)	
Nord 00° (Nord)	
Nord 340° (Nord-Nord-Ouest)	
Nord 320° (Nord-Ouest)	
Nord 300° (Ouest)	

3.3. Pré dimensionnement des ouvrages de protection :

Les ouvrages de protections envisagées pour le port de Sidna Youchâa doivent satisfaire plusieurs critères qui sont :

- La durabilité
- L'efficacité de la protection contre la houle
- Le coût de la construction
- Le coût d'entretien

3.3.1. Choix de la structure :

Les ouvrages de protection du port ont la structure d'une digue à talus, vu qu'on est dans une zone de faible profondeur, sa réparation est possible et facile, ses fondations sont économiques. Les digues a talus sont constituées :

- D'une carapace en blocs de poids élevé naturels ou artificiels ;
- D'une infrastructure formée d'un noyau en tout venant (0-500kg);
- Des sous couches ayant pour rôle la protection du noyau au cours de la construction de la digue et agissant entant que filtre empêchant le départ de matériaux constituant le noyau, le tout sert de fondation pour la carapace;

➤ D'une superstructure constituée par un couronnement en béton armé en forme de "L".

Les différentes couches sont montées simultanément pour permettre une protection rapide des éléments légers.

3.4. Jetée principale:

3.4.1. Profil courant:

1-Le poids des blocs de carapace "W":

Formule d'Hudson:

$$W = \frac{\gamma_s H_s^3}{K_D * \left(\frac{\gamma_s}{\gamma_w} - 1\right)^3 \cot \alpha}$$

Avec :

W: poids des blocs de la carapace (t).

γ_s : Poids spécifique des blocs ou enrochements (t/m^3).

γ_w : Poids spécifique de l'eau de mer (t/m^3).

α : L'angle formant le parement de la digue avec l'horizon (degrés).

K_D : Coefficient de stabilité des blocs.

H_s : Hauteur significative de la houle de projet.

Dans notre cas:

$$H_s = 8$$

$$\cot \alpha = 3/2$$

$$\gamma_s = 2.4 (t/m^3)$$

$$\gamma_w = 1.026 (t/m^3)$$

$$K_D = 8$$

D'après la loi d'HUDSON:

$$W = \frac{2.4 * 8^3}{8 * \left(\frac{2.4}{1.026} - 1\right)^3 * 3/2} = 42.67T$$

Le poids des blocs a retenir est :

$$W = 44T$$

Nous retenons un poids de 44 T équivalent à un volume de $18.33 m^3$

L'épaisseur de la carapace est déterminée par la relation :

$$e = n * K_{\Delta} * \left(\frac{w}{\gamma_r}\right)^{\frac{1}{3}}$$

Avec :

n: étant le nombre de couches

w: poids du blocs de la carapace

γ_r : Densité du bloc

K_{Δ} : coefficient de couche égale à 1.02 pour les BCR

1^{ère} Sous-couche :

$$e = 2 * 1.02 * \left(\frac{44}{2.4}\right)^{\frac{1}{3}} = 5.38m$$

Le poids du bloc moyen de la sous couche est $w_1 = \frac{w}{10}$ ce qui nous donne une sous couche de catégorie d'enrochements (3-6t)

$$w_1 = \frac{44}{10} = 4.4T$$

L'épaisseur de la 1^{ère} couche est déterminée par la relation suivante:

$$e = 2 * 1.15 * \left(\frac{4.5}{2.6}\right)^{\frac{1}{3}} = 2.8m$$

2^{ème} Sous-couche :

La deuxième sous couche est de catégorie d'enrochements (1-3t)

L'épaisseur de la 2^{ème} sous-couche est:

$$e = 2 * 1.15 * \left(\frac{2}{2.6}\right)^{\frac{1}{3}} = 2.1m$$

- Noyau: le noyau de la jetée est du TVC (0-500kg)
- Calcul de butée de pied:

Etant donnée que la hauteur de la risberme du tapis anti affouillement à la surface du niveau d'eau est de $d > 1.3H \Rightarrow d=15 > 10.75$ une butée de pied est nécessaire et le poids unitaire des blocs de cette derrière est du même poids moyen que la sous couche située directement au contact de la carapace soit la 1^{ère} sous-couche.

D'ou: La butée de pied sera de catégorie d'enrochement (3-6t)

3.4.2. Profil au musoir:

Le poids des blocs est augmenté de 25%

Le poids des blocs à retenir est $w' = w * (1 + 25\%)$

$$w' = 44 * 1.25 = 55T$$

Soit BCR : 55T

Calcul des épaisseurs :

Carapace:

$$e = 2 * 1.02 * \left(\frac{55}{2.4}\right)^{\frac{1}{3}} = 5.8m$$

1^{ère} Sous-couche :

$$w_{BCR} = 55T, (w_{BCR}/10) = 5.5T, \text{ soit un filtre de (3-6t)}$$

$$B = 3 \text{ soit } 2.8m$$

2^{ème} Sous-couche

La deuxième sous couche est de catégorie d'engrochement (1-3t)

L'épaisseur de la 2^{ème} sous-couche est :

$$e = 2 * 1.02 * \left(\frac{2}{2.6}\right)^{\frac{1}{3}} = 2.1m$$

- Noyau: le noyau de la jetée est du TVC (0-500kg)
- La butée de pied sera de catégorie d'engrochements (3-6t)

3.5. Jetée secondaire:

Le poids des blocs de carapace "W"

Formule d'Hudson:

$$W = \frac{\gamma_s H_s^3}{K_D * \left(\frac{\gamma_s}{\gamma_w} - 1\right)^3 \cot \alpha}$$

Avec :

W: poids des blocs de la carapace (t).

γ_s : Poids spécifique des blocs ou engrochements (t/m^3).

γ_w : Poids spécifique de l'eau de mer (t/m^3).

α : L'angle formant le parement de la digue avec l'horizon (degrés).

K_D : Coefficient de stabilité des blocs.

H_s : Hauteur significative de la houle de projet.

$$H_s=6.03$$

$$\text{Cotg}\alpha=3/2$$

$$\gamma_s=2.4(\text{t}/\text{m}^3)$$

$$\gamma_w=1.026(\text{t}/\text{m}^3)$$

$$K_D=8$$

D'après la loi d'HUDSON:

$$W = \frac{2.4 * 6.03^3}{8 * \left(\frac{2.4}{1.026} - 1\right)^3 * 3/2} = 18.25T$$

Soit $W=20T$

On adoptera des enrochements naturels de catégorie (3-6T)

Calcul des épaisseurs:

1^{ère} Sous-couche

$$B=n*K\Delta*\sqrt[3]{w/\gamma_s} = 2.8m$$

2^{ème} Sous-couche

La deuxième sous-couche est de catégorie d'enrochements (1-3t)

L'épaisseur de la 2^{ème} sous-couche est:

$$e = 2 * 1.15 * \left(\frac{2}{2.6}\right)^{\frac{1}{3}} = 2.1m$$

- Noyau: le noyau de la jetée est du TVC (0-500kg)
- La butée de pied sera de catégorie d'enrochements (3-6t)

3.6. Etude des Variantes

3.6.1. Principes d'établissement des variantes d'aménagement

Toutes les variantes présentées dans ce rapport répondent aux besoins exprimés en postes à quai et surfaces de terre-pleins, soit l'ensemble des infrastructures nécessaires pour la réception des produits de pêche, l'accostage, l'amarrage et la réparation des unités de pêche. Pour le tracé du plan de masse, les critères de conception suivants sont pris en compte :

A. Pour la configuration générale

L'établissement des variantes d'aménagement a été fait de sorte à répondre respectivement aux besoins de la pêche de Sidna Youchâa.

B. Pour la configuration intérieure

- Implantation des ouvrages d'accostage de manière à assurer une bonne accessibilité à partir des terre-pleins.
- Une meilleure régularité et une bonne répartition des surfaces derrière les quais.
- Une plus grande et bonne disponibilité du plan d'eau pour les zones d'évitage.
- Un minimum de dragage et déroctage.
- Implantation de la cale de halage et l'estacade pour rouler dans des endroits abrités où les surfaces de terre-pleins qui s'y rattachent sont les plus disponibles.

3.6.2. Choix du site :

Il a été décidé de faire procéder par le LEM la réalisation de deux APS, celui de "Oued Abdellah" et de "Sinda Youchâa". Sur la base d'une analyse comparative des critères technico-économique et après une étude de faisabilité sur les deux sites en question, pour choisir le site le plus approprié. Après une étude plus approfondie le LEM a recommandé le site de Sidna Youchâa pour l'aménagement du port de pêche. (LEM, 2004)

3.6.3. Variantes d'aménagement

Sur la base des plans des résultats des reconnaissances générales topographiques, bathymétriques et sondages à la lance et des estimations des besoins, deux (02) variantes d'aménagement ont été élaborées pour le port de pêche de Sidna Youchâa :

A. Variante N°1:

La variante d'aménagement n1 comprend:

- Une jetée principale composée de trois tronçons, un de l'enracinement au premier coude orienté vers le nord ouest de 290 ml de long, un deuxième tronçon entre le premier et le deuxième coude de 85 ml de long, un troisième tronçon de 480 ml orienté vers le Sud-ouest:
 - Une jetée secondaire de 330 ml .
 - Un linéaire de quai de 1879 ml, y compris les appontements,

- Une cale de halage pour la mise à sec des petits métiers ,
- Un terre plein ayant une superficie totale 79 887 m²
- La surface totale du plan d'eau est d'environ 129 550 m²
- Le nombre totale d'embarcation pouvant y accoster est de:
- 10thoniers de 7.00 m de largeur
- 70 sardiniers de 4.5 m de largeur
- 65 chalutiers de 6 m de largeur
- 150 petits métiers de 3 m de largeur

La passe d'entrée est orientée vers le Sud Ouest. (Avant Projet Sommaire, 2004)

B. Variante N°2:

La variante d'aménagement N°2 comprend:

- Une jetée principale composée de trois tronçons, un de l'enracinement au premier coude orienté ver le nord ouest de 190 ml de long, un deuxième tronçon entre le premier et le deuxième coude de 279 ml de long, un troisième tronçon de 475 ml orienté vers le Sud-ouest:
 - Une jetée secondaire de 304 ml .
 - Un linéaire de quai de 1985 ml, y compris les appontements,
 - Une cale de halage pour la mise à sec des petits métiers ,
 - un terre plein ayant une superficie totale 112 520 m²

La surface totale du plan d'eau est d'environ 121 518 m²

Le nombre totale d'embarcation pouvant y accoster est de:

- 10thoniers de 7.00 m de largeur
- 70 sardiniers de 4.5 m de largeur
- 65 chalutiers de 6 m de largeur
- 150 petits métiers de 3 m de largeur

La passe d'entrée est orientée vers le Sud Ouest. (Avant projet sommaire, 2004)

Détails estimatif et quantitatif sommaire de la variante N°1 :

Tableau 12 : Détails estimatif et quantitatif sommaire de la variante 1

Désignation	Unit é	Quantité	Prix unitaire	Montant
TVC (0-500) Kg	T	1 151 079.32	1 450.00	1 669 065 011.38
Enrochement (0.5-1.5) t	T	78 828.73	1 500.00	118 243 098.63
Enrochement (1-3) t pour sous-couche	T	19 257.25	1 550.00	29 848 730.60
Enrochement (1-3) t pour protection intérieur	T	18 881.97	1 550.00	29 267 057.79
Enrochement (3-6) t pour sous-couche	T	80 391.6718	1 600.00	128 626 666.21
Enrochement (3-6) t pour butée	T	22 236.47	1 650.00	36 690 180.35
BCR 19 t	m ³	20 254.45	15 000.00	303 816 677.64
Couronnement (jetée secondaire)	m ³	5 426.11	14 500.00	78 678 522.50
Couronnement (jetée principale)	m ³	20 927.46	14 500.00	303 448 239.60
BCR 44 t	m ³	78 066.16	15 000.00	1 170 992 370.91
Béton pour appontements (S,C)	m ³	8 260.00	15 000.00	123 900 000.00
Béton pour appontements (PM)	m ³	1 380.00	15 000.00	20 700 000.00
Acier H,A pour couronnement. de jetée	T	500.00	65 000.00	32 500 000.00
Béton pour bloc de quai	m ³	16 353.00	15 000.00	245 295 000.00
Dragage déroctage	m ³	23 400.00	3 000.00	70 200 000.00
Dragage	m ³	984.00	1 000.00	984 000.00
Revêtement pour terre-plein	m ²	79 887.00	1 000.00	79 886 566.60

