

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou
Faculté du Génie de la Construction
Département de Génie Civil



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
En vue de l'obtention du Diplôme de Master
SPECIALITE : Travaux Publics
Option : Voies et Ouvrages d'Art

Thème

***Etude d'un port de plaisance à Sidi-Khelifa
(Azeffoun - Tizi-Ouzou)***



Présenté par :

- M^{elle} ALIOUA Sara
- M^{elle} HADJ-GUESMI Ania

Devant les membres du Jury :

M^r. RAHMOUNI Ouassim
M^{me}. HERMIME Tassadit
M^r. GABI Smail
Mr. YOUSSEIDENE Nacer

Président
Examinatrice
Rapporteur
Invité

Promotion 2019/2020

Remerciements

Après avoir rendu grâce à Dieu le Tout Puissant et le Miséricordieux nous tenons à remercier vivement tous ceux qui, de près ou de loin ont participé à la rédaction de ce mémoire. Il s'agit plus particulièrement de :

Monsieur Gabi Smail notre encadreur, 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.

Notre attention se portera aussi plus particulièrement sur Mr Youssaidene .N, Chef de la Subdivision Maritime d'Atzeffoun. Un homme qui nous a offert l'opportunité d'effectuer un stage dans les meilleures conditions et qui nous a fortement impressionnées par sa grande expérience et sa concrète contribution au bon déroulement de ce travail.

Comme nous tenons à remercier Mr Sadoudi. R chef de service maritime de la direction des travaux Publics de la willaya de Jizi-Buzou.

Nous adressons aussi nos vifs remerciements aux membres des jurys pour avoir bien voulu examiner et juger notre travail.

Dédicaces

A nos très chères mères

Quoi que nous fassions ou que nous disions, nous ne saurions point vous remercier comme il se doit. Votre affection nous couvre, votre bienveillance nous guide et votre présence à nos côtés a toujours été notre source de force pour affronter les différents obstacles.

A nos très chers pères

Vous avez toujours été à nos côtés pour nous soutenir et nous encourager. Que ce travail traduit notre gratitude et notre affection.

A nos très chers frères Sofiane et Hand, Lounis, Mourad.

A nos chères sœurs Radia et Aida.

Puisse Dieu vous donner santé, bonheur, courage et surtout réussite

ANYA & SARA

Résumé

La réalisation d'un nouveau port de plaisance s'enregistre dans le cadre de la réalisation de la Zone d'Expansion des Sites Touristiques de « Sidi Khelifa » commune d'Azzefoun, a pour objet d'accentuer le tourisme dans cette région, il sera doté d'une capacité d'accueil de 600 bateaux. La mise en exploitation de cette infrastructure aura impact sur l'économie de la région environnante et être comme capteur de tourisms pour les plages existantes.

La réalisation de ce port nécessite au préalable une étude technico-économique basée sur des données collectées, elles serviront pour la détermination de la surface qu'occuperait ce port et du nombre d'embarcations susceptibles d'emprunter cet édifice.

Notre travail a pour objectif de passer en revue les notions de base des travaux maritimes et, à travers le projet de Sidi Khelifa, 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 Dignes) et des ouvrages d'accostage (Quais, Appontements).

Mots clés :

Port, plaisance, travaux maritimes, ouvrages portuaires, côte, conception.

Abstract

The construction of a new marina is part of the realization of the zone of expansion of tourist sites (ZEST) of "Sidi khelifa" commune of Azzefoun, aims to increase tourism in this region, it will have a capacity of 600 boats. The operation of this infrastructure will have an impact on the economy of the surrounding region and be as a sensor of tourism for the existing beaches.

The realization of this port requires beforehand a technico-economic study based on collected data, which will be used to determine the surface that this port would occupy and the number of boats likely to use this building.

The objective of our work is to review the basic concepts of maritime works and, through the Sidi Khelifa project, to examine the different stages followed for the study and the realization of a port (data collection, design of protection works (Jetties or Dykes) and berthing works (Quays, Wharves.).

Key words:

Harbor, yachting, marine works, harbor structures, coast, design.

Sommaire

Remerciements	
Dédicaces	
Résumé	
Abstract	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des notations et des abréviations	
Introduction générale	2
Chapitre 01:Généralités sur les ouvrages portuaires	
Partie (A) : Généralités sur le port maritime	4
I. Définition d'un port	4
II. Le rôle des ports	4
1. Au point de vue économique	4
2. Sur le plan physique	4
III. Classification des ports	4
3.1. Types de ports d'après leur implantation géographique	4
3.1.1. Ports établis sur des rades abritées	4
3.1.2. Ports intérieurs	5
3.1.3. Ports extérieurs	5
3.1.4. Ports au large	5
3.2. Types de ports d'après leur mode de gestion	5
3.2.1. Les ports publics	5
3.2.2. Les ports privés	5
3.3. Classification selon les fonctions	5
3.3.1. Port Militaire	5
3.3.2. Les ports de commerce	5
3.3.3. Les ports de pêche	6
3.3.4. Les ports de plaisance	6
IV. Plan de masse d'un port	7
IIV. Les infrastructures maritimes en Algérie	8
5.1. Le patrimoine portuaire algérien	8
5.2. Les infrastructures portuaires en Algérie	9
Partie(B) : Présentation et description des ouvrages portuaires	10
I. Ouvrages extérieurs	10
1.1. Les digues	10
1.1.1.La digue à talus	10
1.1.2. les digues verticales	12
1.1.3.Les digues mixtes	12
II. Ouvrages intérieurs (Ouvrages d'accostage et d'amarrage)	12
2.1. Les quais	13
2.2. Les appontements	13
2.3. Ducs d'Albe	14
Démarches à suivre pour l'étude d'un port	15
Chapitre 02 : Description de la zone d'étude	
I. Situation géographique	17
1.1. Accessibilité	17
1.1.1L'accessibilité routière	17
1.1.2. L'accessibilité par air	17

Sommaire

1.1.3. Infrastructures ferroviaires	18
1.2. Présentation d'Azeffoun	18
1.3. Balnéaire.....	18
1.4. Port d'Azeffoun.....	19
Conclusion	19
II. Liaison Ville/port	19
2.1. Définition d'un port de plaisance.....	20
2.2. Organigramme des activités et les interactions dans le port de plaisance	20
2.3. Exemples de ports de plaisance	21
2.3.1. Port de Sidi-Fredj	21
2.3.2. Port de Saïdia (Maroc).....	22
2.3.3. Port Sidi Bou Said (Tunisie)	22
Conclusion	23
III. Motivation du choix de réalisation d'un port de plaisance à Sidi Khelifa (Azeffoun – Tizi-Ouzou)	23
Chapitre 03: Choix du site d'implantation	
Partie(A) : Etude du site retenue	25
Introduction	25
I. Prospection du choix de site	25
II. Résultats de l'étude du choix de site	26
2.1. Situation géographique du site retenu (Crique Oued Sef-Saf).....	26
III. Données de l'étude de la campagne géotechnique sur le site crique oued sef-saf (Sidi-Khelifa)	27
3.1. Disposition des essais	27
3.2. Les essais in situ.....	27
3.3. Les essais en laboratoire	27
IV. Résultats de la campagne géotechnique	28
4.1. Les essais in situ.....	28
4.1.1 Coupes géologiques des sondages carottés	28
4.2. Résultat d'essai Préssiométrique.....	29
4.3. Essais de laboratoire	30
4.4. Résultats des essais	30
Conclusion	30
Partie B : Données de projet	32
I. Données météorologiques	32
1.1. Données climatiques.....	32
1.1.1. Température	32
1.1.2. Humidité	32
1.1.3. Pluviométrie	32
1.2. Données physiques	32
1.2.1. Topographie	32
1.2.2. Levé bathymétrique	33
1.2.3. Sondage a la lance.....	33
1.2.4. Etude sédimentologique	33
Chapitre 04 : Etude des données relatives au projet	
I. La Houle	35
1.1. Déformation de la houle au cours de sa propagation.....	35

Sommaire

1.1.1. La réfraction.....	36
1.1.2. La diffraction.....	36
1.1.3. La réflexion	37
1.1.4. Le déferlement	37
1.2. La marée	38
1.3. Les courants.....	38
II. Les Données océanographiques de projet.....	38
2.1. Houle au large	38
2.1.1. Caractéristiques de la houle au large	39
2.2. Les courants.....	40
2.3. Marée et niveau d'eau.....	40
III. Le séisme	40
IV. Etude de la réfraction de la houle	41
4.1. Présentation du logiciel	41
V. Données de bases	41
5.1. Résultats bathymétrique	41
5.2. Données de la houle au large.....	41
5.2.1 Choix du secteur angulaire	42
5.2.2 Résultats	43
VI. Etude sédimentologique	45
VII. Etude sismique.....	45
7.1. Résultats de l'étude sismique.....	47
Chapitre 05 : Etude et description des variantes	
I. Elaboration des variantes d'aménagement.....	49
1.2. Description des variantes d'aménagement	49
1.2.1. Variante d'aménagement N°01	49
1.2.2. Variante d'aménagement N°02	50
1.2.3. Variante d'aménagement N°03	50
1.3. Description des variantes supplémentaires.....	51
1.3.1. Variante d'aménagement n°04.....	51
1.3.2. Variante d'aménagement N°05	51
II. Pré dimensionnement des ouvrages	52
2.1. Ouvrages de protection	52
2.1.1. Choix de la structure.....	52
2.2. Principe de dimensionnement	52
2.3. Dimensionnement de la carapace.....	53
2.3.1. Calcul du poids des blocs de la carapace	53
2.3.2. L'épaisseur de la carapace.....	53
2.4. Les calculs	54
2.4.1. Jetée principale.....	54
2.4.2. Jetée secondaire	54
2.5. Dimensionnement des couches filtres	55
2.6. Dimensionnement de la butée du pied.....	55
2.7. Le noyau	56
III. Description des ouvrages d'accostage	56
3.1. Quai.....	56
3.2. Appontements en dur	56
3.3. Cale de halage	56
3.4. Terre-plein et protection des talus.....	56
3.5. Revêtement et terre-plein	56

Sommaire

3.6. Dragage.....	57
3.7. Route d'accès au port.....	57
IV. Estimation du cout de réalisation des variantes d'aménagement.....	57
4.1. Les variantes N°01, 02, 03	57
4.2. Les variantes supplémentaires N°04, 05	58
Chapitre 06 : Etude sur modèle réduit	
Introduction	60
I. Définition du modèle réduit	60
1.1. Modèle canal a houle (bidimensionnels)	60
1.2. Dispositif expérimental.....	61
1.3. Objectif de l'étude.....	61
1.4. Choix de l'échelle	62
1.5. Effet d'échelle	62
II. Distorsion	63
2.1. La distorsion due a la densité de l'eau	63
III. Construction du modèle	64
3.1. Choix du matériau et construction de la maquette.....	64
3.2. Matériaux de construction utilises dans cette étude.....	65
IV. Les moyens d'essai.....	65
4.1. Génération de la houle	65
4.2. Mesure de la houle	66
4.3. Détermination de Hs	66
V. Observations effectue et moyens mise en oeuvre	66
5.1. Observation hydraulique	66
VI. Condition des essais.....	67
6.1. Niveau d'eau	67
6.2. Les houles.....	67
VII. Construction de la digue a talus	68
7.1. Conduite des essais	68
7.2. Calibration du modèle.....	68
VIII. Résultats des essais de stabilité	68
8.1. Description de la variante 01.....	68
8.1.1. Résultat de l'essai de la variante01	70
Conclusion	70
8.2. Description de la variante02.....	72
8.2.1. Résultat de la variante 02	73
8.2.1.1. Résultat de la série progressive par la direction 360°	73
Conclusion	76
8.3. Description de la variante03.....	76
8.3.1. Résultats des essais de la variante 03	77
8.3.1.1. Résultat de la série progressive pour la direction N°360	77
Conclusion	80
8.4. Description de la variante N°04	80
8.4.1. Résultats des essais de la variante4	81
8.4.1.1. Résultat de la série progressive pour la direction n360.....	81
Conclusion	84
8.5. Description de la variante 05.....	84
8.5.1. Résultats des essais de la variante 05	86
8.5.1.1. Résultats de la série progressive pour la direction N°360.....	86