Acier H,A pour couronnement. de quai et appontements	t	615.00	65 000.00	39 975 000.00
--	---	--------	-----------	---------------

Détails estimatif et quantitatif sommaire de la variante N°2 :

Tableau 13 : Détails estimatif et quantitatif sommaire de la variante 2

Désignation	Unit é	Quantité	Prix unitaire	Montant
TVC (0-500) Kg	T	1 317 398.01	1 450.00	1 910 227 112.01
Enrochement (0.5-1.5) t	T	89 054.97	1 500.00	133 582 454.72
Enrochement (1-3) t pour sous-couche	T	17 525.22	1 550.00	27 164 089.89
Enrochement (1-3) t pour protection intérieur	T	18 331.10	1 550.00	28 413 211.25
Enrochement (3-6) t pour sous-couche	T	82 142.95	1 600.00	131 428 714.01
Enrochement (3-6) t pour butée	T	15 895.21	1 650.00	26 227 094.17
BCR 19 t	m ³	18 640.49	15 000.00	279 607 424.88
Couronnement (jetée secondaire)	m ³	4 974.33	14 500.00	72 127 786.45
Couronnement (jetée principale)	m ³	22 995.31	14 500.00	333 431 981.95
BCR 44 t	m ³	82 758.58	15 000.00	1 241 378 627.58

Béton pour appontements (S,C)	m ³	8 260.00	15 000.00	123 900 000.00
Béton pour appontements (PM)	m ³	1 380.00	15 000.00	20 700 000.00
Acier H,A pour couronnement. de jetée	T	531.50	65 000.00	34 547 500.00
Béton pour bloc de quai	m ³	16 077.00	15 000.00	241 155 000.00
Béton pour couronnement de quai	m ³	996.64	14 500.00	14 451 284.35
Revêtement pour terre-plein	m ²	102 000	1 000.00	102 000 000.00
Acier H,A pour couronnement. de quai et appontements	t	640.00	65 000.00	41 600 000.00

Tableau 14 : Comparaison entre les deux variantes étudiée.

Désignation	Variante N°1 (ml)	Variante N°2 (ml)
jetée principale	855 ml	944 ml
jetée secondaire	330 ml	304 ml
Nombre d'embarcation	299 ml	299 ml
Linéaire d'ouvrage d'accostage y compris les appontements	1879 ml	1985 ml
Surface terre-plein	79 887 m ²	116 000 m ²
Surface plan d'eau	129 550 m ²	121 518 m ²
Coûts de construction	4 482 117 122.22 DA	4 761 942 281.26 DA

Conclusion:

Malgré le coût de construction qui donne un léger avantage à la variante N°1, la variante N°2 se distingue favorablement à la variante N°1 pour son linéaire de quai et la surface des terres plein qui sont beaucoup plus importants.

La variante N°2 a été retenue.

Chapitre 4:

Etude sur modèle réduit

4. Etude sur modèle réduit

4.1. Introduction :

Les ouvrages et aménagements maritimes sont généralement très coûteux car ce sont des infrastructures complexes, il est donc nécessaire, avant de les réaliser, de bien prévoir leur fonctionnement et leur destination, car la moindre erreur peut avoir de terribles conséquences sur les travaux réalisés ou en cours de réalisation.

Ce qui a incité les spécialistes à chercher d'autres méthodes que les formules théoriques ou empiriques de l'hydraulique classique, des méthodes plus perfectionnées et plus fiables. D'où le recours à la simulation physique sur modèle réduit qui date depuis fort longtemps, mais ce n'est qu'au début de ce siècle que cette activité a connu son essor et s'est étendue à tous les domaines de technologie (hydraulique, aviation, automobile).

4.2. Définition du modèle réduit :

L'étude de la configuration d'un port doit souvent faire appel à des études sur un modèle réduit.

Les modèles physique sont de véritable modèle réduit hydraulique du port à construire sur lesquels on simule divers phénomènes physique (CHAPON, 1971):

4.2.1. Modèle d'agitation:

Sur ces modèles on cherche à déterminer l'agitation résiduelle en fonction de la houle et des dispositions de l'ouvrage (CHAPON, 1971).

4.2.2. Modèle à courant:

Lorsque un port ou un ouvrage doit être implanté dans une zone où les courants sont importants c'est à dire que la vitesse supérieure à 0,5m/s on étudie sur modèle la perturbation à apporter par les ouvrages sur les courants existants et les représentations des courants permet d'étudier la forme ou les dispositions à donner aux ouvrages pour maintenir les conditions de courant; permettant d'effectuer des manœuvres des navires en toute sécurité (CHAPON, 1971) .

4.2.3. Modèle à forme mobile:

Lorsqu'il y'a un phénomène de transport littoral on utilise des modèles sur lesquels des matériaux de caractéristique représentent les sédiments susceptibles d'être transporté, ces

modèles sont particulièrement délicats à utiliser car il n'est pas possible d'obtenir une similitude rigoureuse dans le plan sédimentologie de point de vue entretien dit accès de port en général à toutes les actions hydrauliques.

Ces modèles peuvent aider à comprendre les phénomènes existant dans la nature lorsque les données naturelles sont bien représentées, le modèle permet d'estimer les transports et dépôt (CHAPON, 1971).

Avantages des modèles réduits physiques :

- ✓ Les formules théoriques en hydraulique sont insuffisantes pour le dimensionnement de certains ouvrages en raison des hypothèses approximatives sur lesquelles elles reposent et les simplifications préalables à leur établissement, (Hudson par exemple ne tient pas compte de la direction ni de la période de la houle) ;
- ✓ Economie du temps et d'argent (optimisation) ;
- ✓ Réalisation de plusieurs essais en faisant varier plusieurs paramètres (ce qui est irréalisable sur le prototype) ;
- ✓ Eviter des erreurs catastrophiques menaçantes :
 - ❖ L'environnement, à travers le modèle sédiment (pollution, érosion des cotes... etc.)
 - ❖ La sécurité des personnes et des biens, par exemple par la détermination d'un degré de franchissement.
 - ❖ L'économie d'un pays (fermeture d'un port : par exemple agitation et taux d'indisponibilité). (CHAPON, 1971).

4.3. Conception du modèle réduit physique :

La conception du modèle réduit de la variante choisie (variante N°2) du futur port de pêche Sidna Youchâa, a été élaborée dans le but de réaliser des essais d'agitation et de stabilité. La conception du modèle réduit physique nécessite d'avoir certaines données, ces données sont (étude sur modèle réduit, 2005) :

4.3.1. Données générales :

- Bathymétrie des fonds naturels.
- Topographie de la bande côtière.
- Profondeur des bassins.

- Caractéristiques précises des terre-pleins et des structures de protection projetées (étude sur modèle réduit, 2005).

4.3.2. Climat de houle :

Ceci implique une analyse statistique des états de la mer au niveau de la zone de Sidna Youchâa, elle consistera en la détermination de la distribution spectrale des hauteurs de vagues, et périodes suivant différentes directions (étude sur modèle réduit, 2005).

4.3.3. Choix de l'échelle :

L'échelle doit le plus possible nous rapprocher de la réalité, elle est déterminée de telle façon que toutes les conditions importantes des états de la mer ayant un impact sur l'aménagement soient respectées et mesurées d'une manière acceptable.

Pour les bassins à houle les échelles sont en générale comprise entre 1/60 à 1/150.

Cette étude a nécessité l'exécution de simulation à l'échelle 1/75 en appliquant la loi de similitude de FROUDE (étude sur modèle réduit, 2005).

Loi de similitude :

Les modèles réduits hydrauliques doivent satisfaire à une similitude:

- Similitude géométrique.
- similitude symétrique.
- Similitude dynamique.

En effet le but de tels modèles est de reproduire des mouvements de l'eau et son action sur des obstacles.

Le choix de la similitude assiste à convenir d'une ou plusieurs relations entre l'échelle de réduction géométrique et les échelles de représentations des autres grandeurs, Pour ce type d'essai, la nature des principaux phénomènes mis en jeu suggère de privilégier la représentation des forces déterminantes que sont les forces liées aux accélérations (Gravité et inertie) (étude sur modèle réduit, 2005) (GHOMRI, et al., 2006).

Pour cela il est nécessaire que la similitude adopté laisse invariant le nombre de FROUDE.

$$F = \frac{V}{\sqrt{gD}}$$

Avec :

V: Vitesse caractéristiques (vitesse orbitale, Célérité,etc)

g: Accélération de la pesanteur.

D: Dimension caractéristique (dimension d'un bloc, hauteur d'eau).

En opérant dans le même champ de pesanteur que celui du prototype et en adoptant une représentation invariante des accélérations, le respect de ce critère détermine les échelles des vitesses, donc des temps d'une part, et des volumes, donc des masses et des poids d'autre part:

- Vitesse, temps : $\sqrt{\lambda}$
- Volume, masse, poids : λ^3

La seule similitude prise en compte est la similitude de FROUDE.

4.3.4. Positionnement de l'aménagement :

On rapporte les dimensions du bassin à l'échelle 1/75, on trace un rectangle de dimension X, Y sur un papier calque, après on procède au positionnement de notre plan de masse sur ce calque, de telle façon à ce que le batteur générant la houle peut toucher tout l'ouvrage pour chaque direction (étude sur modèle réduit, 2005).

4.3.5. Construction du modèle :

Après avoir fixé les limites physiques et l'échelle du modèle, les plans de construction sont alors dressés.

Le modèle du port de pêche Sidna Youchâa est construit manuellement dans le laboratoire du LEM à Hydra, dans un bassin ayant pour dimensions (26x19x1m)(longueur, largeur, profondeur)dont l'échelle adopté est de 1/75^{ème}, c'est un modèle sans distorsion et à fond fixe c'est-à-dire qu'on ne cherche pas à reproduire le phénomène de transport des sédiments.

Les matériaux utilisés pour la construction du modèle sont essentiellement : le sable, le gravier, et le mortier de ciment .Les fonds du modèle ont été reconstruits en sable recouvert d'une couche de mortier de ciment tout en respectant la bathymétrie naturelle grâce à l'implantation des isobathes dessinées préalablement sur le plancher du bassin et mises à

niveau à l'aide d'un appareil topographique afin d'intégrer les phénomènes de réfraction et de déferlement dans le modèle.

La construction du modèle s'est faite suivant les phases suivantes :

- Carroyage du bassin pour le repérage tous les 1 mètres.
- Dessin sur la dalle du bassin, des contours du site et des isobathes à l'échelle 1/75.
- Calage et matérialisation des niveaux des contours du site et isobathes grâce à un niveau topographique et à des fers plats façonnés suivant le dessin reporté sur la dalle.
- Remplissage du fond avec du sable.
- Lissage de finition avec une chape en mortier de ciment de 5 cm d'épaisseur arasé au niveau des fers plats représentant les isobathes.

Pour minimiser la création des houles parasites due à la réflexion, les limites du bassin à houle sont couvertes d'un filtre absorbant en brique.