Sommaire

Conclusion	89
Conclusion à l'issu des résultats.....	89
Chapitre 07 : Plan de masse	
Introduction	91
I. Description de la variante optimale	91
1.1. Ouvrages de protection.....	91
1.2. Description des ouvrages d'accostage.....	91
1.3. Nombre d'embarcation	92
1.4. Occupation de terre-plein	92
1.4.1. Zone technique et réparation	92
1.4.2. Espace grand public.....	92
1.4.3. Espace plaisancier.....	92
1.4.4. Espace nautique.....	92
1.4.5. Zone réglementée et aires de manœuvre	93
Chapitre 08 : Impact sur l'environnement	
Introduction.....	95
I. Les impacts.....	95
II. Conséquences sur le milieu marin de l'installation d'un port de plaisance...	96
2.1. Impacts liés à la construction.....	96
2.2. Conséquences de l'exploitation du port	96
III. Les mesures à prendre pour réduire les impacts.....	96
3.1. Phase travaux.....	97
3.2. Phase d'exploitation.....	97
3.3. Gestion des ressources naturelles.....	98
Conclusion générale.....	100
Références bibliographiques	
ANNEXES	

Liste des figures

- Figure I.01** : Port militaire de Brest.
- Figure I.02** : Port commercial Tanger Med.
- Figure I.03** : Port de pêche de Jakarta.
- Figure I.04** : Port de plaisance de Rabat.
- Figure I.05** : Plan de masse d'un port.
- Figure I.06** : jetée du port de pêche et plaisance Cap Djenat.
- Figure I.07** : Jetée du port pétrolier Arzew.
- Figure I.08** : La digue à talus.
- Figure I.09** : La digue verticale.
- Figure I.10** : La digue mixte.
- Figure I.11** : exemple d'un appontement.
- Figure I.12** : exemple d'un quai.
- Figure I.13** : Schéma d'un quai.
- Figure I.14** : Schéma d'un appontement.
- Figure I.15** : Schéma d'un duc d'albe.
- Figure I.16**: Organigramme des étapes à suivre pour l'étude d'un port.
- Figure II.01** : situation géographique d'azeffoun.
- Figure II.02** : Organigramme des activités et interactions dans le port de plaisance.
- Figure II.03** : port de Sidi-Fredj.
- Figure II.04** : Port de plaisance Saidia
- Figure II.05** : port Sidi Bou Said.
- Figure III.01**: Situation du site.
- Figure III.02** : Emplacement du site choisis.
- Figure II.03** : Situation géographique du site Crique Oued Sef-Saf.
- Figure II.04** : la zone retenue.
- Figure III.05** : La position des points de sondage.
- Figure IV.01** : Courbe représentative des caractéristiques de la houle.
- Figure IV.02** : La réfraction.
- Figure IV.03**: La diffraction.
- Figure IV.04** : La réflexion sur un mur vertical.
- Figure IV.05** : déferlement glissant.
- Figure IV.06** : déferlement glissant plongeant par pente.
- Figure IV.07** : Déferlement frontal
- Figure IV.8** : Carte macrosismique.
- Figure IV.09** : Houles susceptibles d'atteindre le site retenu.
- Figure IV.10**: Localisation des profils sismiques dans la zone d'étude.
- Figure IV.11** : position des profils en 3D.
- Figure VI.01** : Un canal à houle.
- Figure VI.02** : Description de canal a houle.
- Figure VI.03** : Schéma de l'installation d'un canal à houle.
- Figure VI.03** : Schéma de l'installation d'un canal à houle.
- Figure VI.04** : Profil testé en canal.
- Figure VI.05** : Profile de la variante n°01.

Liste des figures

- Figure VI.06 :** Vue en générale de la variante n°01.
- Figure VI.07 :** Vue du coté extérieure de la variante n°01.
- Figure VI.08 :** Vue du coté intérieur de la variante n°01.
- Figure VI.09 :** Vue en générale de la variante n°01 après l'essai.
- Figure VI.10 :** Vue du talus intérieur de la variante n°01 après l'essai.
- Figure VI.11 :** Vue du talus extérieur de la variante n°01 après l'essai.
- Figure VI.12 :** Profile de la variante n°02.
- Figure VI.13 :** Vue en générale de la variante n°02 avant l'essai.
- Figure VI.14 :** Vue du talus intérieur de la variante n°02 avant l'essai.
- Figure VI.15 :** Vue de la variante n°02 durant l'essai de la houle biennale.
- Figure VI.16 :** Vue en générale de la variante n°02 après l'essai.
- Figure VI.17 :** Vue du talus extérieur de la variante n°02 après l'essai.
- Figure VI.18 :** Vue du talus intérieur de la variante n°02 après l'essai.
- Figure VI.19 :** Profile de la variante n°03.
- Figure VI.20 :** Vue en générale de la variante n°03 avant l'essai.
- Figure VI.21 :** Vue du talus extérieur de la variante n°03 avant l'essai.
- Figure VI.22 :** Vue du talus intérieur de la variante n°03 avant l'essai.
- Figure VI.23 :** Vue en générale de la variante n°03 après l'essai.
- Figure VI.24 :** Vue de la carapace de la variante n°03 après l'essai.
- Figure VI.25 :** Vue du talus intérieur de la variante 03 après l'essai.
- Figure VI.26 :** Profile de la variante n°04.
- Figure VI.27 :** Vue en générale de la variante n°04 avant l'essai.
- Figure VI.28 :** Vue du talus extérieur de la variante n°04 avant l'essai.
- Figure VI.29 :** Vue du talus intérieur de la variante n°04 avant l'essai.
- Figure VI.30 :** Vue de la variante n°04 après l'essai.
- Figure VI.31 :** Vue du talus extérieur de la variante n°04 après l'essai.
- Figure VI.32 :** Vue en haut du talus extérieur de la variante n°04 après l'essai.
- Figure VI.33 :** Vue du talus extérieur de la variante n°04 après l'essai.
- Figure VI.34 :** Vue du haut du talus intérieur de la variante n°04 après l'essai.
- Figure VI.35 :** Profile de la variante n°05.
- Figure VI.36 :** Vue en générale de la variante n°05 avant l'essai.
- Figure VI.37 :** Vue de la berme de la carapace de la variante n°05 avant l'essai.
- Figure VI.38 :** Vue en générale de la variante n°05 après l'essai.
- Figure VI.39 :** Vue de la berme de la carapace de la variante n°05 après l'essai.
- Figure VI.40 :** Vue du talus extérieur de la variante n°05 après l'essai.

Liste des figures

Liste des tableaux

Tableau II.01 : Caractéristiques techniques du port de Sidi-Fre dj.

Tableau II.02 : Caractéristiques techniques du port de plaisance Saïdia.

Tableau III.01: les Coordonnées finales des sondages.

Tableau III.02 : Classification de la roche selon Deere.

Tableau III.03 : la qualité de la roche des sondages.

Tableau III.05 : Résultats des essais de laboratoire.

Tableau III.06 : Surface levée réalisées en topographie.

Tableau IV.01 : Fréquences mensuelles de la houle au large par direction.

Tableau IV.02 : Statiques de la houle au large.

Tableau IV.03 : Niveaux d'eau le long de la cote algérienne.

Tableau IV.04 : Classification des zones sismiques.

Tableau IV.05 : Houle équivalente.

Tableau IV.06 : Caractéristiques de la houle au large pour les périodes de retour.

Tableau IV.07 : Résultats du calcul des houles équivalentes.

Tableau IV.08 : Résultats du calcul de la réfraction.

Tableau V.01 : Valeurs de K_D .

Tableau V.02 : Estimation du cout de réalisations des variantes 1,2 et 3.

Tableau V.03 : Estimation du cout de réalisations des variantes supplémentaires.

Tableau VI.01 : Matériaux de construction utilisés.

Tableau VI.02 : Récapitulatif de la houle à -20m.

Tableau VI.03 : Résultats des essaies de la variante 01.

Tableau VI .04 : Résultats des essaies de la variante02.

Tableau VI.05 : Calcule des débits de franchissement pour la variante 02.

Tableau VI .06 : résultats des essaies de la variante 03.

Tableau VI .07 : calcule des débits de franchissement pour la variante 03.

Tableau VI .08 : résultats des essaies de la variante 04.

Tableau VI.09 : Calcule de débits de franchissement pour la variante 04.

Tableau VI.10 : résultats des essaies de la variante 05.

Tableau VI.11 : calculs des débits de franchissement de la variante 05

Liste des notations et abréviations

N.R : niveau minimal moyen.

T.A : Tirant d'eau.

D : Cercle de diamètre.

L : longueur du plus grand navire.

HA : Hectare.

T : tonne.

Kg : Kilogramme.

g : Gramme.

Km : Kilomètre.

m : mètre.

ml : Mètre linéaire.

cm : Centimètre.

s : seconde.

H : hauteur de houle.

H₀ : Hauteur de la houle au niveau de repos

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.

L₀ : La longueur d'onde au large.

L : La longueur d'onde.

NGA : Nivellement général algérien.

Hs : Amplitude de la houle au large.

Liste des notations et abréviations

Hp : Houle de projet.

Kr : Coefficient de réfraction.

Tp : Période de pointe.

W: poids des blocs de la carapace.

γ_s : Poids spécifique des blocs ou enrochements.

γ_h : 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_b : Hauteur significative de la houle de projet.

e : l'épaisseur de la carapace

n : nombre de couches.

K Δ : Coefficient de la couche.

W' : Poids unitaire des blocs de la butée.

H : la cote d'utilisation d'enrochement.

h : cote de la butée par rapport au niveau de repos.

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

g : Accélération de la pesanteur.

D : Dimension caractéristique.

v : Viscosité cinématique du fluide.

γ_r : Masse spécifique du matériau constituant les blocs.

γ_w : Masse spécifique de l'eau.

γ_h : densité apparentes.

v : volume du bloc.

P : indice des vides.

BCR : Blocs cubiques rainurés.

Enr : Enrochement naturel.

Liste des notations et abréviations

TVC : Tout venant de Carrière.

RN : Route nationale.

Sc : Sondage

RQD : Rock Quality Designation.

ONSM : Office national de signalisation maritime.

RTK: Real Time Kinematic.

UTM : Universel Transverse Mercator

SSMO: Summary of Synoptic Meteorological Observations.

RPA : Règles parasismiques algériennes.

ZEST : Zone d'expansion des sites touristiques.

LEM : Laboratoire d'Etudes Maritimes, Djennane El Malik, Hydra-Alger.

DTP-TO : Direction des travaux publics de Tizi-Ouzou.

INTRODUCTION GÉNÉRALE

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'équipes pluridisciplinaires. 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'intégrer les services technique, chargés de mener et d'exécuter les études d'un port de plaisance dans la région de Sidi-Khelifa (Azeffoun). Il s'agit du service des infrastructures maritimes, ainsi que la Subdivision maritime d'Azeffoun, service relevant de la direction des Travaux Publics de Tizi-Ouzou.

Notre étude se compose de huit (8) chapitres :

Le premier chapitre consiste à énumérer l'ensemble des généralités de base des travaux maritimes.

Le deuxième chapitre est consacré à la description de la région d'étude et ses potentialités, la liaison des ports avec la ville portuaire.

Le troisième chapitre traite le choix de site approprié pour l'ouvrage, ainsi que les données de base : il s'agit des données concernant les ressources halieutiques et des données physiques (Bathymétrie, topographie et géomorphologie)

Le quatrième chapitre comporte l'étude des données de projet, qui comprend l'étude des données océanographiques, de la réfraction de la houle, des sédiments, et sismicité.

Le cinquième chapitre consiste à la description des variantes d'aménagement et l'estimation de leurs couts, et pré-dimensionner les ouvrages de protection ainsi que d'accostage, pour en conclure une variante optimale.

Le sixième chapitre à synthétiser les données acquises auparavant afin de faire l'étude sur model réduit du port.

Le septième chapitre consiste en une présentation du plan de masse.

Le huitième chapitre porte sur une étude de l'impact sur l'environnement.

CHAPITRE 01 :

GÉNÉRALITÉS SUR LES OUVRAGES PORTUAIRES

Chapitre 01 : Généralités sur les ouvrages portuaires

Partie(A) : Généralités sur le port maritime.

I. Définition d'un port :

Est une infrastructure située sur le littoral maritime, sur les berges d'un lac ou Sur un cours d'eau et destiné à accueillir des bateaux et navires. Un port peut remplir plusieurs fonctions, mais doit avant tout permettre d'abriter les navires, en particulier pendant les opérations de chargement et de déchargement. Il facilite aussi les opérations d'avitaillement et de réparations.

De par leur double importance économique et politique, les ouvrages portuaires jouent un rôle considérable dans le développement d'un pays. Depuis quelques décennies, nombreux pays ont compris que le port est une porte vers le monde puisque actuellement la quasi-totalité des échanges commerciaux entre les pays et les continents se font par voie maritime.

II.Le rôle des ports maritimes :

1. Au point de vue économique :

- ✓ Rôle industriel : le port peut comporter des installations destinées à traiter ou transformer les matières premières importées ou exportées.
- ✓ Rôle de marché : transbordement d'un moyen de transport terrestre à un transport maritime (et inversement) peut s'accompagner d'opérations commerciales faisant du port un lieu de marché. Cette fonction nécessite de grands moyens de stockage et de conditionnement des marchandises

2. Sur le plan physique :

Le port permet aux navires de stationner à l'abri de la houle et du vent, pour :

- ✓ effectuer leurs opérations de transit (chargement et déchargement des marchandises); embarquement ou débarquement des voyageurs) ;
- ✓ effectuer leurs avitaillements (combustibles ou carburants, eau, produits nécessaires à la vie de l'équipage et des passagers) ;
- ✓ assurer leur entretien et leur réparation.

III.Classification des ports :

3.1 .Types de ports d'après leur implantation géographique :

3.1.1. Ports établis dans les rades abritées :

Ceux sont essentiellement :

-  Des ports militaires.
-  Des ports pour le trafic des hydrocarbures établis sur sea-lines ou sur tourelle isolée.
-  Des postes minéraliers.
-  Des postes à passagers ou à marchandises diverses avec transbordement sur engins flottants.

Chapitre 01 : Généralités sur les ouvrages portuaires

3.1.2. Ports intérieurs :

Ils sont établis sur le littoral et sont gagnés sur les eaux, ou creusés dans les terres.

3.1.3. Ports extérieurs :

Ils sont établis sur des fleuves ou rivières, reliés au littoral par un canal maritime, ou établis sur des lagunes et étangs en communication avec la mer.

3.1.4. Ports au large :

En dehors des installations spécialisées pour l'exploitation, le chargement ou le déchargement des hydrocarbures, on peut créer de véritables ports « îlots » détachés du rivage, comportant des postes protégés.

3.2. Types de ports d'après leur mode de gestion :

Selon le mode de gestion des ports, on distingue les ports publics (dont les ports autonomes) et les ports privés.

3.2.1. Les ports publics :

Ils sont gérés directement ou indirectement par le secteur public.

3.2.2. Les ports privés :

Ils sont gérés par une entreprise privée, c'est un cas courant dans certains pays, en particulier ceux de tradition anglo-saxonne.

3.3. Classification selon les fonctions :

On distingue :

3.3.1. Port militaire :

Rade de grandes dimensions accueillant des navires de guerres.



Figure I.01 : Port militaire de Brest.

3.3.2. Les ports de commerce :

Un port de commerce est un port dont l'une des fonctions est le chargement et le déchargement de marchandises commerciales et le trafic des passagers.

Chapitre 01 : Généralités sur les ouvrages portuaires



Figure I.02 : Port commercial Tanger Med .

3.3.3. Les ports de pêche :

Ports de faible importance du point de vue trafic : offrent des facilités au niveau de la commercialisation du poisson (conserveries, gare, d'expédition routière et ferroviaire, entrepôts réfrigérés).



Figure I.03 : Port de pêche de Jakarta.

3.3.4. Les ports de plaisance :

Destinés aux activités des loisirs maritimes et principalement aménagés pour les navigations de plaisance (les navires sont souvent de petites tailles (longueur navire $\leq 20\text{m}$).¹

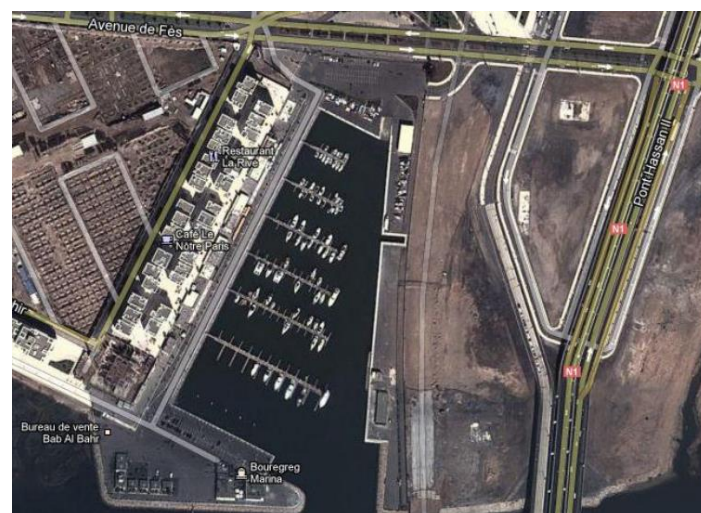


Figure I.04 : Port de plaisance de Rabat.

¹ Travaux maritimes , Pr.Y.ADJOR

Chapitre 01 : Généralités sur les ouvrages portuaires

IV. Plan de masse d'un port :

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

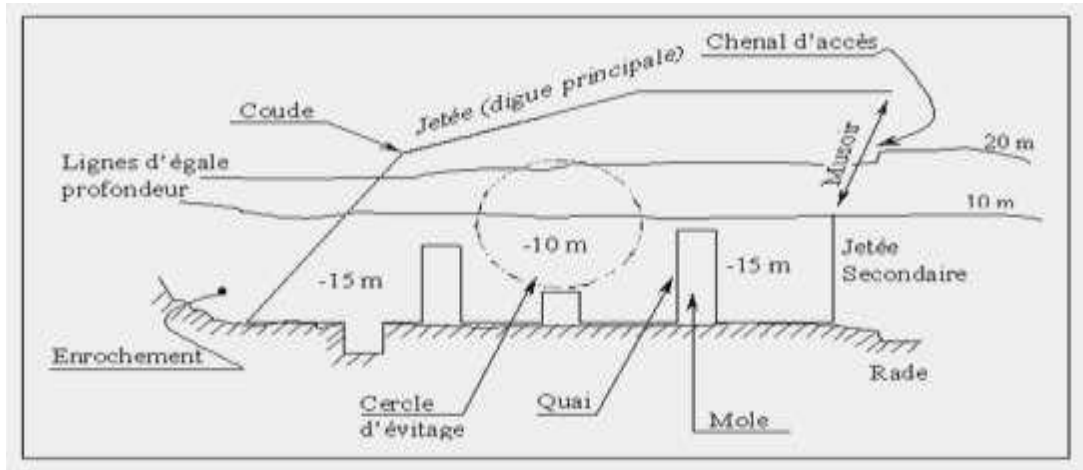


Figure I.05 : Plan de masse d'un port (GHOMRI, et al., 2006)

Passe d'entrée :

- C'est la distance (largeur) qui permet le passage des navires de la zone de mer libre vers l'intérieur ou le bassin d'un port.
- Elle doit être orientée de façon à ce que le navire entrant ait autant que possible le vent sur l'avant.
- La largeur de la passe d'entrée doit être de l'ordre de grandeur de la longueur du plus grand navire, augmentée d'une distance de sécurité.

Les zones de manœuvres :

- Le cercle d'évitage:
C'est un cercle de diamètre $D = 1,5 \text{ à } 2,5 L^2$
- L : c'est la longueur du plus grand navire fréquentant le port qui peut être une ellipse de dimension $1,3L \times 1,8L$.

Le chenal d'accès :

Généralement sa longueur = $5B^3$ (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.

² Ghomri, S et Taibi, I. 2006.

³ Ghomri, S et Taibi, I. 2006.

Chapitre 01 : Généralités sur les ouvrages portuaires

4. Du pied de pilote : 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.

IV. Les infrastructures maritimes en Algérie :

L'Algérie qui dispose de plus de 1 200km de côte est un pays à vocation maritime et la plupart de ses ports possèdent des histoires très anciennes

Les ports ont toujours joués un rôle important dans l'économie du pays depuis les temps les plus reculés. Ce rôle s'est accentué depuis le début du siècle avec l'exportation des matières premières et des productions agricoles du temps de la colonisation française.

Le recouvrement de la souveraineté nationale en 1962 a encore d'avantage accentué ce développement par la construction, notamment de nouveaux ports spécialisés en hydrocarbures (Bethioua (1978) et Skikda NP(1978). l'aménagement des anciens ports et la création de nouveaux ports de pêche.

L'état de sujétion dans lequel avait été confinée l'Afrique pendant plus d'un siècle par les différentes puissances coloniales, n'a pas permis aux échanges inter africains de se développer et les voies de communications Nord-Sud restent très aléatoires, malgré la construction de la route transsaharienne par l'Algérie dans les années 70, de ce fait plus de 95% du commerce extérieur algérien transite par les ports.

Un système portuaire important et en bon état de fonctionnement, est donc indispensable pour l'économie nationale.

5.1. Le patrimoine portuaire algérien :

Est constitué de :

-11 Ports de commerce :

- | | | | |
|--------------|--------------|-------------|-----------|
| • Ghazaouet. | • Mostaganem | • Dellys | • Skikda. |
| • Oran . | • Tenés | • Bejaia | • Annaba. |
| • Arzew. | • Alger | • Djen-djen | |

-03 Ports spécialisés pour les hydrocarbures :

- | | |
|--------------|-------------|
| • Skikda NP. | • Bethioua. |
| • Bèjaia. | |

-03 Ports Militaires : Mers El Kebir, Tamentefoust, Jijel.

-10 Ports de pêche spécialisés :

- | | | |
|-------------|------------|-----------|
| • Beni-Saf | • Zemmouri | • EI Kala |
| • Bouzedjar | • Azzefoun | • Jijel |
| • Cherchell | • Collo | |

Chapitre 01 : Généralités sur les ouvrages portuaires

- Bouharoun
- Stora(Skikda)

- Des zones réservées à la pêche, dans les ports de commerce mixtes :

- | | | |
|--------------|----------|----------|
| • Ghazaouet | • Tenes | • Skikda |
| • Oran | • Alger | • Annaba |
| • Arzew | • Bejaia | • Dellys |
| • Mostaganem | • Jijel | |

- 01 Port de plaisance :

- Sidi Fredj .

- 15 Abris de pêche :

- | | | |
|-------------------|------------------|-------------------|
| • Mersa Ben mhidi | •Tipaza | • El Marsa centre |
| • Honaine | • Khemisti | • Tigzirt |
| • El Marsa Chlef | •El Djamlla | • Ziam Mansouria |
| • Beni Haoua | •Rais Hamidouche | •El Marsa Skikda |
| • Gouraya | •Tamentefoust | •Chetaib |

-22 plages d'échouages :

Dont 01 à Ibahrizene (sidi-khelifa –Azeffoun).

-5 Bouées Off-shore:

- 02 a Arzew
- 01 a Bejaia
- 02 a Skikda

Depuis l'indépendance l'Algérie a construit :

- Deux Ports Spécialisés en Hydrocarbures: Bethioua (1978) et Skikda NP(1978),
- Un Port de Commerce : Djen-Djen (1993).
- 06 ports de Pêche: Bouharoun (1978), Stora (1980), Bouzedjar(1992) et Zemmouri El Bahri (1994), Bejaia, Annaba (Anse de la grenouillère).
- 05 Abris de Pêche: Tigzirt, Gouraya, El Marsa Skikda, Ziam Mansouria, Honaine.
- 05 Ports de Commerce ont été dotés de nouveaux quais : Mostaganem ,bejaia, Jijel, Skikda ,Annaba . et d'autres ports ont connu l'aménagement de terminaux à conteneurs et postes Ro-Ro(Alger, Oran, Annaba).

5.2. Les infrastructures portuaires en Algérie :

Totalisent environ :⁴

- ✓ 46.000 ml de jetées — dont 8 000 ml pour la pêche.
- ✓ 56 000 ml de quais dont 15.000 ml pour la pêche.
- ✓ 3.500 Ha de terre-pleins pour les marchandises. dont 65 Ha pour la pêche.
- ✓ 1 620 Ha de plan d'eau pour abriter les navires. dont 83 Ha pour la pêche.

⁴ Schéma Directeur de Développement des Infrastructures Maritimes et Portuaires à l'horizon 2025 (Rapport de Synthèse).

Chapitre 01 : Généralités sur les ouvrages portuaires

Partie(B) : Présentation et description des ouvrages portuaires.

Les Ouvrages qui constituent l'armature d'un port sont regroupés en deux catégories :

- ❖ **les ouvrages extérieurs** : digues de protection contre la houle ;
- ❖ **les ouvrages intérieurs** : qui permettent au port de tenir son rôle : darses, quais, appontements, écluses, formes de radoub, formes de construction, ponts mobiles : Mais aussi les équipements servant à la navigation tels que phares, balises, feux des musoirs.

I. Ouvrages extérieurs :

Les ouvrages extérieurs servent à protéger l'aménagement du port contre l'énergie de la houle.

1.1. Les digues :

Elles protègent l'avant-port contre l'agitation due à la houle et sont conçues pour résister à l'assaut des vagues. Trois types d'ouvrages sont utilisés.



Figure I.06 : Digue du port de pêche et de plaisance (Cap djenat).



Figure I.07 : Digue du port pétrolier (Arzew).