La maquette de la jetée est construite dans le bassin vide par simple mise en place manuelle des différents éléments suivant le tracé des ouvrages qui ont été préalablement reproduits comme suit :

- Le tracé du port sur le fond
- Positionnement de la limite des profils perpendiculairement à l'axe de l'ouvrage.

- Le tracé des axes des ouvrages de protection.
- Le tracé des ouvrages d'accostage.
- Le tracé des limites des zones à draguer.
- La pose des gabarits en bois découpés suivant les profils proposés et positionnés sur l'axe de l'ouvrage.
- La pose manuelle des différentes couches de matériaux (étude sur modèle réduit, 2005).

4.3.6 Matériaux de construction :

Les matériaux constituant les différentes parties des ouvrages, sont sélectionnés en fonction de leur poids et leur taille.

Chaque catégorie d'enrochements fait l'objet d'un tri soigné, en ce qui concerne le tout-venant (0-500) KG, il est soumis à un lavage préliminaire afin d'éliminer les éléments fins susceptibles de déformer la représentation de la perméabilité de l'ouvrage.

Les matériaux de construction utilisés dans cette étude sont résumés dans le tableau ci-après (étude sur modèle réduit, 2005).

Tableau 15 : Caractéristiques des matériaux de construction.

DESIGNATION	CARACTERISTIQUE EN NATURE		CARACTERISTIQUE EN MODELE	
	Poids(T)	Densité (t/m ³)	Poids(g)	Densité(g/cm ³)
Enrochements	0.5-1	2.65	1.03-2.06	2.65
	1-3	2.65	2.06-6.18	2.65
	3-6	2.65	6.18-12.37	2.65
	2-5	2.65		2.65
Blocs cubiques rainurés (BCR)	44	2.4	104.29	2.34
	19		45.00	
	50		118.52	
	30		71.11	
	10		23.70	

4.4. Génération de la houle et technique de mesure:

4.4.1. Génération de la houle :

Les essais sont effectués avec une houle irrégulière au moyen d'un houlographe ou d'un générateur à batteur fonctionnant dans le plan horizontal électriquement contrôlé.

En modèle la houle est reproduite à l'aide d'un volet batteur fonctionnant dans le plan horizontal, dont le déplacement est comparable à un piston.

Le déplacement du volet est assuré par un vérin, lui-même actionné par un groupe de puissance hydraulique à 110bars. Le tout est piloté par un générateur électronique qui est lié à un logiciel informatique dénommé "WVEGEN" représentant un train de houle théorique en nature et converti en train de houle en modèle .Cette fonction est introduite dans le système "SERVO" qui contrôle le mouvement du vérin. L'ensemble volet-vérin est fixé sur un bâti métallique déplaçable .ce qui permet de le positionner suivant la direction de la houle (étude sur modèle réduit, 2005).

4.4.2. Mesure de la houle :

La houle dans le modèle est enregistrée par des capteurs de houle appelés sondes, basés sur le principe de conductance électrique entre deux électrodes.

Les signaux des capteurs de houles sont enregistrés en continu et analysés par une chaîne de mesure informatisée.

A la fin de chaque essai la chaîne de mesure transmet à l'imprimante les répartitions statistiques de tous les signaux enregistrés.

Pour l'interprétation des résultats, les définitions suivantes ont été considérées (étude sur modèle réduit, 2005):

- Hauteur moyenne H : c'est la moyenne des hauteurs des vagues dans un train de houle.
- Période de pointe T_P : c'est la période avec la plus grande densité d'énergie spectrale.
- H_{si} : hauteur significative à la sonde i .

4.5. Conditions d'essai :

4.5.1. Direction de la houle :

En tenant compte des conditions hydrographiques et l'étude faite à ce sujet, les directions de houle retenues pour l'étude hydraulique en modèle réduit physique sont (étude sur modèle réduit, 2005):

- Nord 00°
- Nord-Ouest (N320°)
- Nord-est (N40°)

4.5.2. Niveau d'eau :

Afin d'étudier les conditions de houles les plus défavorables, le LEM a recommandé d'utiliser le niveau ± 0.00 ZH pour les essais d'agitations et qui est d'ailleurs le niveau moyen le plus fréquent, tandis que le niveau $+0.50$ m ZH pour les essais de stabilité (étude sur modèle réduit, 2005).

4.5.3. Conduite des essais :

Chaque essai est exécuté avec une houle augmentant par paliers progressifs, un palier de houle est caractérisé par un couple hauteur significative (H_s) et une période de pointe (T_p).

Pour bien simuler la stabilité de la carapace, l'ouvrage est soumis à des houles dites de tassements avant d'appliquer les houles exceptionnelles. Le but de ce procédé est de réaliser l'imbrication naturelle des blocs de la carapace. La durée d'essai pour chaque palier est de 16 minutes en modèle ce qui correspond à 2 heures en nature (étude sur modèle réduit, 2005).

4.5.4. Calibration (réglage hydraulique du modèle)

Après la construction des fonds et la mise en place des filtres sur les limites du modèle, il fut procédé à la calibration du modèle.

Ce réglage a pour but d'une part de procéder au réglage de l'appareillage, et d'autre part d'ajuster les conditions expérimentales de manière à ce que l'ensemble des paramètres hydrauliques soient reproduits conformément à la nature (étude sur modèle réduit, 2005).

4.5.5. Observations et moyen mis en œuvre:

A. Observations des phénomènes hydrauliques : Lors de chaque essai le mode d'attaque de la houle sur les ouvrages est suivi avec attention.

On note les observations suivantes:

- Franchissement: localisation, nature et importance.
- Déferlement: localisation et type.

Ces observations sont ensuite corrélées avec les résultats des essais pour une analyse complète (étude sur modèle réduit, 2005).

B. Observations des dégâts :

L'observation des dégâts est principalement faite sur les parties suivantes:

- **Carapace** : La stabilité des blocs de carapace est étudiée en observant leurs déplacements et leurs tassements.

- **Butée** : évolution de son profil.
- **Talus intérieur** : Localisation des zones érodées par les franchissements (étude sur modèle réduit, 2005).

Moyens mise en œuvre pour les observations :

Pour interpréter et conserver les résultats de ces observations, trois supports sont prévus :

- **Support écrit** : les observations sont transcrites et commentées au fur et à mesure de Déroulement des essais.
- **Support photographiques** : pour visualiser les dégâts, de nombreuses photos sont prises tout au long des essais.

La confrontation de ces deux modes d'observation permet une analyse objective de l'essai (étude sur modèle réduit, 2005).

4.6. Condition des essais :

4.6.1. Niveau d'eau et direction de la houle :

Comme on la déjà mentionner précédemment, deux niveaux d'eau ont été utilisés:

- Niveau 0.00 m ZH
- Niveau +0.50 m ZH

Les directions de houles prises en compte sont :

- Les directions Nord 00°, Nord-Ouest (N320°), Nord-est (N40°) pour le modèle physique (étude sur modèle réduit, 2005).

4.6.2. Emplacement des sondes :

Les sondes de mesures de houles sont placées d'une façon judicieuse pour donner une meilleure description de l'agitation dans l'aménagement intérieur du port, et suivant la direction de la propagation de la houle.

Pour cela on dispose de 12 sondes qu'on place comme suit :

- Les sondes N°1 et 2 sont placées au large
- Les N°3 et 4 sont placés au pied de l'ouvrage (profil courant de la jetée principale).
- La sonde N°5 est placée sur la passe d'entrée du port (entre le musoir de la jetée principale et le musoir de la jetée secondaire).
- Les sondes N°6, 7, 8, 9, 10, 11 et 12 sont placées à l'intérieur du port (étude sur modèle réduit, 2005).

4.7. Résultats des essais d'agitation :

4.7.1. Description de la variante d'aménagement N°2 :

La variante d'aménagement retenu pour les essais d'agitations est constituée de:

- Une jetée principale composée de trois tronçons, le premier de l'enracinement, au premier coude orienté vers le Nord Ouest de 190 ml de long; le deuxième tronçon entre le premier et le deuxième coude de 279 ml de long et le troisième tronçon long de 475 ml orienté vers l'Ouest
- Une jetée secondaire de 308 ml
- Un linéaire de quai de 1985, y compris les appontements.
- Une cale de halage pour la mise à sec des petits métiers
- Un terre plein ayant une superficie totale 112520 m² (étude sur modèle réduit, 2005).

4.7.2. Résultats des essais de la variante d'aménagement (N°2):

Les résultats des essais d'agitation sur la variante d'aménagement N°2 sont illustrés dans le tableau et graphe ci-après

Tableau 16 : Agitation à l'intérieur du port direction (Nord-ouest)

DIRECTION NORD-OUEST		AGITATION MOYENNE (M) MESUREE PAR LES SONDES						
Tests n°	Hs (m)	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉	S ₁₀	S ₁₁	S ₁₂
1	2.15	0.09	0.13	0.10	0.07	0.13	0.07	0.06
2	3.45	0.12	0.15	0.16	0.08	0.20	0.13	0.13
3	4.56	0.20	0.22	0.25	0.13	0.27	0.22	0.25
4	5.10	0.25	0.28	0.29	0.19	0.33	0.28	0.31
5	5.99	0.26	0.32	0.35	0.22	0.35	0.34	0.35
6	6.60	0.29	0.36	0.36	0.23	0.37	0.38	0.40

Tableau 17 : Agitation à l'intérieur du port direction Nord°.

DIRECTION NORD 00°		AGITATION MOYENNE (M) MESUREE PAR LES SONDES						
Tests n°	Hs (m)	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉	S ₁₀	S ₁₁	S ₁₂
1	3.64	0.07	0.07	0.06	0.04	0.09	0.06	0.04
2	4.32	0.07	0.07	0.07	0.04	0.08	0.06	0.04
3	5.30	0.09	0.12	0.11	0.10	0.15	0.12	0.06
4	6.68	0.14	0.16	0.14	0.12	0.18	0.15	0.09
5	7.29	0.20	0.25	0.25	0.22	0.22	0.22	0.13
6	8.41	0.30	0.30	0.30	0.29	0.29	0.32	0.18

Tableau 18 : Agitation à l'intérieur du port direction (Nord-est)

DIRECTION NORD-EST		AGITATION MOYENNE (M) MESUREE PAR LES SONDES						
Tests n°	Hs (m)	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉	S ₁₀	S ₁₁	S ₁₂
1	3.51	0.07	0.06	0.08	0.05	0.05	0.06	0.06
2	5.48	0.10	0.11	0.09	0.10	0.10	0.10	0.06
3	6.59	0.11	0.14	0.11	0.13	0.13	0.11	0.10
4	7.396	0.14	0.18	0.16	0.17	0.17	0.16	0.12
5	8.49	0.15	0.20	0.16	0.20	0.18	0.19	0.16
6	9.12	0.16	0.22	0.21	0.21	0.20	0.22	0.21