1.1.1. La digue à talus :

Constituée par un noyau de petits enrochements, recouvert par des couches de blocs de plus grande taille, et du côté mer par une carapace en gros blocs naturels ou artificiels (en béton), capable de résister aux efforts imposés par le déferlement des houles sur le talus. L'ouvrage est couronné par une structure massive en béton, arasée à un niveau assez élevé au-dessus de celui de la mer pour éviter son franchissement par les houles déferlantes.

Chapitre 01 : Généralités sur les ouvrages portuaires

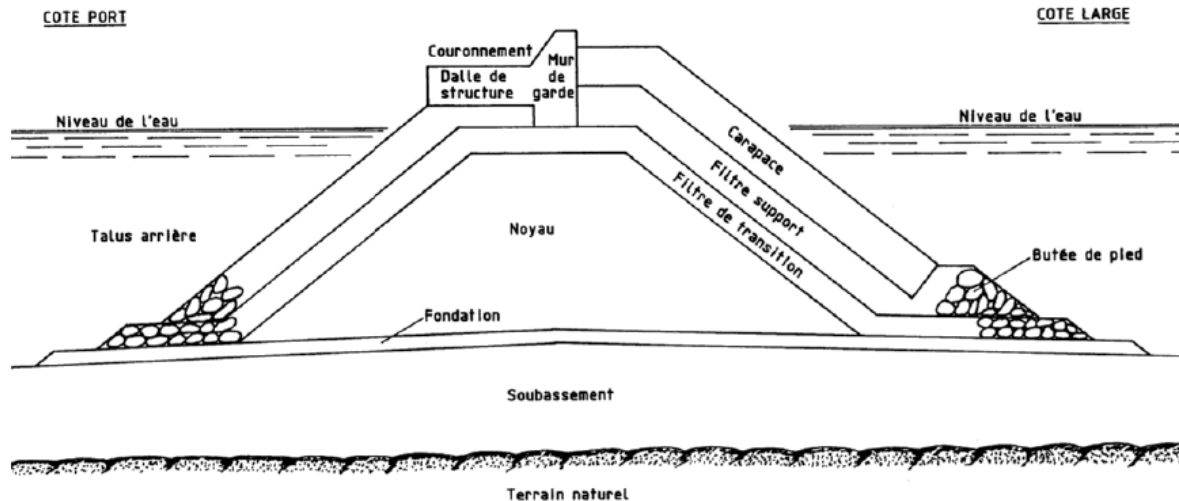


Figure I.08 : La digue à talus.

Une digue à talus est composée de :

- *Le soubassement* : sa mise en œuvre n'est pas systématique, il a pour rôle de rehausser le niveau d'assise de la digue dans le cas de grandes profondeurs, il est réalisé avec des matériaux moins coûteux généralement trouvés sur site (sable, galets,...)
- *La fondation* : éventuellement on utilise une couche de fondation pour assurer :
 - Le réglage du terrain accidenté
 - La transition entre les matériaux du terrain naturel (ou soubassement) et matériaux constituant la digue.
 - Répartition des charges de la digue sur le sol et homogénéiser les tassements.
- *Le noyau* : il constitue la grande partie de l'ouvrage, et il est généralement constitué de tout-venant de carrière (1/500Kg ou 1/1000Kg).
- *La carapace* : elle protège l'ensemble de l'ouvrage contre l'action de la houle, et elle est constituée d'enrochements naturels ou de blocs artificiels en béton généralement non armé, dont le poids est le facteur principal pour le dimensionnement.
- *Les sous-couches (filtre support)*: elles se situent sous la carapace afin d'assurer une bonne assise de la carapace et la transition avec les couches en dessous.
- *Le filtre (filtre de transition)* : il se place entre les sous-couches et le noyau en tout-venant, afin d'assurer la transition entre les deux matériaux et de retenir le départ des matériaux fins du tout-venant ;
- *La butée de pied* : elle a pour rôle principale le calage inférieur de la carapace pour éviter le risque de glissement ;
- *Le couronnement* : situé sur la partie supérieure de la digue, c'est un ouvrage généralement en béton, il est souvent constitué d'une dalle horizontale servant de voie de circulation et d'un mur vertical appelé mur de garde permettant de limiter les franchissements.
- *Le musoir* : c'est l'extrémité de la digue, il est soumis à une action renforcée de la houle.

Chapitre 01 : Généralités sur les ouvrages portuaires

1.1.2. les digues verticales :

Elles sont constituées par une muraille de grande hauteur, faite de gros blocs de béton (Supérieurs à 100 tonnes) empilés et liaisonnés par des puits verticaux remplis de béton légèrement armé, ou par des caissons de béton armé remplis de béton maigre ou d'enrochements. Cette muraille est fondée sur un massif d'enrochements. Ses dimensions doivent en assurer la stabilité et éviter qu'elle soit franchie par la houle qui, en se réfléchissant sur la paroi, forme un clapotis d'amplitude double.

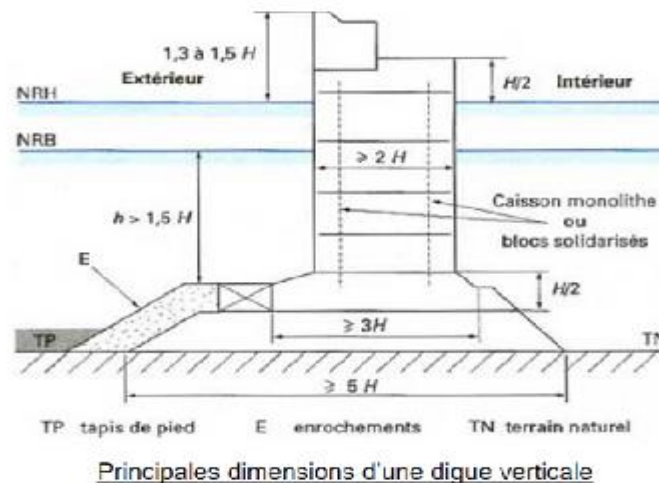


Figure I.09 : La digue verticale.

1.1.3. Les digues mixtes :

Procèdent de l'un et l'autre des types précédents, la muraille et le talus du soubassement devant être déterminés pour résister aux efforts des houles déferlantes. Dès que l'amplitude des houles auxquelles elles sont exposées est forte (plus de 4 m) et que la profondeur est importante (supérieure à 20 m), les digues sont des ouvrages très onéreux : leur coût varie sensiblement comme le carré de leur hauteur.

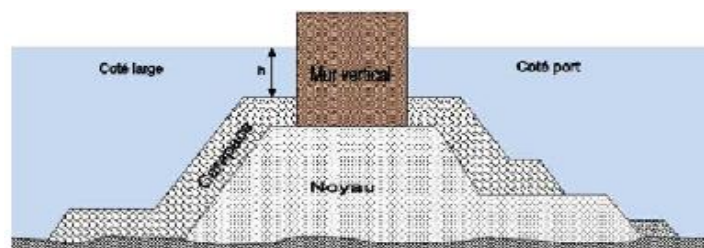


Figure I.10 : La digue mixte

II. Ouvrages intérieurs (Ouvrages d'accostage et d'amarrage):

Les ouvrages d'accostage constituent des points pour le stationnement et éventuellement l'amarrage des navires afin de leur assurer une liaison avec la terre ce qui permettra :

Chapitre 01 : Généralités sur les ouvrages portuaires

- Le transit des passagers et des marchandises, moyennant des équipements et des engins de manutention;

- Au navire la possibilité d'avitaillement, d'armements, de remisage, de réparation ou pour attendre la libération d'un poste d'opération.

On distingue généralement trois types d'ouvrages d'accostage : Les quais, les appontements, les ducs d'Albe



Figure I.11 : exemple d'un appontement



Figure I.12 : exemple d'un quai

2.1. Les quais :

Les quais, qui outre l'amarrage et l'accostage des navires, assurent une liaison directe entre le navire et les infrastructures terrestres du port. ils peuvent être classés sous plusieurs types :

- Les quais massifs, (blocs, caissons) ;
- Les quais en soutènement plan (parois moulées; palplanches).

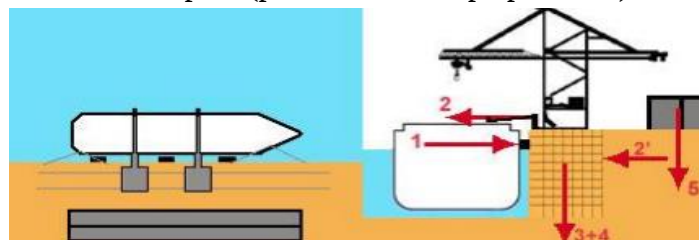


Figure I.13 : Schéma d'un quai.

2.2. Les appontements :

Qui sont des ouvrages permettant l'accueil et le stationnement des navires mais n'assurant pas une liaison directe avec les parties terrestres (où se trouvent les installations de stockage des cargaisons). Ils peuvent cependant servir à l'approche ou au dépôt de la marchandise.

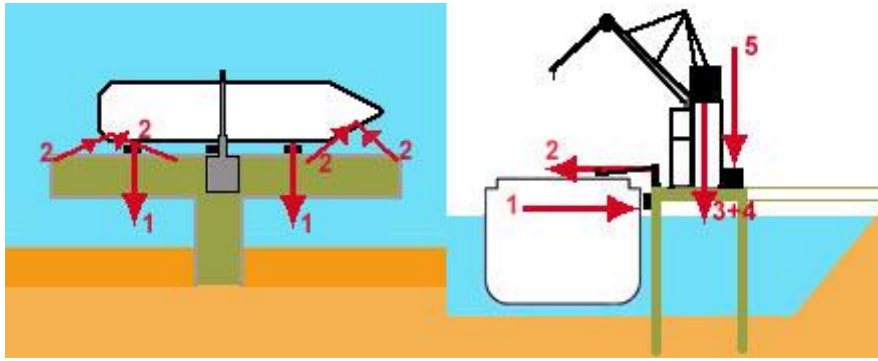


Figure I.14 : Schéma d'un appontement.

2.3. Ducs d'Albe :

Sont des ouvrages ponctuels permettant l'accostage ou l'amarrage des navires. Ils ne disposent pas de plate-forme sur laquelle peuvent être déposées les marchandises ou être installés des engins de manutention.

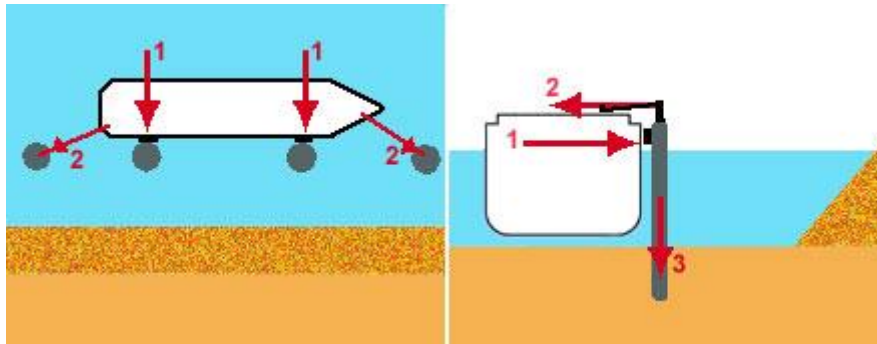


Figure I.15 : Schéma d'un duc d'albe.

Chapitre 01 : Généralités sur les ouvrages portuaires

III. Démarches à suivre pour l'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 :

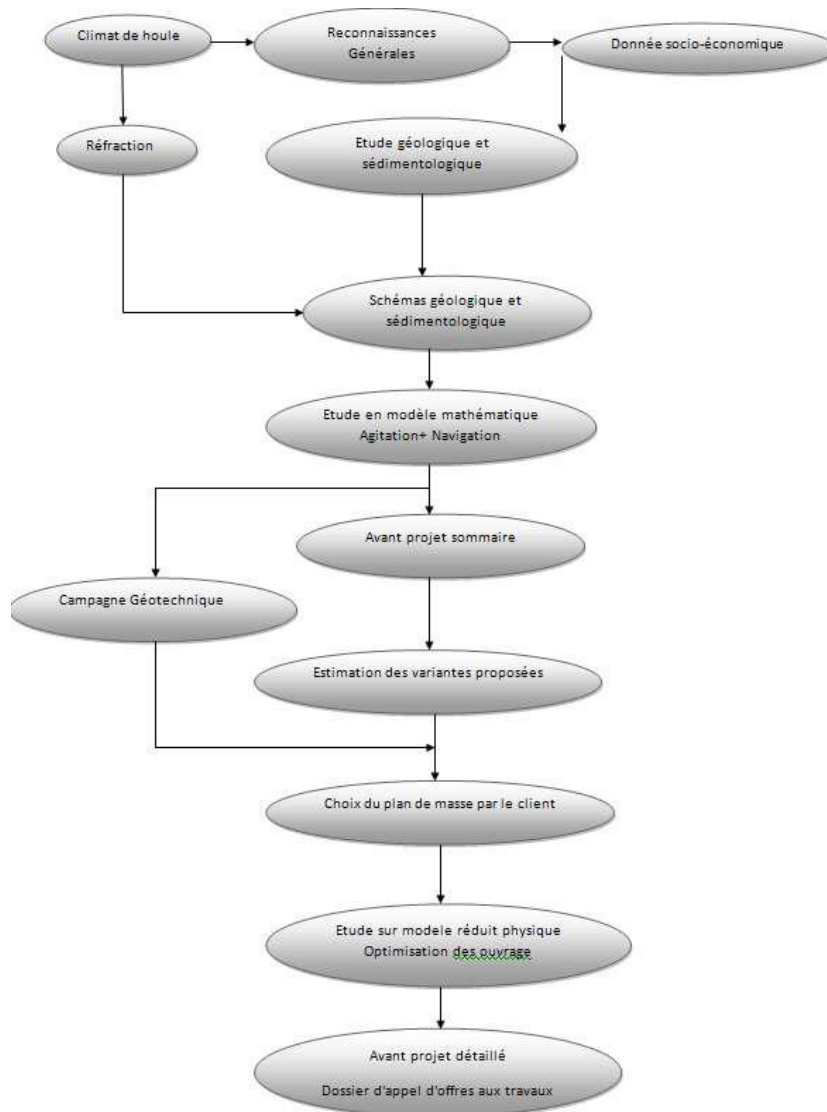


Figure I.16: Organigramme des étapes à suivre pour l'étude d'un port.

CHAPITRE 02 :
DESCRIPTION DE LA ZONE
D'ÉTUDE

Chapitre 02: Description de la zone d'étude

I. Situation géographique :

Azeffoun est une commune côtière située au Nord-est de Tizi-Ouzou et à l'Ouest de Bejaïa, insérée dans le territoire kabyle de la Wilaya de Tizi-Ouzou connu pour son relief montagneux fortement accidenté qui s'étale sur une superficie de 2 994 km², entouré d'une chaîne côtière composée des Daïras de Tizirt, Azeffoun et d'un massif central situé entre l'Oued Sebou et la dépression de Drâa El Mizan, Ouadhias.

Azeffoun est limitée par:

- La mer méditerranée au Nord.
- La commune d'Aghrib au Sud.
- La commune d'Iflissen à l'Ouest.
- La commune d'Aït Chafaa à l'Est.



Figure II.01 : situation géographique d'azeffoun.

1.1. Accessibilité :

1.1.1. L'accessibilité routière :

AZEFFOUN est desservie par la Route Nationale 24, qui longe le littoral, et relie ALGER à BEJAIA. Le chemin de wilaya 158, une voie d'accès venant de l'arrière-pays et passant par AZAZGA et desservant les villages limitrophes relie ainsi Azeffoun à son arrière-pays. Elle est reliée à Tizi-Ouzou par la RN 73 et la RN 12.

1.1.2. L'accessibilité par air :

La région d'Azeffoun ne dispose pas d'aéroport, mais se trouve à proximité de deux aéroports internationaux, celui de Houari Boumediene (Alger à environ 170 Km) et celui de Bejaia à environ 82 Km.

Chapitre 02: Description de la zone d'étude

1.1.3. Infrastructures ferroviaires :

Azeffoun ne dispose pas de gare ferroviaire et aucun réseau ne passe par cette région sauf qu'elle se trouve à proximité du chef-lieu de la wilaya de Tizi-Ouzou où le réseau ferroviaire dessert de la wilaya à partir d'Alger.

1.2 Présentation d'Azeffoun :

Analyse du milieu physique :

➤ **Topographie :**

La région d'Azeffoun se présente sous forme de montagne relativement élevées. Ce domaine montagneux se caractérise par des lignes de crêtes qui se présentent sous formes de croupes montagneuses disposées perpendiculairement à la mer. Par des falaises ayant des dénivellations très importantes qui atteignent parfois 20m.

➤ **Massif d'Azeffoun :**

Il limite la chaîne côtière pas l'Est à un relief très accidenté. Le massif d'Azeffoun et la Zone montagneuse sont couverts par des forêts de chêne liège avec de petites plaines entre elles. Cela offre un relief intéressant, attractif pour les touristes.

➤ **Bande côtière :**

La bande côtière se situe entre Oued M'LETA et la limite de la wilaya de Tizi-Ouzou ainsi que la limite de Bejaia. La région est dotée d'une belle côte rocheuse escarpée par endroits animés par des falaises déchiquetées et sculptées par l'érosion marine formant une série d'arcs, de cercles, le long desquels on trouve de petites et belles plages composées de sable fin et doré.

➤ **Climatologie :**

Le climat demeure le paramètre essentiel pour la pratique de l'activité touristique. Le climat d'Azeffoun est soumis à l'influence de climat méditerranéen de type humide caractérisé par l'opposition des deux saisons distinctes : Un hiver Frais et Humide et un été chaud et sec.

➤ **Secteur touristique :**

Azeffoun recèle d'appréciables potentialités touristiques, et constitue de part sa vocation une station balnéaire importante, on cite par exemple :

- Les ruines romaines de Thadarth ouzeffoun.
- Les allées couvertes d'Ait Rehouna.
- Les villages traditionnels.
- Les sites religieux.

1.3. Balnéaire :

Azeffoun dispose d'un port et de nombreuses plages autorisées à la baignade, celles qui sont en cours d'étude et d'autres qui sont interdites à la baignade dont on cite :

- a. **La plage Azeffoun:** S'étale sur plus de 1Km à tendance à répondre aux besoins balnéaires d'agglomérations.
- b. **La plage « Caroubier » :** Elle est à proximité de l'agglomération.
- c. **La plage « Petit Paradis » :** Une plage avec un sable doré, s'étale à 1Km. Sa superficie est de : 73800 m².

Chapitre 02: Description de la zone d'étude

d. La plage « Sidi Khelifa » : Elle est caractérisée par son sable de Bonne qualité. Sa superficie est de : 84000 m².

1.4. Port d'Azeffoun :

C'est un port qui a été construit sur les dernières traces du vieux port « Gueydon », géré par l'entreprise de gestion des ports de pêche de Bejaia à partir de l'an 2000. Le port d'Azeffoun est un port à double vocation pêche et commerce.

Longueur total de quais : 548 ml, dont :

- ✓ Quai d'armement et maintenance : 108 ml.
- ✓ Quai de commerce : 135 ml.
- ✓ Quai de pêche : 260 ml.
- ✓ Quai de carburant : 45 ml.

Conclusion

Azeffoun est une région assez attractive, constitue un espace où l'offre naturelle est exceptionnelle par la richesse et les opportunités dont dispose ce site elle comporte plusieurs sites archéologiques, historiques et religieux. De ce fait, elle offre un intérêt culturel spécifique à cette région. Mais ça reste une ville isolée par la difficulté d'accéder à la commune (manque des réseaux routiers), pour cela la mise en exploitation une infrastructure portuaire de plaisance aura impact sur la relance de tourisme au niveau de cette région.

II. Liaison Ville/port :

L'aménagement de la façade maritime: Tout en favorisant le développement des activités portuaires, la ville doit procéder à l'aménagement de son front de mer et des espaces ville –port afin de renforcer son attractivité.

1. L'activité de plaisance : La plaisance connaît une croissance constante et représente un secteur économique à part entière, alors l'implantation d'un nouveau port de l'activité de plaisance s'avère un moteur pour le tourisme à Azeffoun.

2. L'activité touristique : Le développement d'une quelconque activité touristique restera bien évidemment corollaire à l'avènement d'une culture du tourisme qui sera déclenchée par une volonté politique réelle et s'inscrit dans une vision globale intégrant à la fois durabilité, valorisation des potentialités de la région, et métropolisation en termes de projets.

Un port de plaisance constitue un pôle d'aménagement majeur pour la commune qui l'héberge. Il est bien sur un atout touristique qui ne doit pas se tourner uniquement vers le plaisancier, le plaisancier doit être orienté à visiter et lui faire connaître l'arrière-pays

La région de la Kabylie est riche de ces endroits, le plaisancier a le choix entre plusieurs sites touristiques pour découvrir le pays.

➤ On peut citer :

- Les villes d'Azeffoun, et Tigzirt
- Les villages traditionnels kabyles d'Ait chafaa
- Les forêts de Yakourene et des Akfadou

Chapitre 02: Description de la zone d'étude

- Entre autres wilayas de Bejaia (Cap Carbon et Yemma Gouraya), Boumerdes (la ville Dellys et le port cap-Djenat) sont des sites qui attirent les plaisanciers à visiter.

2.1. Définition d'un port de plaisance :

Le port de plaisance est un espace d'échange, il permet de valoriser fortement les activités économiques et commerciales. Il est défini comme étant un espace réservé aux bateaux de plaisance à voile et à moteur. Il accueille des bateaux résidents à l'année ou des bateaux visiteurs (de passage) en offrant des services variables d'un port à l'autre. Un port littoral de plaisance offre généralement plusieurs places de taille variable pour des bateaux allant d'environ 5 mètres à une vingtaine de mètres de longueur. Seuls quelques ports de plaisance peuvent recevoir des bateaux de taille supérieure.

2.2. Organigramme des activités et les interactions dans le port de plaisance :

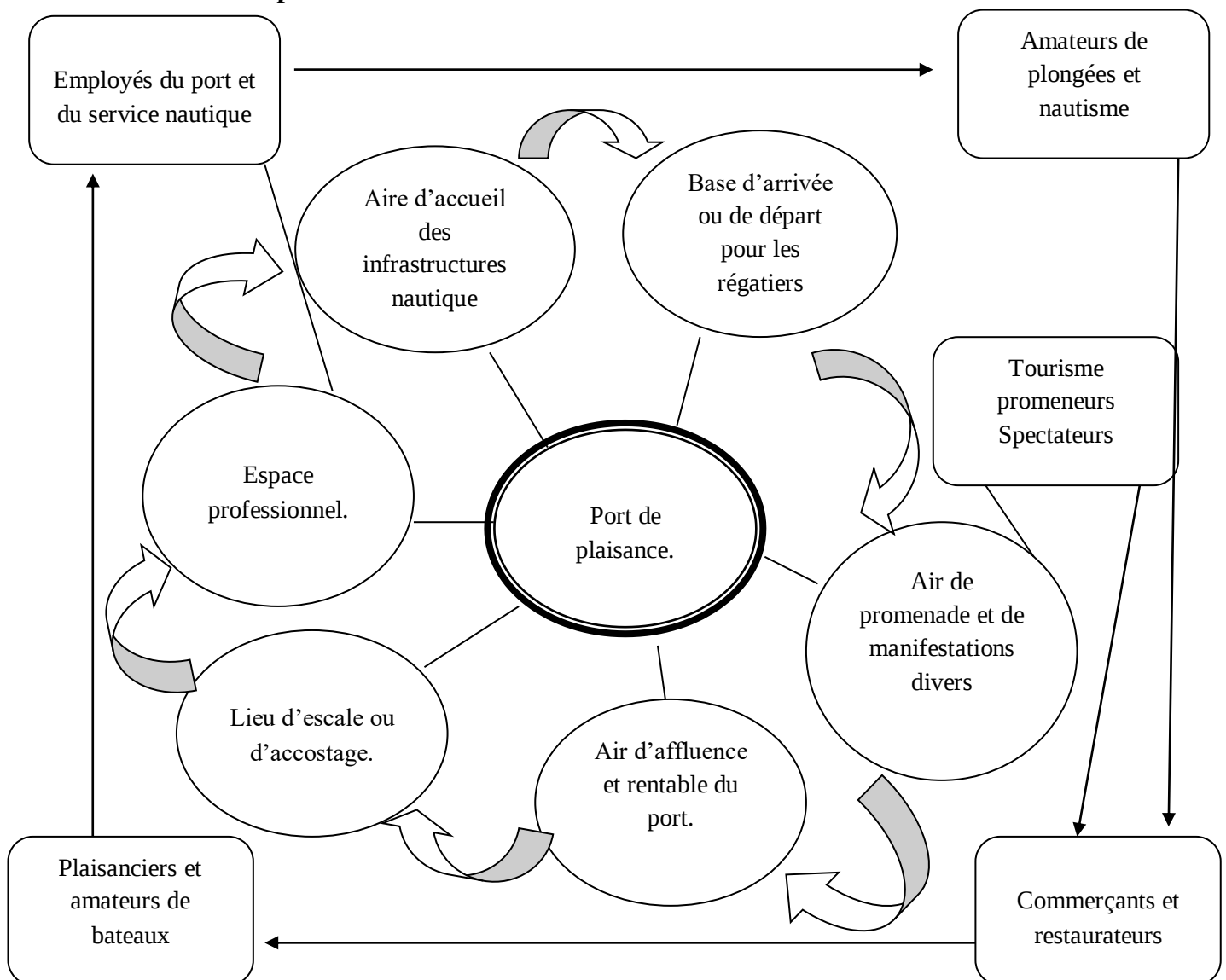


Figure II.02 : Organigramme des activités et interactions dans le port de plaisance.