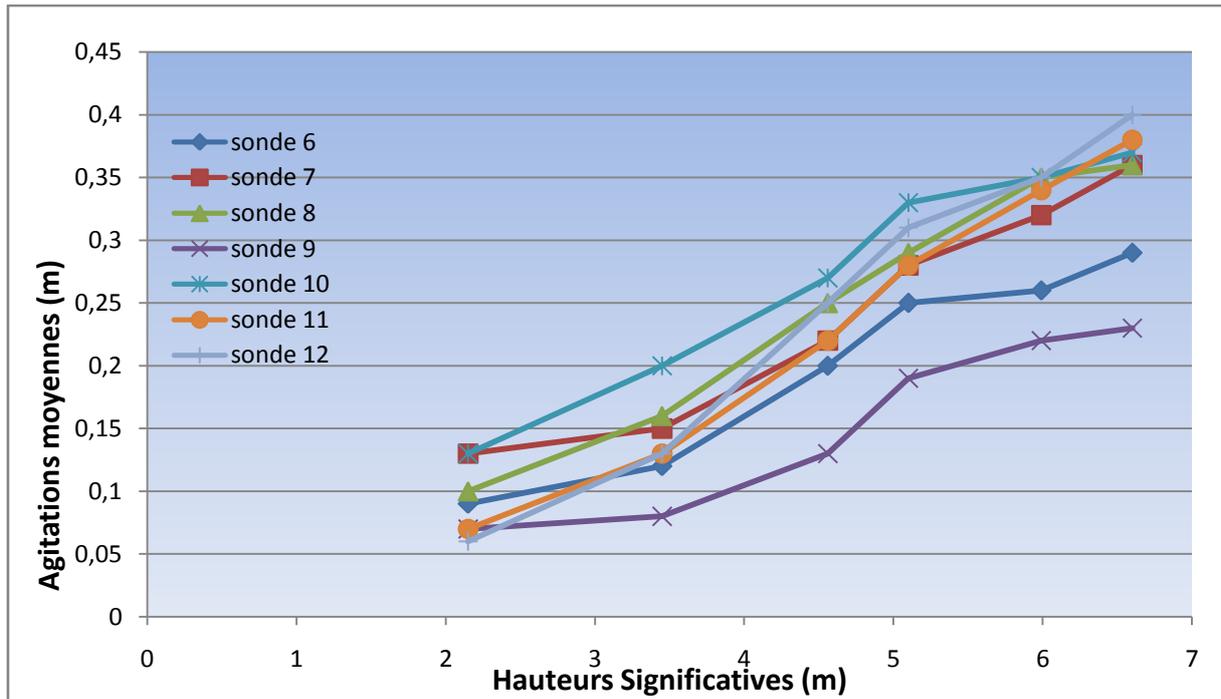


Figure 21 : Agitation a l'intérieur du port-direction (Nord-Ouest)

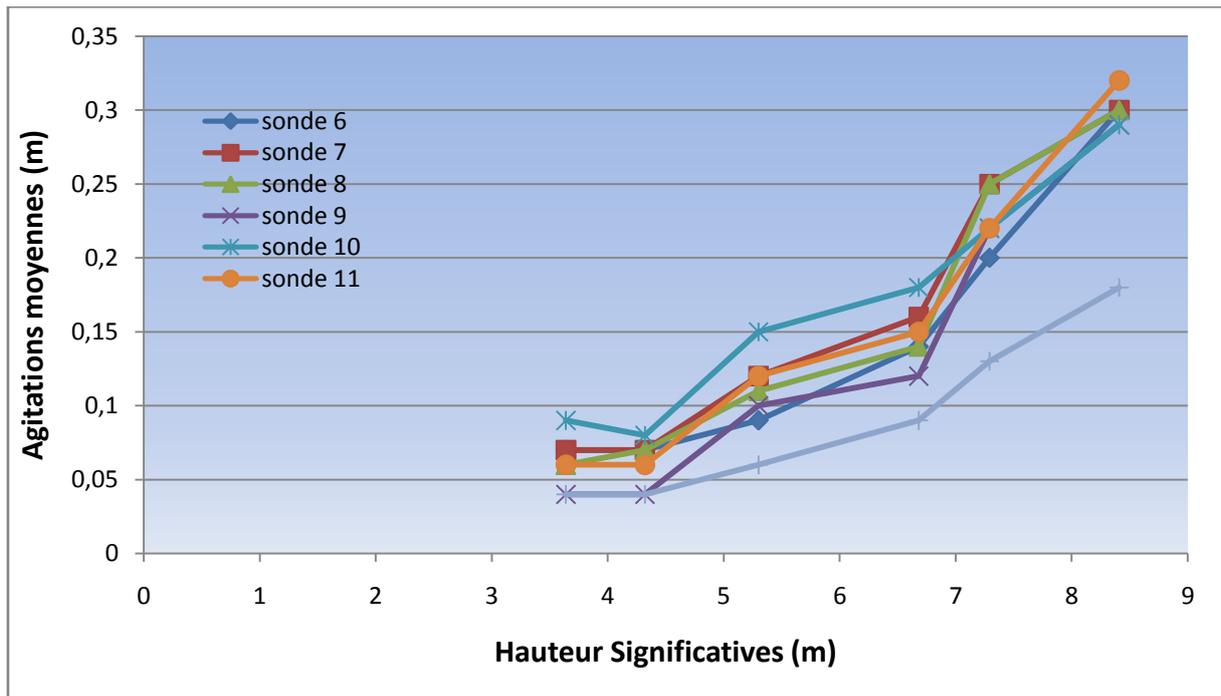


Figure 22 : Agitation à l'intérieur du port direction (Nord00°)

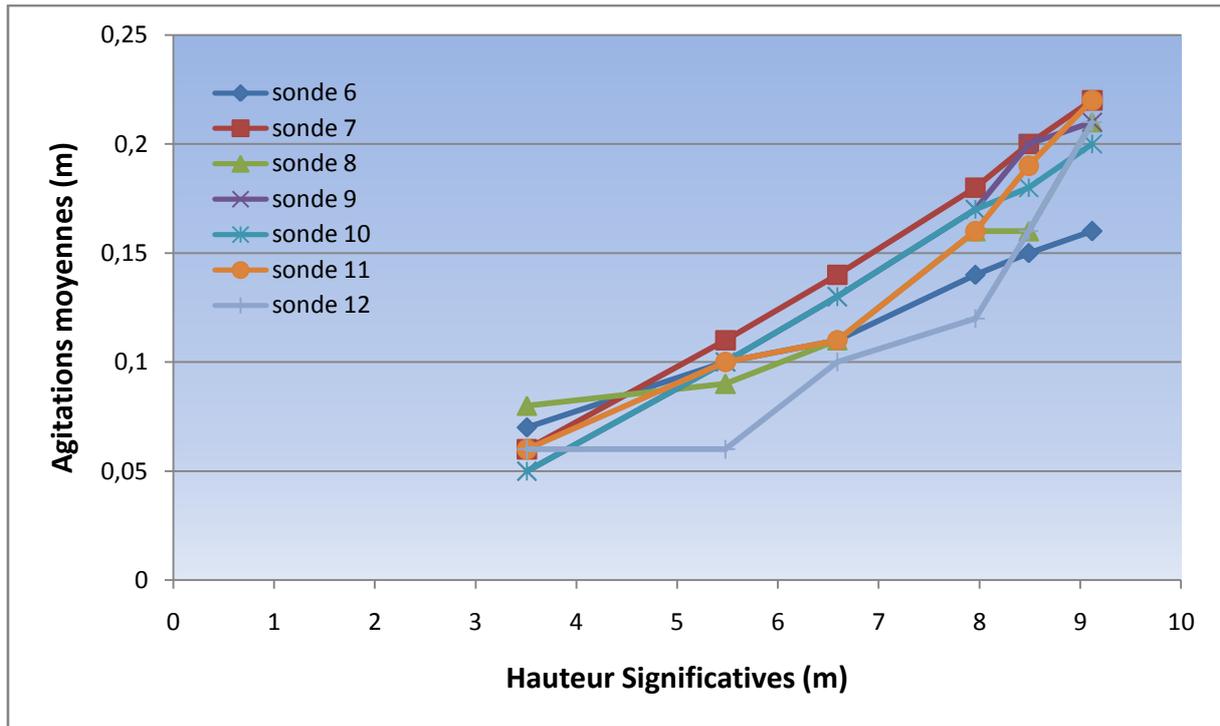


Figure 23 : Agitation à l'intérieur du port direction (Nord-est)

Tableau récapitulatif des essais de la variante d'aménagement (N°2):

Les résultats des essais d'agitations sur la variante d'aménagement sont illustrés dans le tableau et graphe ci-après (étude sur modèle réduit, 2005):

Tableau 19 : Tableau récapitulatif des résultats d'agitation.

DIRECTION	AGITATION (M) MESUREE PAR LES SONDES						
	NORD-OUEST	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉	S ₁₀	S ₁₁
Houles (m)							
H_{2ans} = 3.45	0.12	0.15	0.16	0.08	0.20	0.13	0.13
H_{10ans} = 5.10	0.25	0.28	0.29	0.19	0.33	0.28	0.31
Direction	Agitation (m) mesurée par les sondes						
Nord00°							
Houles (m)	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉	S ₁₀	S ₁₁	S ₁₂
H_{2ans} = 4.32	0.07	0.07	0.07	0.04	0.08	0.06	0.04
H_{10ans} = 6.68	0.014	0.16	0.14	0.12	0.18	0.15	0.09

Direction Nord- Est	Agitation (m) mesurée par les sondes						
	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉	S ₁₀	S ₁₁	S ₁₂
Houles (m)							
H _{2ans} =5.48	0.10	0.11	0.09	0.10	0.10	0.10	0.06
H _{10ans} =7.96	0.14	0.18	0.16	0.17	0.17	0.16	0.12

1. Analyse des résultats d'agitation :

L'analyse des résultats permet de constater que l'agitation moyenne enregistrée à l'intérieur du port par les sondes (S6.....S12) est inférieure à l'agitation résiduelle admissible "0.35 m" pour une houle biannuelle et de "0.7 m" pour une houle décennale.

4.7.3. L'agitation au niveau de la passe d'entrée:

L'agitation au niveau de la passe d'entrée consiste à vérifier la profondeur d'eau nécessaire pour que les plus grandes embarcations (thoniers) puissent emprunter la passe d'entrée.

Tableau 20 : Résultats d'agitation au niveau de la passe d'entré.

	Nord-Ouest		Nord 00°		Nord-est	
	Pour H _{2ans}	Pour H _{10ans}	Pour H _{2ans}	Pour H _{10ans}	Pour H _{2ans}	Pour H _{10ans}
Tirant d'eau	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Assiette	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Vague(H ¹ / ₃)mesuré	1.44	2.4	0.65	1.44	0.51	0.88
Pied de pilote	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Plus basse mer	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
Profondeur d'eau nécessaire	7.29	8.33	6.5	7.29	6.36	6.73

La profondeur nécessaire pour emprunter la passe d'entrée reste toujours inférieure à - 10m correspondant à la profondeur de la passe d'entrée.

4.7.4. Conclusion:

Les résultats des essais de la variante d'aménagement N°2 testée répondent totalement aux critères d'agitation admissible et offrent des conditions hydrauliques satisfaisantes (étude sur modèle réduit, 2005).

4.8. Essai de stabilité :

Il convient pour tout ouvrage maritime d'en assurer sa stabilité .L'ouvrage doit résister à l'action dynamique de la houle ainsi qu'aux tempêtes les plus fortes atteignant le site considéré. La stabilité des ouvrages est optimisée expérimentalement lors de l'étude sur le modèle réduit physique. (étude sur modèle réduit, 2005)

4.8.1. Objet des essais :

L'objet principal des essais de stabilité en modèle réduit physique est de vérifier la résistance de l'ouvrage vis-à-vis l'action dynamique de la houle et d'apprécier la stabilité des points singuliers tels que les musoirs, les coudes et les enracinements afin d'optimiser les ouvrages de protections du point de vue technico-économique.

La stabilité est déterminée sur la base d'un ensemble de critères de dommage acceptable.

Le dommage est défini comme étant un dommage relatif (P) ; exprimé en pourcentage par le rapport entre le nombre de blocs déplacés et le nombre de blocs posés, les dommages admissibles sont fixés comme suit (étude sur modèle réduit, 2005):

- **Partie courante** : Houle cinquantennale de 0 à 5% de dommage.
Houle centennale, de 5 à 8% de dommage.
- **Partie musoir** : Houle cinquantennale de 0 à 2% de dommage.
Houle centennale, de 2 à 5% de dommage.

4.8.2. Description du modèle de stabilité :

Les essais de stabilité ont été effectués sur le même modèle tridimensionnel utilisé pour l'étude d'agitation dont les profils adoptés (variante 1-2) sont ceux proposés par le LEM. Et ils se déroulent en deux phases (étude sur modèle réduit, 2005).

a) Essais progressifs :

L'ouvrage est d'abord soumis à une petite houle appelée « houle de tassement » pour réaliser l'imbrication naturelle des blocs de la carapace, puis on applique des houles exceptionnelles augmentées par paliers progressifs d'une durée de 17 minutes en modèle qui correspond à 2 heures en nature jusqu'à la houle extrême, généralement la houle de période de retour de cent ans. Des observations seront notées pendant le déroulement de chaque test (étude sur modèle réduit, 2005).

b) Essais d'endurance :

Pour tester la stabilité extrême des ouvrages de protection on procède à des essais d'endurance d'une durée de 2 heures en modèle qui correspond à une tempête de 15 heures en nature, l'essai est effectué avec la houle extrême à savoir la houle cinquantennale ou centennale pour se situer dans le cas le plus défavorable et optimiser au maximum les ouvrages.

A la fin des essais, le bassin sera vidé pour permettre une meilleure constatation des dégâts. Ainsi l'étude de stabilité permet de modifier la variante initiale au fur et à mesure de l'analyse des résultats afin d'optimiser une structure de digue qui devrait être stable et économique.

Il est rappelé que l'essai d'endurance est réalisé après les essais progressifs en ne portant aucune modification ou changement dans la constitution des ouvrages (étude sur modèle réduit, 2005).

4.9. Description et résultats des variantes proposées :

4.9.1. La variante initiale : (Fig 2.1;2.2A;2.2B;2.3) [voir annexe]

- *Description* (étude sur modèle réduit, 2005) :

Tableau 21 : Description de la variante initiale.

	Jetée principale	Jetée secondaire
	- Carapace en BCR 44t - 1 ^{ère} sous couche en enrochement (0.5-1) t. -2 ^{ème} sous couche (3-6) t.	- Carapace en BCR 19t -sous couche en enrochement (1-3) t. - Noyau en TVC.

<p><u>Profil musoir :</u></p>	<p>- Noyau en TVC .</p> <p>- butée en enrochements de (3-6) t.</p> <p>-Un couronnement en béton armée en forme de "L" constitué d'un mur de garde arasé à la cote +8.30 m d'épaisseur 1.50 m au sommet du mur et une dalle de roulement de 5.00 m de largeur et deux mètre d'épaisseur arasée a la cote +2.50 m.</p>		<p>- butée de pied (2-5)t</p> <p>- -Un couronnement en béton armée en forme de "U" constitué d'un mur de garde arasé à la cote +6.30 m et une dalle de roulement.</p>	
<p><u>Profil courant :</u></p>	<p>Profil A 363 m</p>	<p>- Carapace en BCR 44t arasée a 8.30 m</p> <p>- 1^{ère} sous couche en enrochement (0.5-1) t.</p> <p>-2^{ème} sous couche (3-6) t.</p> <p>- Noyau en TVC (0-500) kg.</p> <p>-Un couronnement en béton armée en forme de "L" constitué d'un mur de garde arasé à la</p>	<p>Profil D 98 m</p>	<p>- Carapace en BCR 19 t arasée a 7.95 m</p> <p>- sous couche en enrochement (1-3) t.</p> <p>- Noyau en TVC (0-500) kg.</p> <p>- Talus amortissant de (1-3)t au niveau du talus intérieur.</p> <p>-Un couronnement en béton armée en forme de "L" constitué d'un mur</p>

		cote +8.30 m et une dalle de roulement.		de garde arasé à la cote +6.30 m et une dalle de roulement
<u>Profil courant :</u>	Profil B 437 m	Même composition du profil A au niveau du talus extérieur - Talus amortissant de (0.5-1)t au niveau du talus intérieur.	Profil E 89 m	Même composition du profil A au niveau du talus extérieur . - Talus amortissant en enrochement (0.5-1)t au niveau du talus intérieur.
	Profil B1 119 m	- Carapace en BCR 44t arasée a 8.30 m - 1 ^{ère} sous couche en enrochement (0.5-1)t.	Profil F 114 m	Même composition du profil E

		<p>-2^{ème} sous couche (3-6) t.</p> <p>- Noyau en TVC (0-500) kg.</p> <p>-Un couronnement en béton armée en forme de "L" constitué d'un mur de garde arasé à la cote +8.30 m et une dalle de roulement.</p>		
	<p>Profil C 143 m</p>	<p>Même composition du profil B1</p>		

- Résultats des essais :

Les essais sur le profil de la variante initiale N°1 n'ont pas été concluants, les franchissements importants ont causé des dégâts au niveau du talus extérieur et intérieur ce qui a provoqué l'instabilité de ces derniers (étude sur modèle réduit, 2005).

4.9.2. Variante N°2 : (Fig 2.4)[voir annexe]

- Description :

Cette variante est conçue tout en améliorant la variante précédente. elle diffère :

- L'élargissement de la dalle de roulement à 2m au niveau du profil C (près du musoir) de la jetée principale.
- L'adoption d'une contre butée de (3-6) t au niveau du profil B sur une largeur de 6 m jusqu'au premier coude suivant une pente de 3/1 (Avant Projet Sommaire, 2004)
- Résultats des essais :

Le profil de la variante N°2 a été soumis à trois (3) directions différentes afin de vérifier la stabilité de l'ouvrage.

Après l'analyse des résultats de la variante N°2 pour les trois directions (Nord-Ouest, Nord 00° et Nord-est), il a été conclu ce qui suit :

- Jetée principale : -Profil B instable au pied de la carapace et au niveau du coude.
 - Profil A instable au niveau du coude et à l'enracinement.
 - Profil musoir est instable.
- Jetée secondaire: Le profil n'offre pas une bonne stabilité au niveau de toute cette composante. (étude sur modèle réduit, 2005)

4.9.3. Variante N°3 : (Fig 2.5,2.6A;2.6B;2.7) [voir annexe]

- Description :

Le profil de la variante 3 diffère de la variante N°2 par :

- L'optimisation des BCR de la partie courante de la jetée principale à 30 t
- L'optimisation des BCR de la partie courante de la jetée principale à 10 t
- La modification de la pente du musoir de la jetée principale à 2/1.
- Le prolongement de la contre butée de (3-6)t jusqu'au coude du profil A2.

- Résultats des essais :

Le profil de la variante N°3 a été soumis à trois (3) directions différentes afin de vérifier la stabilité de l'ouvrage .

Après l'analyse des résultats de la variante N°3 pour les trois directions (Nord-Ouest, Nord 00° et Nord-est), il a été conclu ce qui suit :

- Jetée principale: Profil A instable au niveau de l'enracinement.
Profil musoir de la jetée principal est instable .
- Jetée secondaire : Le profil n'offre pas une bonne stabilité au niveau de toute cette composante (étude sur modèle réduit, 2005)

4.9.4. Variante N°4 :(Fig 2.8A;2.8B;2.9) [voir annexe]

Description :

Le profil de la variante N°4 diffère de la variante N°3 par :

- La substitution des enrochements de (3-6)t par des enrochements de (2-5)t au niveau de la butée et la contre butée de la jetée principal .
- La substitution des enrochements de (3-6)t par des enrochements de (2-5)t au niveau de la carapace de la jetée secondaire .
- L'augmentation du tonnage du musoir de la jetée principal à 50 t.
- L'ajout d'une contre butée de (2-5)t au niveau du profil A3 (Sur 150 ml à partir de l'enracinement) (Avant Projet Sommaire, 2004) .

- **Résultats des essais :**

Le profil de la variante N°4 a été soumis à deux (2) directions différentes (Nord-Ouest, Nord 00°) afin de vérifier la stabilité des ouvrages.

La variante N°4, n'offre pas une bonne stabilité au niveau de toutes ces composantes pour la jetée principale et secondaire (étude sur modèle réduit, 2005) .

4.9.5. Variante N°5 :(Fig 2.10;2.11A;2.11B;2.12) [voir annexe]

- Description :

Le profil de la variante N°5 diffère de la variante N°4 par :

- Le rehaussement de la côte d'arase de la carapace de la jetée principale à +8.80 m
- La mise en place d'un talus amortissant reliant l'enracinement de la jetée principale et la falaise sur un linéaire d'environ 75 m

➤ L'élément de la contre butée au niveau de l'enracinement (Avant Projet Sommaire, 2004).

- Résultats des essais :

Le profil de la variante N°5 a été soumis à deux (2) directions différentes (Nord-Ouest, Nord 00°) afin de vérifier la stabilité des ouvrages.

Aucun dégât supplémentaire n'a été observé durant l'endurance.

La variante N°5 a montré une stabilité satisfaisante, malgré le glissement de quelque BCR de 30t et des enrochements de (2-5) t (étude sur modèle réduit, 2005).

4.9.6. Analyse et synthèse des résultats :

Les différents réaménagements apportés à la variante initiale suite aux essais effectués sur modèle réduit physique, nous ont amené à adopter la variante N°2 comme solution par rapport à l'agitation.

Quant à la constitution des ouvrages nous avons adopté la variante N°5 comme solution à la stabilité.

La variante N°5 (voir annexe) **Fig 2.10;2.13A;2.13B;2.14** est décrite comme suit:

Tableau 22 : Description de la variante retenue.

	Jetée principale	Jetée secondaire
<u>Profil musoir :</u>	<p>Noyau en TVC</p> <p>- Carapace en BCR 50 t arasée à +9.50 m suivant une pente de 3/2</p> <p>- 1^{ère} sous couche en enrochement (0.5-1) t.</p> <p>- 2^{ème} sous couche (3-6) t.</p> <p>- butée en enrochements de (3-6) t.</p> <p>- Largeur de berme de 6.00m</p> <p>- Un couronnement en béton armée en</p>	<p>Noyau en TVC.</p> <p>- Carapace en enrochement de (2-5) t arasée à +6.20 m suivant une pente de 3/2.</p> <p>- sous couche en enrochement (1-3) t.</p> <p>- Noyau en TVC.</p> <p>- Un couronnement en béton armée en forme de "U" constitué d'un mur</p>

	<p>forme de "U" constitué d'un mur de garde arasé à la cote +8.20 m et une dalle de roulement arasée à la cote +3.50m</p>	<p>de garde arasé à la cote +6.30 m et une dalle de roulement arasée à la cote +3.00 m.</p>
<p><u>Profil courant :</u></p>	<p>Profil A1, A2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Carapace en BCR 30 t arasée a +8.80 m - 1^{ère} sous couche en enrochement (0.5-1) t. -2^{ème} sous couche (3-6) t. - Noyau en TVC (0-500) kg arasée à la cote +2.40 m -Une contre butée en enrochement de (3-6) t -Un couronnement en béton armée en forme de "L" constitué d'un mur de garde arasé à la cote +7.50 m et une dalle de roulement arasé à la cote +3.50 m 	<p>Profil D</p> <ul style="list-style-type: none"> - Carapace en enrochement de (2-5) t arasée à +6.20 m - sous couche en enrochement (1-3) t. - Noyau en TVC (0-500) kg. - Talus amortissant de (1-3)t au niveau du talus intérieur. -Un couronnement en béton armée en forme de "L" constitué d'un mur de garde arasé à la cote +6.30 m et une dalle de roulement arasé à la cote +3.00 m(talus extérieur) .