Chapitre 02: Description de la zone d'étude

2.3. Exemples de ports de plaisance :

2.3.1. Port de Sidi Fredj :

Le port de plaisance de Sidi Fredj a été construit en 1971, sa capacité est de 450 embarcations de plaisance de 4.5 m à 15m de long.

Le port a été dragué au niveau de sa passe d'entrée en 2006.



Photo II.03 : port de Sidi-Fredj.

<i>Ouvrages de protection</i>	<i>Longueur(ml)</i>
Jetée principale Nord	200
Petit jetées Sud	190
<i>Total</i>	<i>390</i>
<i>Ouvrage d'accostage</i>	<i>Longueur (ml)</i>
Quais	495
5 Appontement en Béton	340
5 Appontement Flottants	110
<i>Total</i>	<i>945</i>
<i>Terre plein</i>	<i>Surface (ha)</i>
<i>Plan d'eau</i>	<i>Surface (ml)</i>
	2.00
<i>Flottille de pêche</i>	<i>Quantité</i>
Plaisanciers	450
<i>Passe d'entrée</i>	<i>Longueur(ml)</i>
	50

Tableau II.01 : Caractéristiques techniques du port de Sidi-Fredj.

Chapitre 02: Description de la zone d'étude

2.3.2. Port de Saïdia (Maroc) :

Le port de Saïdia été construit en 1999 au Maroc, sa capacité est de 1350 anneaux, dispose actuellement de 804 mouillages, compris entre 7 et 50 m. Il est classé le 3ème port de plaisance de la Méditerranée et le plus grand d'Afrique.



Photo II.04 : Port de plaisance Saïdia.

<i>Ouvrages de protection</i>	<i>Longueur (ml)</i>
Une Digue	820
Une traverse	386
<i>Total</i>	<i>1206</i>
<i>Ouvrage d'accostage</i>	<i>Longueur (ml)</i>
Quais Est	110
Quais Ouest	110
Appontement Flottants	96
<i>Total</i>	<i>316</i>
<i>Terre plein</i>	<i>Surface (ha)</i>
	16

Tableau II.02 : Caractéristiques techniques du port de plaisance Saïdia.

2.3.3. Port Sidi Bou Said (Tunisie) :

Ce port de plaisance est installé sur le flanc sud du cap Carthage. Il est dominé par le village mauresque, situé au sommet d'une colline, lieu de rencontre des artistes. En plein cœur golfe de Tunis, sa capacité est de 380 anneaux.

Chapitre 02: Description de la zone d'étude



Photo II.05 : port Sidi Bou Said.

Conclusion :

Les aménagements portuaires de plaisance font partie de développement touristique de la commune d'Azeffoun.

- ✓ Assurer un maximum d'intégration au site à travers une parfaite adaptation des équipements et infrastructures touristiques proposés sur terrain en épousant la forme du terrain.
- ✓ Protection de l'ensemble du potentiel naturel touristique qui constitue une véritable ressource naturelle et économique rentable pour la région.
- ✓ Assurer des équipements et des installations pour répondre à une demande variée.
- ✓ Création des activités nautiques et de plaisance.
- ✓ Création des voies d'accès mécaniques et piétonnes, et relier les différentes zones au port par la création des cheminements piétons afin de faciliter les déplacements des résidents et estivants.

III. Motivation du choix de réalisation d'un port de plaisance à Sidi Khelifa (Azeffoun – Tizi-Ouzou) :

Il s'agit d'un ambitieux projet structurant, à portée économique nationale. Il fait partie de 05 ports de plaisance de grandes tailles, prévus à l'échelle nationale.

L'intérêt stratégique de ces ports est de permettre à l'Algérie d'attirer une part importante du mouvement de touristes dans la région du bassin méditerranéen. Ce port est dimensionné pour recevoir jusqu'à 600 unités d'embarcations (y compris des grands bateaux de croisières).

CHAPITRE 03 :
CHOIX DU SITE D'IMPLANTATION

Chapitre 03 : Choix du site d'implantation

Partie A : Etude du site retenue.

Introduction :

Le site est situé à environ 14 KM à l'Est de la ville d'Azeffoun.

L'accès au site s'effectue par la RN24 puis par une pénétrante. Un parking est implanté à la fin de cet accès routier.

La zone d'étude correspond à une plage délimitée à l'Est et l'Ouest par des falaises. Au sud, le site est délimité par des broussailles sur une dune et des terres agricoles qui forment une série de montagne.

La plage est constituée de sable et galets. Le bas de la plage est constitué de petits galets. L'oued SIDI KHELIFA débouche à l'Ouest.



Figure III.01: Situation du site.

I. Prospection du choix de site :

Après la réalisation d'une étude sédimentologique sur le site de sidi-khelifa les résultats obtenus ont montré la présence d'un risque d'ensablement, à cet effet un autre site plus approprié doit être recommandé.



Figure III.02 : Emplacement du site choisis.

Chapitre 03 : Choix du site d'implantation

II. Résultats de l'étude du choix de site :

Après l'étude de faisabilité sur le site crique Oued sef-saf, l'évaluation multicritère a confirmé que ce site est plus convenable et répond favorablement aux critères définis (Risque Naturelle d'ensablement, d'érosion des plages et d'obstruction d'Oued.....).

2.1. Situation géographique du site retenue (Crique Oued Sef-Saf) :

Le site étudié correspond à la zone littorale, relativement rectiligne, située entre Azzefoun et Béni Ksila plus précisément aux embouchures des oueds Acif El Hammam et Ibahrissène. Il s'étend sur environ 4km.

L'accès à ce site s'effectue à travers la route N24 puis par des routes sans noms principalement plat. (Et d'autres routes qui mènent aussi vers ce site).



Figure II.03 : Situation géographique du site Crique Oued Sef-Saf.



Figure II.04 : la zone retenue.

Chapitre 03 : Choix du site d'implantation

III. Données de l'étude de la campagne géotechnique sur le site crique oued sef-saf :

3.1. Disposition des essais :

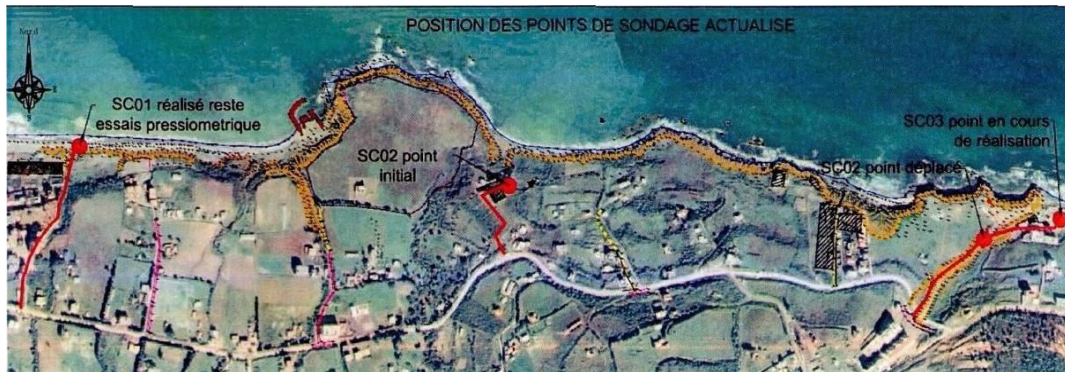


Figure III.05 : La position des points de sondage.

- Le sondage SC01 de 15m de profondeur a été achevé ;
- Le sondage SC02 a été placé vers le site petit paradis.

Les coordonnées finales des sondages sont insérées dans le tableau qui suit :

Coordonnées	X	Y	Z
Sc1	537426	4083159	3
Sc2	639540	4083015	2
Sc3	6393662	4082972	18
Pr1	637423	4083159	4

Tableau III.01: les Coordonnées finales des sondages.

3.2. Les essais in situ :

a) Sondages carottés :

Les sondages carottés permettront de prélever des échantillons des sols rencontrés à l'effet de réaliser des essais en laboratoire. Au total, quarante ; (03) sondages carottés dont deux (02) sondages de trente mètres (30m) de profondeur et un sondage de quinze mètres (15 m) de profondeur.

b) Essai Préssiométrique :

Un sondage préssiométrique de 15m de profondeur, réalisé par pas d'essai de 2m. L'objet de cet essai est de:

- ✓ Connaître les déformations du sous-sol, selon les paliers de contraintes.
- ✓ Déterminer la nature des couches traversées par la tarière hélicoïdale.
- ✓ Déterminer le taux de travail du sol compatible avec les tassements.

3.3. Essais en laboratoire :

Selon la nature des couches du sol rencontrées, il sera effectué pour chaque échantillon prélevé, des essais d'identification et la détermination des paramètres suivants :

Chapitre 03 : Choix du site d'implantation

- ✓ Analyse granulométrique par tamisage sur 15 unités.
- ✓ Essais pour déterminer la densité apparente (sèche et humide) sur 15 unités
- ✓ Essais pour déterminer la teneur en eau sur 15 unités.
- ✓ Essais pour déterminer les limites d'Atterberg sur 15 unités.
- ✓ Essais compressibilité à l'odomètre sur 15 unités.
- ✓ Essais de cisaillement boîte casagrande sur 15 unités.

IV. Résultats de la campagne géotechnique :

4.1. Essais in situ :

4.1.1. Coupes géologiques des sondages carottés :

Les coupes des sondages carottés, montrent que le site d'étude est essentiellement représenté par des alternances d'argiles graveleuses à blocs de grés et des bancs de grés.

Les coupes des sondages sont détaillées comme suit :

Sondage Carotté Sc N°01 :

0.00-1.0 : Remblais.

1.00-9.00m : Sable argileux graveleux à galet et à blocs de grés.

9.00-9.60m : Blocs de grés.

9.00-15.00m : Pérites schisteuses friables de couleur grise.

Sondage Carotté Sc N°02 :

0.00-1.70m : Remblais.

1.70-9.50m : Pérites schisteuses friables et altérées de couleur grise.

9.50-30.00m : Pérites schisteuses fracturées à filonets de calcites, de couleur grise.

Sondage Carotté Sc N°03 :

0.00-5.10 : Remblais (corps de chaussée et enrochement).

5.10-9.60m : Sable.

9.60-30.00m : Pérites schisteuses fracturées à filonets de calcites, de couleur grise.

➤ La qualité de la roche RQD :

Le RQD (Rock Quality Designation) est le rapport en pourcentage entre la longueur cumulée des carottes supérieures à 10cm et la longueur totale de la carotte considérée.

$$RQD = Z (L > 10cm) / L \text{ totale.}$$

Selon la classification de Deere, on peut estimer la qualité de la roche selon le tableau ci-dessous:

Chapitre 03 : Choix du site d'implantation

Classification de Deere.	
RQD%	Qualité de la roche.
0-25	Très médiocre
25-50	Médiocre
50-75	Moyenne
75-90	Bonne
90-100	Très bonne

Tableau III.02 : Classification de la roche selon Deere.

La qualité de la roche selon les échantillons récupérés des sondages carottés sont de type très médiocres.

N° de sondage	Passe (m)	RQD (%)	Qualité de la roche selon la classification de Deere
Sc1	9-15m	0	Très médiocre
Sc2	1.70-30m	2.5	
Sc3	9.60-30m	6	

Tableau III.03 : la qualité de la roche des sondages.

En conclusion, les sondages carottés réalisés complétés par les observations des affleurements faites lors des visites du site montrent les formations géologiques suivantes :

- ✓ Au niveau des plages, les sols sont des sables argileux graveleux a galet et a blocs dégrés.
- ✓ Les falaises rocheuses sont représentées par des alternances entre des pélites et des bancs dégrés.
- ✓ Les alluvions représentées par des argiles à galets.
- ✓ Les éboulis de pentes représentés par des argiles et des bancs de grés
- ✓ Selon les sondages carottés le substratum est représenté par des pélites.

Les photos des formations géologiques rencontrées sur site sont jointes en (annexe n°01).