	<p>Profil A3</p>	<p>- Carapace en BCR 30 t arasée a +8.80 m</p> <p>- 1^{ère} sous couche en enrochement (0.5-1) t.</p> <p>-2^{ème} sous couche (3-6) t.</p> <p>- Noyau en TVC (0-500) kg</p> <p>-Un couronnement en béton arasé en forme de "L" constitué d'un mur de garde arasé à la cote +7.50 m et une dalle de roulement arasé à la cote +3.50 m</p>	<p>Profil E</p>	<p>Même composition du profil D au niveau du talus extérieur.</p>
	<p>Profil A4</p>	<p>Talus amortissant en BCR de 30 t, sur 75 ml le long de la falaise derrière la jetée principale</p>	<p>Profil F</p>	<p>Même composition du profil D au niveau du talus extérieur.</p>

	<p>Profil B1, C</p>	<p>- Carapace en BCR 30 t arasée a +8.80 m</p> <p>- 1^{ère} sous couche en enrochement (0.5-1) t.</p> <p>-2^{ème} sous couche (3-6) t.</p> <p>- Noyau en TVC (0-500) kg</p> <p>-Un couronnement en béton arasé en forme de "L" constitué d'un mur de garde arasé à la cote +7.50 m et une dalle de roulement arasé à la cote +3.50 m.</p> <p>-Une butée en enrochement de (3-6) t, largeur de berme de 6.00 m.</p> <p>-Talus amortissant de (0.5-1) t au niveau du talus extérieur</p>		
--	---------------------------------------	--	--	--

4.9.7. Description de la variante optimale :

Cette variante se caractérise par :

- Linéaire des ouvrages de protection:
 - Une jetée principale Est de longueur : 944 ml
 - Une jetée secondaire de longueur : 304 ml
- Linéaire des ouvrages d'accostage

Un appontement accostable de : 700 ml

Un quai accostable est de : 730 ml

- Surface plan d'eau est de : 121 518 m²
- Surface des terre-pleins est de : 112 520 m²



Figure 24 : Maquette du futur port de pêche à Sidna Youchâa (Tlemcen)

Chapitre 5:

Plan de masse

5. Plan de masse

5.1. Introduction :

Sur la base des résultats obtenus dans cette étude, la variante N°5 a été choisie pour l'aménagement du port de pêche de Sidna Youchâa.

Selon le plan de masse étudié (Fig N°1), le futur port de pêche de Sidna Youchâa tient compte de la répartition dans l'espace des différents aménagements, ainsi que les infrastructures indispensables dans le port de pêche.

5.2. Ouvrage de protection:

Linéaire des ouvrages de protection:

- Une jetée principale Est de longueur : 944 ml
- Une jetée secondaire de longueur : 304 ml

5.2.1. Jetée principale

1. Profil musoir :

Noyau en TVC

- Carapace en BCR 50 t arasée à +9.50 m suivant une pente de 3/2
- 1^{ère} sous couche en enrochement (0.5-1) t.
- -2^{ème} sous couche (3-6) t.
- butée en enrochements de (3-6) t.
- -Largeur de berme de 6.00m
- -Un couronnement en béton armée en forme de "U" constitué d'un mur de garde arasé à la cote +8.20 m et une dalle de roulement arasée à la cote +3.50m.

2. Profil courant :

- **Profil A1, A2 :**

- Carapace en BCR 30 t arasée a +8.80 m
- 1^{ère} sous couche en enrochement (0.5-1) t.
- -2^{ème} sous couche (3-6) t.
- Noyau en TVC (0-500) kg arasée à la cote +2.40 m
- -Une contre butée en enrochement de (3-6) t
- -Un couronnement en béton armée en forme de "L" constitué d'un mur de garde arasé à la cote +7.50 m et une dalle de roulement arasé à la cote +3.50 m.

- **Profil A3**

- Carapace en BCR 30 t arasée a +8.80 m
- 1^{ère} sous couche en enrochement (0.5-1) t.
- -2^{ème} sous couche (3-6) t.
- Noyau en TVC (0-500) kg
- -Un couronnement en béton arasé en forme de "L" constitué d'un mur de garde arasé à la cote +7.50 m et une dalle de roulement arasé à la cote +3.50 m.

- **Profil A4**

Talus amortissant en BCR de 30 t, sur 75 ml le long de la falaise derrière la jetée principale .

- **Profil B1, C**

- Carapace en BCR 30 t arasée a +8.80 m
- 1^{ère} sous couche en enrochement (0.5-1) t.
- -2^{ème} sous couche (3-6) t.
- Noyau en TVC (0-500) kg
- -Un couronnement en béton arasé en forme de "L" constitué d'un mur de garde arasé à la cote +7.50 m et une dalle de roulement arasé à la cote +3.50 m.
- -Une butée en enrochement de (3-6) t, largeur de berme de 6.00 m.
- -Talus amortissant de (0.5-1) t au niveau du talus extérieur.

5.2.2. Jetée secondaire

i. Profil musoir :

- Noyau en TVC.
- Carapace en enrochement de (2-5) t arasée à +6.20 m suivant une pente de 3/2.
- -sous couche en enrochement (1-3) t.
- Noyau en TVC.
- -Un couronnement en béton armée en forme de "U" constitué d'un mur de garde arasé à la cote +6.30 m et une dalle de roulement arasée à la cote +3.00 m.

ii. Profil courant :

- **Profil D :**

- Carapace en enrochement de (2-5) t arasée à +6.20 m
- Sous couche en enrochement (1-3) t.
- Noyau en TVC (0-500) kg.

- Talus amortissant de (1-3)t au niveau du talus intérieur.
- Un couronnement en béton armée en forme de "L" constitué d'un mur de garde arasé à la cote +6.30 m et une dalle de roulement arasé à la cote +3.00 m(talus extérieur) .

- **Profil E**

- Carapace en enrochement de (2-5) t arasée à +6.20 m
- sous couche en enrochement (1-3) t.
- Noyau en TVC (0-500) kg.
- Talus amortissant de (1-3)t au niveau du talus intérieur.
- Un couronnement en béton armée en forme de "L" constitué d'un mur de garde arasé à la cote +6.30 m et une dalle de roulement arasé à la cote +3.00 m(talus extérieur) .

- **Profil F**

- Carapace en enrochement de (2-5) t arasée à +6.20 m
- Sous couche en enrochement (1-3) t.
- Noyau en TVC (0-500) kg.
- Talus amortissant de (1-3)t au niveau du talus intérieur.
- Un couronnement en béton armée en forme de "L" constitué d'un mur de garde arasé à la cote +6.30 m et une dalle de roulement arasé à la cote +3.00 m (talus extérieur) .

5.3. Description des ouvrage d'accostage :

5.3.1. Les ouvrages :

- Les appontements accostable de : 700 ml
 - Trois appontements pour chalutier de 70 ml
 - Un appontement pour chalutier et sardinier de 70 ml
 - Deux appontements pour sardinier de 70 ml
 - Quatre appontements pour petits métiers 70 .
- Un quai accostable est de : 730 ml
 - Quai d'avitaillement 90 ml
 - Quai de débarquement 220 ml
 - Quai thonier 120 ml
 - Quai calle de hallage et roulev 300 ml

5.3.2. Nombre d'embarcation :

- Des petits métiers 150 unité
- Thonier 10 unité
- Chalutier 65 unité
- Sardinier 70 unité

5.3.3. Flottille projetée :

- Petit métier $150 \times 3 = 450$ ml
- Thonier $10 \times 7 = 70$ ml
- Sardinier $70 \times 4.5 = 315$ ml
- Chalutier $65 \times 6 = 390$ ml

5.4. Terres plein :

La surface de terres pleines est de 116 000 m², elle est aménagée comme suit :

- Blocs (Administratif- exploitant) : 300 m²
- Protection civile : 150 m²
- Parking : 3000 m²
- Cassettes pêcheurs petits métiers: 900 m²
- Halle de vente: 3800 m²
- Fabrique de glace:64 m²
- Cases pêcheurs sardiniens:1450 m²
- Bloc (police maritimes, garde cote) :225 m²
- Ateliers:1500 m²
- Magasin de vente de pièce de rechange et article de pêche: 50 m²
- Poste de garde : 25 m²

Chapitre 6:

Impact sur l'environnement

6. Impact sur l'environnement :

Aujourd'hui un port n'est plus qu'un simple lieu d'accueil des navires mais bien un site industriel à part entière et un lieu de vie où se mélangent intérêts économiques, culturels, touristiques.

Il devient ainsi urgent de commencer à imaginer les structures d'accueil de demain et à innover dans le sens du développement durable afin que les ports, toutes marines confondues puissent maintenir leur rôle essentiel dans les activités économiques, sociales voire culturelles d'une ville.

Cette modernisation doit prendre en considération l'environnement, la biodiversité marine et l'influence potentielle du changement climatique sur nos côtes en bâtissant des ports éco-conçus et gérés durablement. Il convient alors de réfléchir aux notions : Construction « Durable » de nouvelles structures.

6.1. Les impacts

L'expérience acquise par le monde montre que les projets de construction de ports génèrent un ensemble d'impacts dont l'intensité varie en fonction de l'emprise des ouvrages et de la qualité intrinsèque du milieu environnant. (BERTRAND, 2012).

Les principaux impacts recensés sont liés à :

- l'ampleur des travaux de dragage et de remblayage,
- les impacts sur la qualité des paysages,
- les impacts sociaux de l'ensemble du projet,
- la perte de biodiversité du milieu,
- modification de l'écosystème présent sur littoral,
- modification des paramètres physiques tels que les courants ou la houle, création d'une pollution induite par l'activité portuaire et les activités dérivées : émission de CO₂, dispersion de polluants divers (hydrocarbures, peintures, solvants) nuisances sonores, production de déchets, consommation d'énergie, etc.,
- envasement des bassins portuaires nécessitant des dragages d'entretien.
- les effets du transport des sédiments,
- les retombées économiques locales et régionales.

Ces impacts peuvent être sérieusement réduits si :

- le site d'implantation est bien choisi,
- la fréquentation des navires dans la zone est acceptable,
- les interfaces mer-terre ont été bien pensées ,
- plus globalement le port est bien conçu et bien géré. (BERTRAND, 2012)

6.2. Les mesures à prendre pour réduire les impacts :

Toute modification dans l'une des composantes d'un écosystème aura inexorablement un impact sur ce dernier, et vu l'importance du projet, les impacts négatifs sont inévitables et suscitent des modifications des composantes physiques, chimiques et biologiques, néanmoins des mesures compensatoires sont à prévoir afin de réduire au maximum les impacts négatifs.

Des mesures compensatoires et des recommandations sont proposées afin de réduire au maximum les impacts négatifs du projet sur l'environnement. Une bonne gestion du port et de ces activités annexes peut limiter grandement la pollution induite par l'activité portuaire. (BERTRAND, 2012)

6.2.1. Phase travaux :

- A. la présence de panneaux avertissant des dangers et interdisant l'accès à toute personne étrangère réduirait les risques d'accidents
- B. Envols de poussières : Les moyens d'éviter ces émissions consistent à maintenir les surfaces propres, arroser régulièrement les voies par temps sec , les aires de stockages et de traitement des matériaux doivent être recouverts d'un film de matière plastique qui les protège des envols de vent.
- C. Nuisance sonore doit être minimisée en recourant à l'application des normes en vigueur et à un contrôle strict des émissions sonores sur site.
- D. La présence d'extincteurs dans chaque engin contribuerait à réduire les risques en cas d'incendie.
- E. Les opérations de déroctage, dragage et immersion doivent se réaliser dans des conditions météorologiques et océanographiques très calmes
- F. L'interdiction de la pratique de la pêche et du chalutage aux abords des sites pendant les travaux, et élaborer une information continu à l'adresse des différents utilisateurs de la zone.

G. La mise en place de panneaux de signalisation routière est fortement recommandée depuis la jonction de la piste d'accès à la route nationale.