4.2. Résultat essais préssiométriques :

Les résultats des essais préssiométriques sont insérés dans le tableau qui suit :

Profondeur (m)	Module préssiométriques Em (bars)	Pression limite Pl (bars)
2	142.2	7.4
4	205.3	18.1
6	88.3	18.5
8	335.2	47.2
10	3386.9	50
12	147.2	31.2
14	243.3	37.3

Tableau III.04 : Résultats des essais préssiométriques.

Chapitre 03 : Choix du site d'implantation

Ces résultats montrent que les sols à cet endroit présentent deux horizons :

- ✓ Un horizon avec des pressions moyennes variant de 7.4 à 18.5 bars.
- ✓ Un horizon avec des pressions limites élevées variant de 31.2 à 50 bars, cet horizon correspond aux formations pélitiques.

4.3. Essais de laboratoire :

Les échantillons prélevés des sondages carottes ne s'adaptent pas aux essais classiques de la mécanique des sols (les sols sont rocheux), alors sauf quelques essais ont été réalisés:

Les analyses chimiques des sols.

Les densités apparentes.

4.3.1. Résultats des essais :

N° des sondages	Profondeur (m)	γ_d (t/m ³)	γ_h (t/m ³)	Teneur exprimé en% par rapport au mat.sec			Teneur en anions de sulfate (mg/l)
				% insoluble	% carbonates	% gypses	
Sc1	2m	-	-	85.69	9.15	0.00	0.00
	9.5m	-	-	81.73	11.97	0.00	0.00
Sc2	2.10	2.088	1.831	79.65	12.94	0.00	0.00
	12	2.652	2.588	73.21	17.98	0.00	0.00
Sc3	12.60	2.670	2.652	80.54	12.94	1.771	9878.4
	20	2 701	2 672	8179	1223	2'8597	15949.5
	29.20	2.677	2.646	84.50	10.07	1.9741	11010.30

Tableau III.05 : Résultats des essais de laboratoire.

- Les valeurs des densités mesurées sont supérieures à 1.8t/m³, indiquant des sols sont denses.
- D'après les résultats obtenus et selon la norme NF P 18-011 (Décembre 2009), une agressivité élevée de classe XA3 a été enregistrée.

Conclusion :

La topographie du site présente un versant qui se jette vers la mer, les pentes sont moyennes à élevées du côté Est, elles deviennent faibles vers l'Ouest. Ce site présente plusieurs ravinements.

Sur le plan géologique, la région du site d'étude est constituée par les terrains d'âge nummulitique supérieur, ils sont essentiellement représentés par le faciès flysch.

Les sondages carottés réalisés complétés par les observations des affleurements faites sur site, le site montrent les formations géologiques suivantes:

- ✓ Au niveau des plages, les sols sont des sables argileux à galet et à blocs de grès.
- ✓ Les falaises rocheuses sont représentées par des alternances entre pélites et des bancs de grès

Chapitre 03 : Choix du site d'implantation

- ✓ Les alluvions représentées par des argiles à galets
- ✓ les éboulis de pentes représentés par des argiles et des bancs de grès.

Selon les sondages carottés le substratum est représenté par des pélites.

Les essais pressiométriques réalisés révèlent des pressions limites moyennes à élevées.

Les essais au laboratoire ont donné ce qui suit:

- ✓ Les valeurs des densités mesurées sont supérieures à 1.80t/m³, indiquant des sols denses.
- ✓ D'après les résultats obtenus et selon la norme NFP18-011(Décembre 2009), une agressivité élevée XA3 a été enregistrée (Voir [Annexe 01])

Chapitre 03 : Choix du site d'implantation

Partie B : Données de projet.

I. Données météorologiques :

Comme les deux sites se trouvent entre les frontières des deux wilayas Bejaia et Tizi-Ouzou, les données prises sont les données de la wilaya de Bejaia.

1.1. Données climatiques :

Béjaïa possède un climat méditerranéen chaud avec été sec (Csa) selon la classification de Köppen-Geiger. Sur l'année, la température moyenne à Bejaïa est de 17.8°C et les précipitations sont en moyenne de 733.1 mm

1.1.1. Température :

Au mois d'Août, la température moyenne est de 25.5°C. Août est de ce fait le mois le plus chaud de l'année. Janvier est le mois le plus froid de l'année. La température moyenne est de 11.3°C à cette période.

1.1.2. Humidité :

L'humidité de l'air est relativement élevée au niveau de Bejaia, en raison de présence de la mer, des plans d'eau ainsi que la richesse de la région en écosystèmes forestières. La valeur annuelle du taux d'humidité est de l'ordre 76% (1970-1999).

1.1.3. Pluviométrie :

Les données pluviométriques recueillies sur une période de 18 ans (1969 - 1986) au niveau de la Station de l'ONSM de Bejaia, fournissent les valeurs moyennes suivantes:

- pluviométrie: 798 mm/an
- évapotranspiration potentielle: 1154 mm/an

1.2. Données physiques :

A. Topographie :

Le récepteur GPS cinématique en temps réel (RTK) permet de mesurer un point à quelques centimètres près.

Ce récepteur mobile, porté par le topographe au moment du levé, fonctionne en mode RTK (Real Time Kinematic), résolution des ambiguïtés en mode OTF. il reçoit les données des satellites et de la station de référence simultanément et fournit instantanément la position tridimensionnelle du point à une précision inférieure à cinq centimètres (<5 cm).

Le transfert et le traitement de données sont réalisés sur logiciel TGO (Trimble Geomatic Office).

La visualisation de ces données permet de déceler les éventuelles anomalies et de détecter les zones non couvertes.

Chapitre 03 : Choix du site d'implantation

Stations	04
Surface levée	19 Ha

Tableau III.06 : Surface levée réalisées en topographie.

1.3. Levé bathymétrique :

Levé bathymétrique consiste à déterminer les coordonnées tridimensionnelles des points du fond marin dans le système géodésique WGS84 à l'aide d'un récepteur GPS et d'un échosondeur.

Un levé bathymétrique réalisé par profils parallèles espacés de 25 m avec une distance entre points de sondes égale à 10m, La surface bathymétrique totale de 120 hectares

L'analyse de la carte bathymétrique et des profils a révélé que la morphologie est irrégulière entre 0 et -6 m et régulière au de-là de -6 m (voir annexe 02). Cette analyse a permis de mettre en évidence :

- Une barre sableuse à -6 m le long de la côte
- Une zone rocheuse au niveau du site retenu entre la côte et -2 m de profondeur
- La pente du fond est douce de l'ordre de 3%

II.Sondage à la lance :

Les sondages au nombre de soixante (60) ont été réalisés par plongeurs, qui utilisent une lance (tube galvanisé) de trois mètres de long, graduée en centimètres et reliée par un flexible à une bouteille de plongée.

Sous l'effet de l'air comprimé, injecté par forte pression, les particules fines sont dégagées, permettant ainsi l'enfoncement de la lance jusqu'au refus. La lecture de la graduation correspondant à la partie enfoncée de la lance dans le fond marin renseigne sur l'épaisseur de la couche de matériaux meubles en place.

Les résultats obtenus au tableau (voir [Annexe 01]) montrent que le sol est partiellement sableux.

III.Etude sédimentologique :

Les prélèvements d'échantillons de sédiment ont été réalisés au niveau du site, le nombre total est de 51 échantillons répartis au niveau du site d'étude.

L'échantillonnage de la couche superficielle des sédiments a été réalisé au moyen d'une benne preneuse de type VAN VEEN.

Résultats (voire [annexe 01]), Cette étude a montré que le transport sédimentaire pour le site a un sens Ouest vers Est transportant un volume d'environ 30 000 m³/an.

CHAPITRE 04 :
ETUDE DES DONNÉES RELATIVES AU
PROJET

Chapitre 04 : Etude des données relatives au projet

La mer est un milieu liquide toujours agité dont le mouvement est la résultante d'ondulations de diverses périodes, et de courants généraux plus ou moins uniformes.

I. 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. 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.

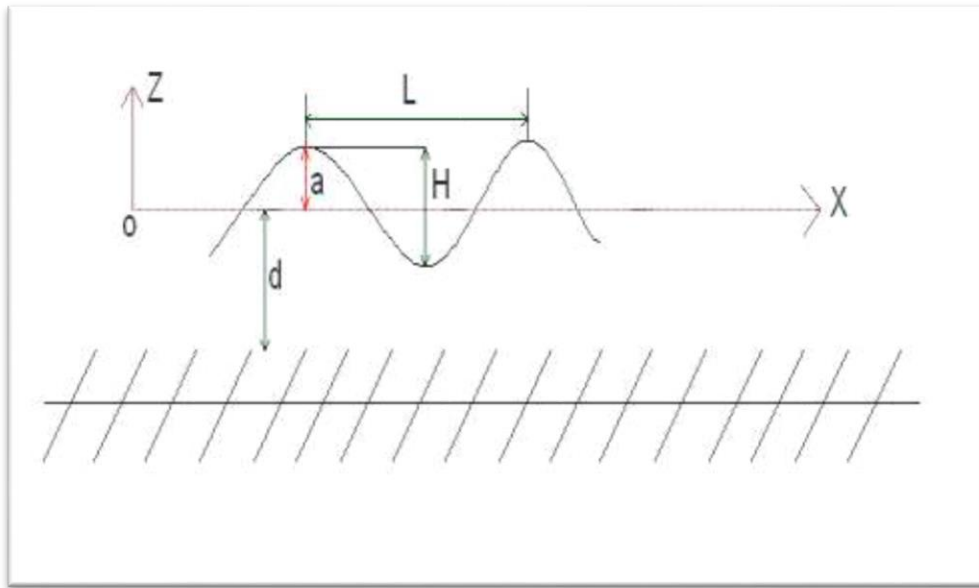


Figure IV.01 : Courbe représentative des caractéristiques de la houle(AMEUR, et al., 2009)

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 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)

1.1. Déformation de la houle au cours de sa propagation :

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

Chapitre 04 : Etude des données relatives au projet

1.1.1. La réfraction:

C'est la déformation de la ligne de crête, à l'approche du rivage.

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.

$$\frac{H}{H_0} = K_r K_s \quad \text{avec} \quad K_r = \sqrt{b_0/b_1} \quad \text{et} \quad K_s^2 = \frac{L_0}{L} \cdot 1 + \frac{\frac{1}{4\pi d} \frac{L}{L}}{L}$$

- b_0 : Largeur du front de vague au large
- b_1 : Largeur du front de vague au point considéré
- L_0 : La longueur d'onde au large
- L : La longueur d'onde au point considéré

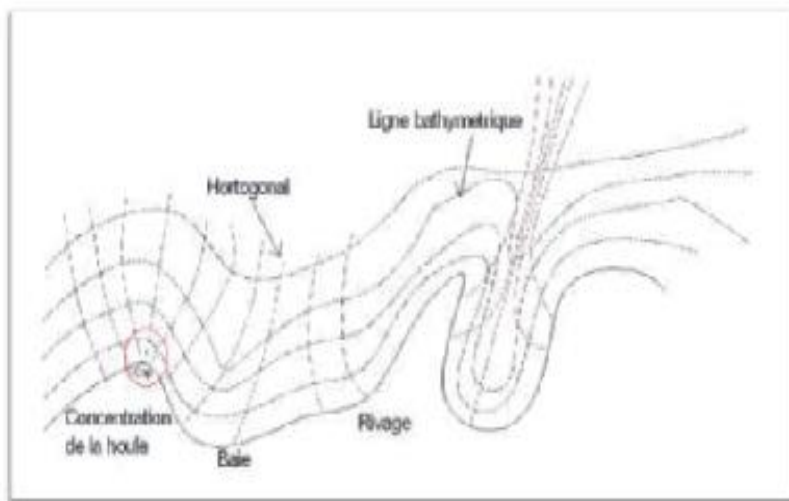


Figure IV.02 : Réfraction (AMEUR, et al., 2009)

1.1.2. La diffraction :

Si un point singulier qui n'arrête que partiellement la houle, celle-ci le contourne, on dit qu'il y a diffraction de la houle.

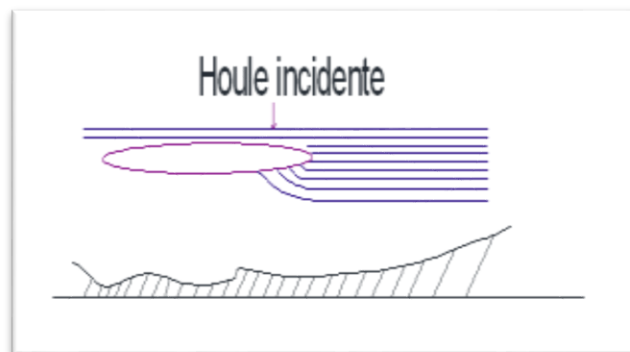


Figure IV.03: La diffraction (AMEUR, et al., 2009)

Chapitre 04 : Etude des données relatives au projet

1.1.3. La réflexion :

Lorsque la vague percute un obstacle, il se produit une réflexion.