H. Prévoir un programme d'intervention d'urgence en cas de pollution accidentelle

I. Informer les utilisateurs avoisinant les sites d'une sensible modification des zones de pêche en raison de la perturbation générée par les travaux ; les pêcheurs pendant la période des travaux ;

Afin d'évaluer l'impact des travaux il convient de comparer la qualité physico chimique des zones touchées par rapport à des zones de références et cela périodiquement. (FARESM, et al., 2011)

6.2.2. Phase d'exploitation :

Lorsqu'un navire fait escale dans un port, il possède généralement de nombreux déchets à son bord.

Qu'ils soient solides (déchets ménagers, déchets toxiques, déchets issus de l'activité pêche, etc.) ou liquides (eaux noires, eaux de fond de cale, eaux de ballast...), le port est aujourd'hui appelé à les prendre en charge.

Pour cela un plan de réception et de traitement de ces déchets doit être établi et des équipements spécifiques doivent être mis en place.

Le port doit également prévoir la gestion des déchets issus de la maintenance et de l'entretien des navires et ceux issus des activités liées au port (bureaux, ateliers, criées, etc.) et pour cela il faut :

- A. Faire une étude de recolonisation appropriée est à prévoir et englobe des essais de pêche des études de la faune benthique de zone concernée par les travaux.
- B. Munir le futur port par des équipements sanitaires tels : (douches, WC,...etc.) à proximité des zones d'accostage (respect de la législation) raccordés au réseau général
- C. Le nettoyage du front du port et des quais doit être régulier ; des conteneurs implantés sur les quais pour le ramassage des ordures, des huiles usagées
- D. La collecte des conteneurs, le ramassage des macros déchets (à terre et en mer), lessivage des quais, entretien des blocs sanitaires permettant de maintenir en permanence un état impeccable.

- E. Prendre un certain nombre de mesures destinées à assurer la salubrité du plan d'eau tels :
- respect du règlement sanitaire départemental.
 - rejets industriels et urbains interdits dans les bassins portuaires.
 - contrôle strict de la distribution de carburant.
 - contrôle du carénage des bateaux.
 - interdiction de jeter les rejets industriels ou urbains dans les bassins du port.
 - interdiction d'utilisation de certaines peintures antisalissure.
 - équipements en récipient de collecte des huiles usagées et limitation d'usage de détergents.
 - raccordement des effluents des diverses activités au réseau général d'assainissement.
- F. Les moyens permettant une gestion efficace des déchets.
- L'accessibilité et le nombre suffisant de bennes mises à disposition.
 - la mise en place du tri sélectif.
 - la présence de déchetterie.
 - la mise en place d'une signalétique claire et précise.
 - la formation et la sensibilisation du personnel et des usagers à la gestion des déchets.
 - l'installation de pompes pour les eaux usées issues des navires.
 - L'utilisation de bateaux collecteurs des eaux usées peut également être une solution intéressante.

La manière la plus efficace pour réduire les pollutions du bassin portuaire (hydrocarbures, macro déchets), est d'agir à la source d'une part en sensibilisant les usagers et d'autres part, lorsque cela est possible, en collectant et en traitant les eaux de ruissellements issues des terre-pleins, parkings et autres voiries.

Cependant lorsque ces solutions ne sont pas applicables ou ne sont pas suffisantes, le recours à des bateaux dépollueurs est envisageable. (BERTRAND, 2012)

6.2.3. Gestion des ressources naturelles :

Les différentes activités portuaires nécessitent des ressources en eau et en énergie non négligeables. En plus des conséquences environnementales, ces consommations représentent

un coût économique relativement élevé. La consommations importantes d'eau et d'énergie par les navires en escale et les activités annexes du port causent la diminution des ressources naturelles et des impacts environnementaux non négligeables sur la biosphère dus à la production d'énergie et aux traitements de l'eau. (BERTRAND, 2012)

Quelques solutions :

- ✓ Réduction de la consommation d'eau (borne d'eau à arrêt automatique, économiseur d'eau, contrôle régulier des fuites...)
- ✓ Réduction de la consommation d'énergie : éclairage Leds, bornes électriques temporisées
- ✓ Production d'énergie à partir d'énergies renouvelables
- ✓ Construction de bâtiments à faible consommation énergétique

Le recours à des énergies renouvelables peut être un investissement intéressant pour les gestionnaires du port donc prévoir des panneaux solaires seraient plus économique et écologique.

Conclusion Générale

Le présent projet de fin d'études, ayant pour objet l'aménagement d'un port de pêche à Sidna Youchâa (Tlemcen), nous a permis de mettre en application et d'approfondir d'une manière très significative les connaissances acquises en travaux maritimes.

En effet à travers ce travail, nous avons pu prendre connaissance des différentes étapes du long processus menant à la conception d'un port. Ces étapes sont la détermination des besoins, la visite des sites, l'étude des données naturelles des sites, le choix du site approprié pour le projet, les esquisses des variantes de plans de masses, la comparaison et choix de la meilleure variante, l'étude en modèle réduit physique de la variante et les notes de calculs des ouvrages.

Enfin, ce travail nous a initié au monde du travail et particulièrement les travaux d'études maritimes où nous avons pu côtoyer Ingénieurs, Techniciens et Agents, qui nous ont apporté conseil et assistance.

Annexes

Bibliographie

AMEUR, K et DAHMANI, S. 2009. Réalisation d'un port de pêche et de plaisance a TALA GUILF.

Thèse d'ingénieur. Alger : Université d'Alger, faculté de technologie, 2009.

Avant projet sommaire. 2004. Alger : LEM, 2004.

Avant Projet Sommaire. 2004. Alger : LEM, 2004.

BENKACEM, T et ABDELHAKIM, H. 2009. Extension des ouvrages de protection du port de Jen Jen "conception et étude d'une digue verticale". *thèse d'ingénieur.* Alger : Université d'Alger, faculté de technologie, 2009.

BONAFOUS, P, LEBARS, X et LAGRAS, F. 1994. *Ports de commerce et de pêche.* 1994.

BONNEFILL, R. 2010. *Mouvement de la mer et leur risque.* s.l. : Technique de l'ingénieur, 2010.

BORRAS, C et MARGNOUX, L. La houle et les ouvrages en mer. <http://hmf.enseeiht.fr>. [En ligne]
<http://hmf.enseeiht.fr/travaux/CD9899/travaux/optsee/hym/nome11/pres.htm>.

BOS, N. 1984. *Voies de communication, routes travaux maritimes.* s.l. : office des publications universitaires, 1984.

BOS, Nicola. 1984. *Voies de communication, routes travaux maritimes.* s.l. : office des publications universitaires, 1984.

CHAPON, J. 1971. *Travaux maritimes Tome I.* Paris : Eyrolles, 1971.

DAHMEN, F et TOUDJI, M. 2011. Dimensionnement de la digue de protection principale du port de pêche de "Stidia Mostaghanem". *Thèse d'ingénieur.* Alger : Université d'Alger, 2011.

étude sur modèle réduit. 2005. etude sur modèle réduit physique en bassin à houle. *model réduit.* Alger : LEM, 2005.

Références bibliographiques

FARESM, D, et TOUDJI, M. 2011. Dimensionnement de la digue de protection principale du port de pêche de "Stidia Mostaghanem". *Thèse d'ingénieur*. Alger : Université d'Alger, 2011.

GHOMRI, S et TAIBI, L. 2006. Contribution à l'étude d'un port de pêche et de plaisance a El-Aouana. *Thèse d'ingénieur*. Alger : Université d'Alger, faculté de technologie, 2006.

L.E.M. 2004. étude sédimentologique du site de sidna youchaa. *model réduit*. Alger : LEM, 2004.

LEM. 2004. *Rapport de synthese* . 2004.

SCHERRER, P. 2015. *Principes d'implantation et d'aménagement des ports de maritimes*. paris : techniques de l'ingénieur, 2015.

SEKRANE, T. 2013. Etude des Réseaux Divers et Aménagement des Accès Extérieur au niveau du port De Sidna Youchâa. *mémoire explicatif avec notes de calculs détaillée*. Tlemcen : B.E.T.thuraya, 2013.

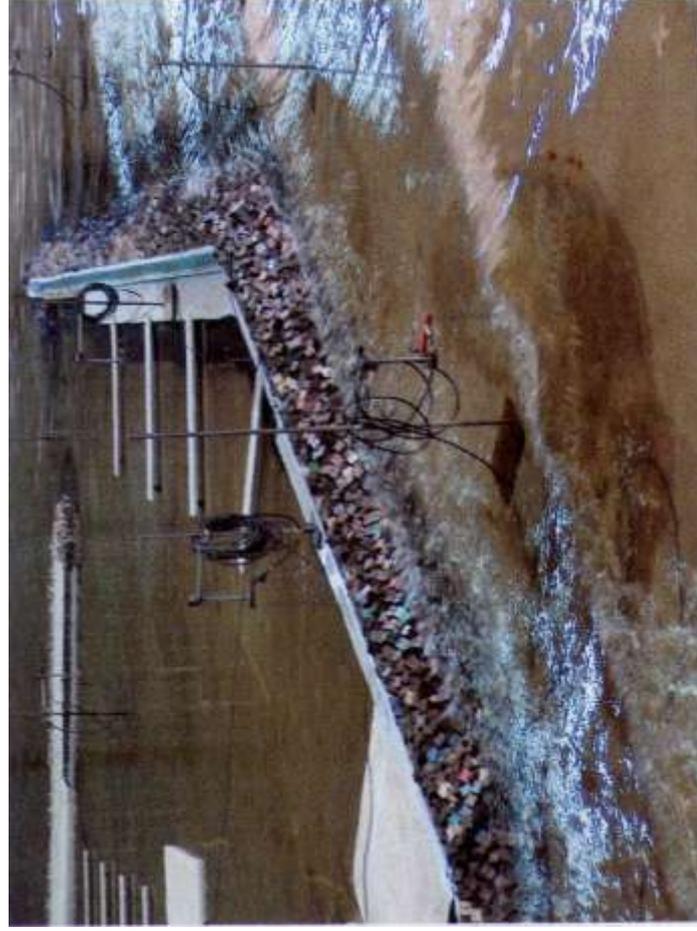
TOUDJI, M et DAHMAN, F. 2010. étude d'un port de pêche de plaisance a TALA GUILEF. *thèse d'ingénieur*. Alger : Université d'alger, Faculté de technologie, 2010.

Direction Nord- Ouest



Variante N°1

Avant l'essai



Variante N°1

Pendant l'essai

Direction Nord- Ouest



Variante N°1

- Glissement des blocs de BCR de 44 t au niveau du pied de la carapace de la jetée principale
Erosion du tapis anti-affouillement, le TVC s'est accumulé au voisinage de l'ouvrage



Variante N°1

Déplacement du couronnement de la jetée principale

Direction Nord- Ouest



Variante N°2

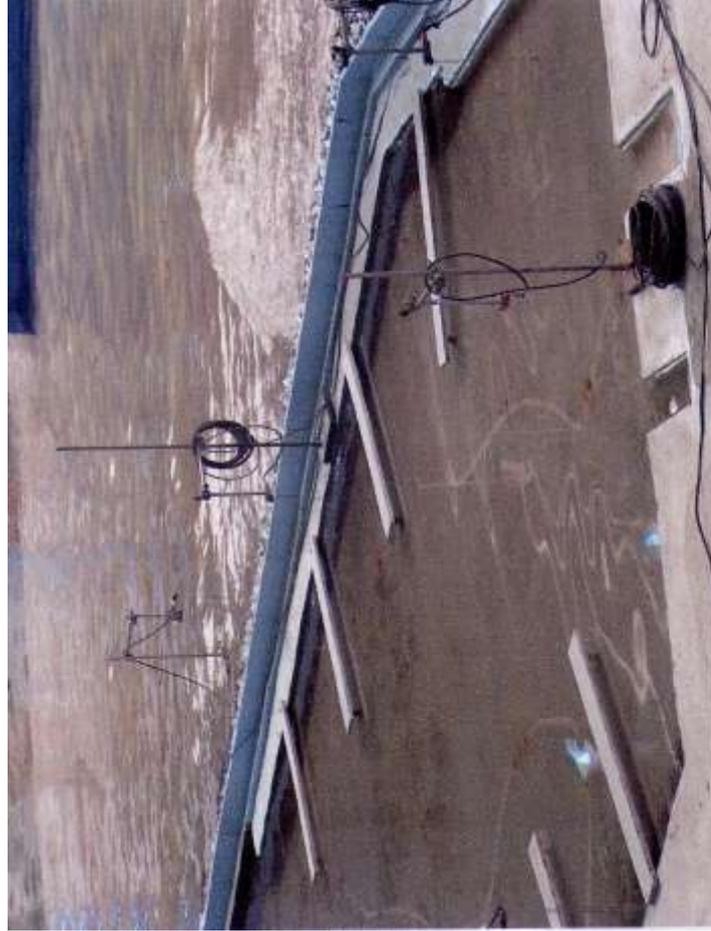
Avant l'essai



Variante N°2

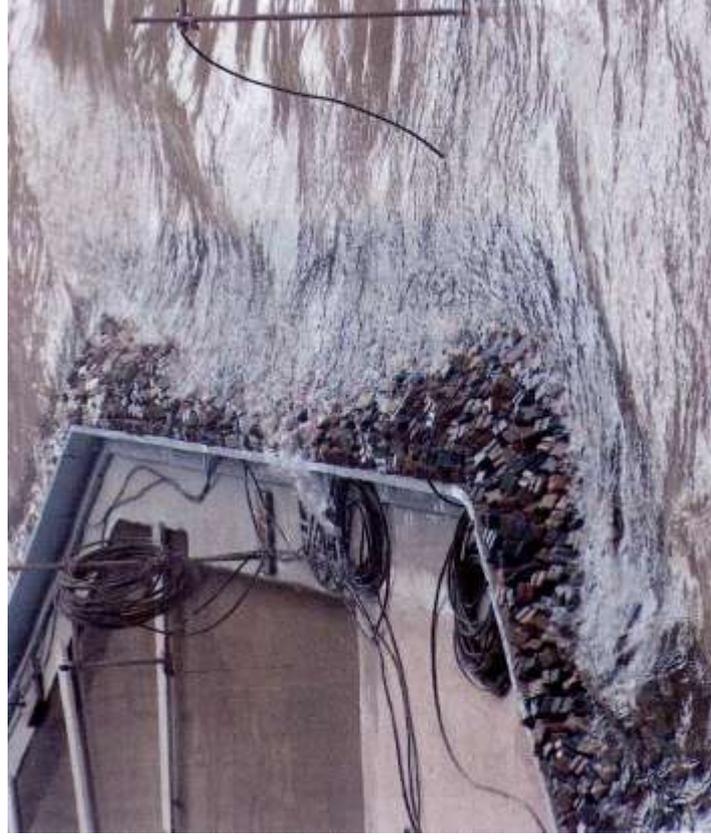
Franchissements importants sur la jetée principale

Direction Nord 00°



Variante N°2

Les essais durant la série progressive



Variante N°2

Franchissements atteignant la dalle de roulement de la jetée principale

Direction Nord 00°



Variante N°3

- Glissement des blocs BCR au niveau du musoir de la jetée principale.
- Etalement de la butée



Variante N°3

- Glissement de quelque enrochements de (3-6) t vers le fonds, certains enrochements sont accumulés au voisinage de l'ouvrage

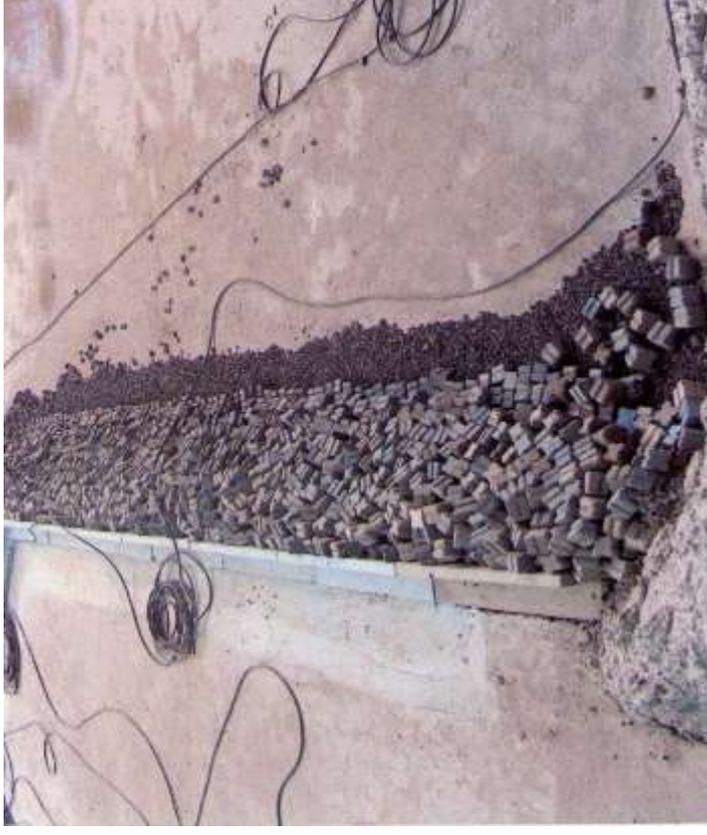
Direction Nord- Ouest



Variante N°4

Pendant l'essai

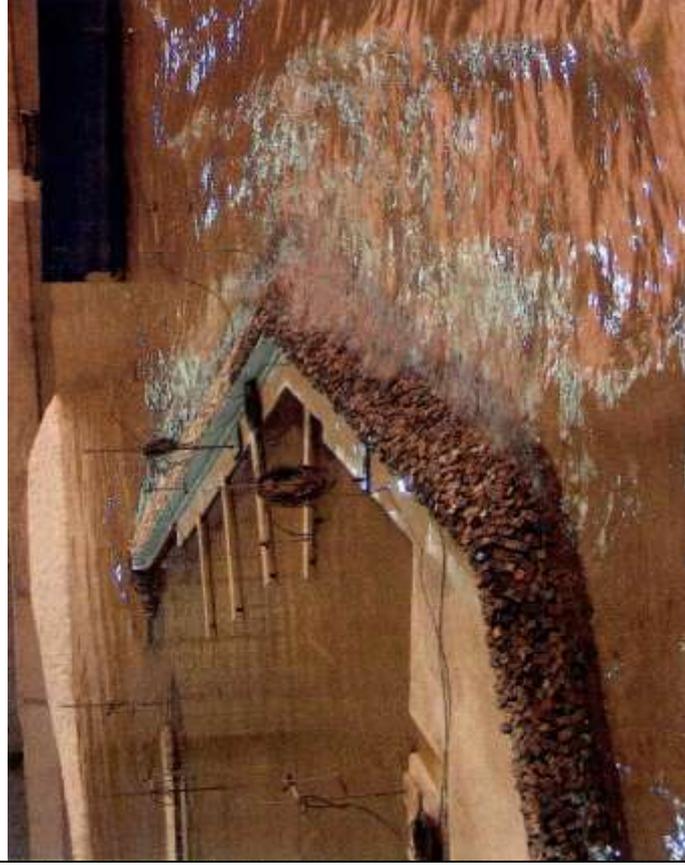
Direction Nord- Est



Variante N°4

Glissement des BCR de 30 t au niveau de l'enracinement de la jetée principale

Direction Nord - Ouest



Variante N°5

Déferlement de la houle à l'approche de l'ouvrage



Variante N°5

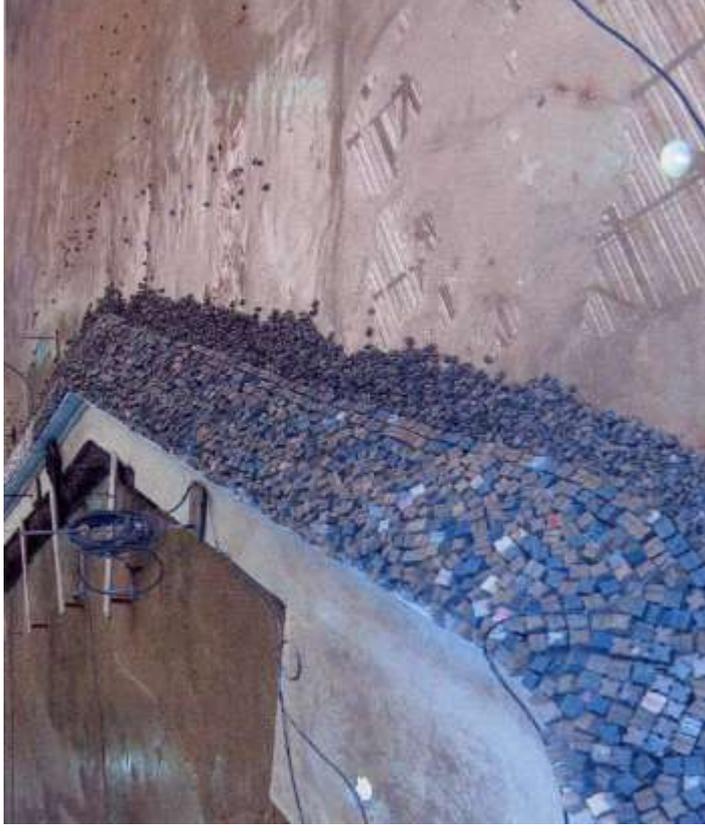
Vue de l'enracinement apres les essais

Direction Nord - Est



Variante N°5

Musoir après la fin des essais



Variante N°5

Partie courante de la jetée principale après la fin de la série d'endurance

Les résultats des sondages à la lance effectués:

Numéro	X	Y	Nature du sol	Pénétration
1	1600,856	3319,559	Zone rocheuse	0
2	1630,417	3263,842	Roche éparpillée	0,5
3	1662,054	3235,866	Roche éparpillée	0,6
4	1694,959	3222,991	Roche éparpillée	0,6
5	1718,524	3231,594	Roche éparpillée	0,7
6	1744,331	3232,838	Roche éparpillée	0,7
7	1781,592	3226,309	Roche éparpillée	0,5
8	1811,537	3221,559	Roche éparpillée	0,45
9	1835,279	3207,559	Roche éparpillée	0,45
10	1872,16	3200,723	Roche éparpillée	0,8
11	1901,794	3183,633	Roche éparpillée	0,55
12	1932,327	3179,489	Sable fin	0,5
13	1975,352	3170,097	Sable fin	0,5
14	1993,78	3161,098	Sable puis roche	0,25
15	2024,621	3159,454	Sable puis roche	0,2
16	2050,407	3158,282	Sable puis roche	0,3
17	2083,972	3153,633	Sable	0,5
18	2112,422	3160,832	Sable	0,6
19	2139,04	3179,05	Sable puis roche	0,05
20	2171,424	3179,843	Zone rocheuse	0
21	2201,819	3192,6	Zone rocheuse	0
22	2226,197	3194,107	Zone rocheuse	0
23	2257,907	3209,55	Zone rocheuse	0
24	2283,879	3218,097	Zone rocheuse	0
25	2312,513	3212,926	Zone rocheuse	0
26	2339,934	3219,176	Zone rocheuse	0
27	2369,884	3235,452	Zone rocheuse	0
28	2402,655	3230,575	Zone rocheuse	0
29	2435,404	3231,218	Zone rocheuse	0
30	2463,002	3237,451	Zone rocheuse	0
31	2492,06	3240,271	Zone rocheuse	0
32	2552,252	3287,46	Zone rocheuse	0