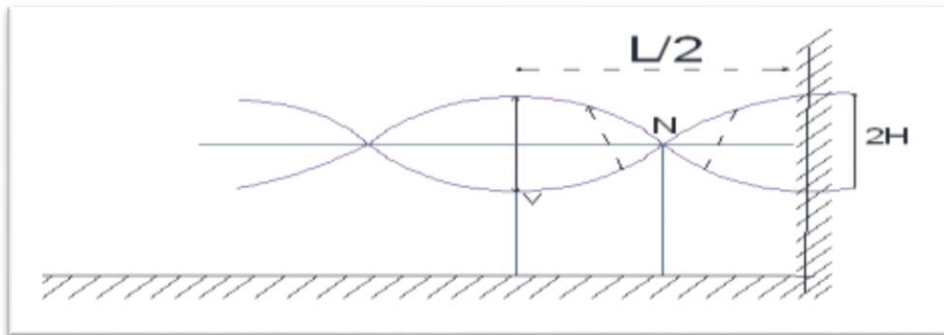


Figure IV.04 : La réflexion sur un mur vertical (AMEUR, et al., 2009)

1.1.4. Le déferlement :

C'est la notion de déstabilisation ou d'effondrement de la vague, du a une forte pente.

➤ Types de déferlement :

Différents types de déferlement sont observés.

- Le déferlement glissant ou déversant
- Le déferlement plongeant par pente forte
- Le déferlement gonflant ou (frontal par pente plus forte)

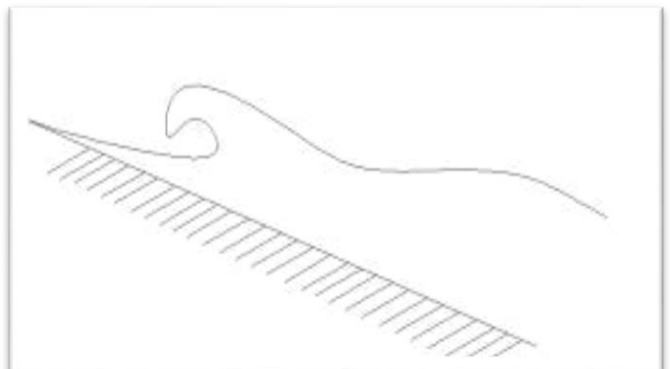
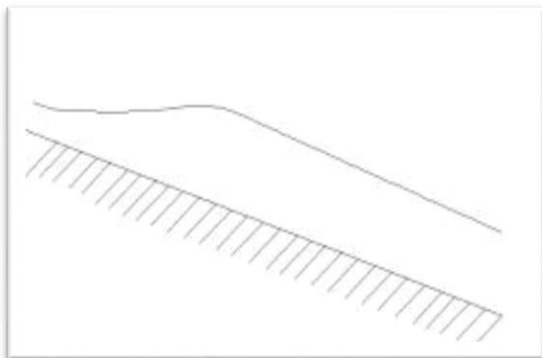


Figure IV.05 : déferlement glissant **Figure IV.06** : déferlement glissant plongeant par pente.

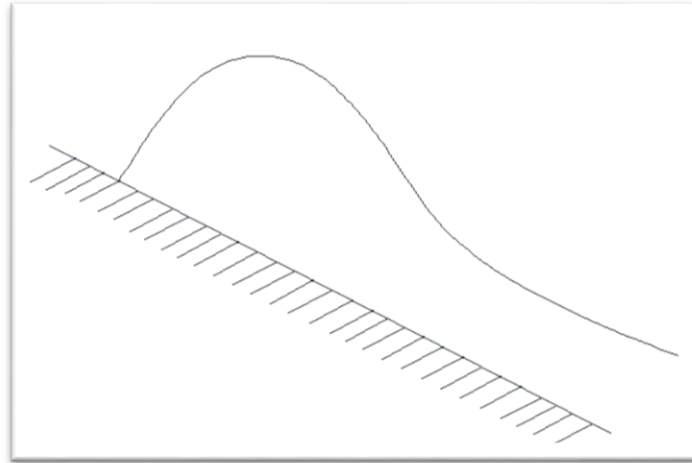


Figure IV.07 : Déferlement frontal

1.2. La marée :

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.

1.3. Les courants :

Les courants marins sont causés par :

- ✓ Par l'action des forces internes (pesanteur, pression)
- ✓ Par l'action des forces externes (vents, attraction des astres)

II. Les Données océanographiques de projet :

2.1. Houle au large :

La détermination des conditions de houles au large a été faite sur la base de l'analyse de : (Summary of Synoptic Meteorological Observations, USA(SSMO)).

Cette analyse permet de déterminer les secteurs prédominants de la houle et leurs amplitudes

Chapitre 04 : Etude des données relatives au projet

Mois Direction	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
Aout	12.40	19.90	24.90	18.50	16.50
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	19.20
Décembre	6.70	4.50	6.00	38.60	19.20
Annuel %	9.10	10.9			

Tableau IV.01 : Fréquences mensuelles de la houle au large par direction.

L'agitation provenant des secteurs Ouest et Est, est la plus fréquente, néanmoins par fortes houles, le secteur Ouest prédomine. Les houles de tempête proviennent essentiellement du secteur Ouest pour les secteurs Nord et Nord-Est les fréquences d'apparition sont très faibles.

2.1.1 Caractéristiques de la houle au large:

On constate que les houles dans la baie de Bejaia se caractérisent par deux directions privilégiées : Ouest - Nord - Ouest (300°).

Nord - Nord Est (20° - 40°).

En hiver les houles prédominantes sont de secteur ouest nord-ouest (pour plus de 80%) avec une Période moyenne de 8 à 9 secondes, des périodes supérieures à 10s, pouvant atteindre 13s, sont élevées lors des grandes tempêtes.

Les houles d'été de direction Nord - Nord Est se caractérisent par une amplitude de 0.5m à 1.5m; 50% de ces houles ont une période de 6 à 9s et n'atteignent que très rarement 3m d'amplitude

L'amplitude moyenne est de 2 à 3m et les amplitudes maximales peuvent atteindre 4 à 6m.

Direction houles	Hauteur					
	Est	Nord-Est	Nord	Nord-Ouest	Ouest	Toutes Directions
Biennale	3.51	4.00	5.46	7.03	7.92	8.41
Quinquennale	4.01	4.67	6.50	8.10	9.03	9.44
Décennale	4.38	5.16	7.27	8.90	9.86	10.21
Vingtennale	4.75	5.67	8.05	9.71	10.70	10.98
Cinquantennale	5.24	6.33	9.08	10.78	11.81	12.01
Centennale	5.61	6.83	9.85	11.58	12.64	12.78

Tableau IV.02 : Statiques de la houle au large.

Chapitre 04 : Etude des données relatives au projet

2.2. Les courants :

Les courants généraux sont connus comme étant des courants qui viennent par le Déroit de Gibraltar et se dirigent vers l'Est (0.5 à 1 m/s). Ces courants forment dans la baie, des contre- courants littoraux vers l'Ouest.

2.3. Marée et niveau d'eau :

Sur la cote algérienne les variations du niveau de la mer dues aux marrées sont relativement faible et qu'elles dépassent rarement 20cm.

Niveaux d'eau le long de la côte Algérienne

Référence	Niveau
Niveau maximum	+50cm NGA
Moyenne haute mer de vives-eaux	+10 cm NGA
Moyenne basse mer	-10cm NGA
Niveau minimum	-34cm NGA

Tableau IV.03 : Niveaux d'eau le long de la cote algérienne.

III. Le séisme :

En fonction de l'intensité sismique, l'Algérie est découpé en cinq zones sismiques :

- ✓ Zone 0 : Sismicité négligeable
- ✓ Zone I : Sismicité faible
- ✓ Zone IIA: Sismicité moyenne
- ✓ Zone IIB: Sismicité élevée
- ✓ Zone III : Sismicité très élevée

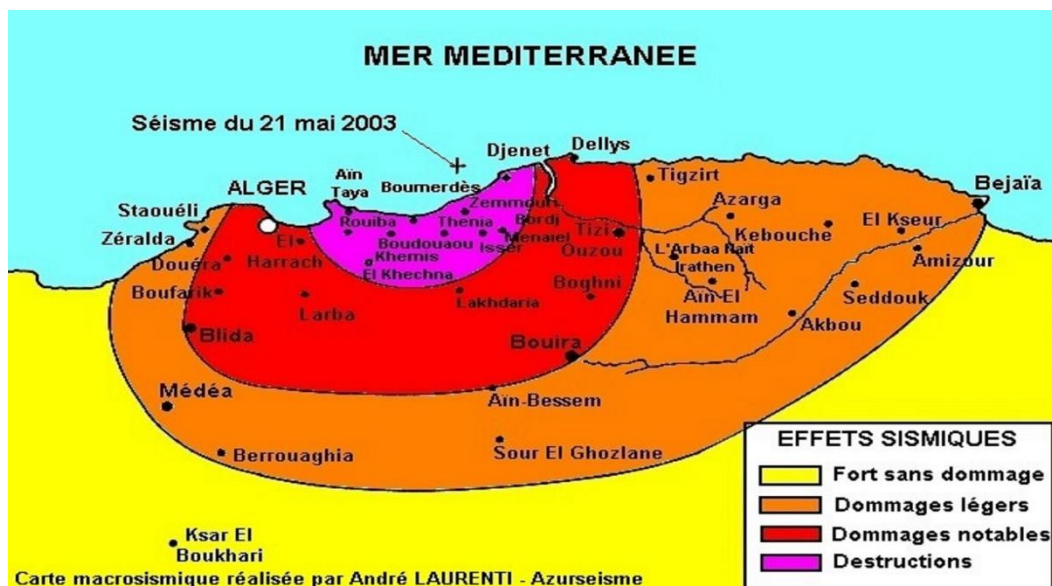


Figure IV.8 : Carte macrosismique (Azursiesme)

Chapitre 04 : Etude des données relatives au projet

Cette carte tente une approche sur les effets provoqués par le séisme du 21 mai 2003. Carte proposée par André Laurenti réalisée d'après les témoignages transmis sur « azursiesme »

D'après le tableau ci-dessous (source RPA 2003), Sidi Khelifa est classée dans le Zone IIA

$$K_v = K_h = 0.15 \text{ et } K_v = 0.3 \times K_h = 0.3 \times 0.15 = 0.045$$

Groupe zone	I	IIA	IIB	III
1a	0.15	0.25	0.30	0.40
1b	0.12	0.20	0.25	0.30
2	0.10	0.15	0.20	0.25
3	0.07	0.10	0.14	0.18

Tableau IV.04 : Classification des zones sismique.

IV. Etude de 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.

Les calculs de la réfraction sont faits par le modèle numérique SWAN.

4.1. Présentation du logiciel : (annexe 04)

Le logiciel modélise la propagation de la houle en prenant notamment en compte les phénomènes de :

- Réfraction, sur les fonds et autour des ouvrages,
- Frottement sur le fond,
- Déferlement,

Il est donc parfaitement adapté à la problématique du littoral. Le coefficient de réfraction est calculé par SWAN

Les paramètres significatifs de la houle ont été représentés avec un spectre bidimensionnel de type JONSWAP avant un facteur d'affinement du pic (γ) et un "spreading" directionnel issus de la cambrure de la houle (formule de Wilson, 1965).

V. Données de bases :

5.1. Résultat bathymétrique :

L'analyse de la carte bathymétrique et des profils a relevé que la morphologie est irrégulière entre 0 et -6m et régulière au de la -6m. Cette analyse a permis de mettre en évidence :

- ✓ Une barre sableuse à -6 m le long de la côte
- ✓ Une zone rocheuse au niveau du site retenu entre la côte et -2 m de profondeur
- ✓ La pente du fond est douce de l'ordre de 3%.

5.2. Données de la houle au large :

Les données utilisées pour l'étude de la réfraction sont issues du Summury of Synoptic Meteorological Observations (SSMO) qui consiste en des observations de navire sur la période de 1963 à 1970.

Chapitre 04 : Etude des données relatives au projet

Un traitement statistique de ces données a permis de déterminer les fréquences par direction et par période.

Afin d'optimiser les calculs sur le modèle SWAN, nous avons procédé au calcul d'une houle équivalente par période et par direction. Celle-ci correspond à la moyenne des significatives pour une période donnée.

Le choix des périodes est fait en fonction de la répartition des probabilités de dépassement d'amplitude donnée. Les houles de fortes amplitudes ($>10s$), ont une probabilité d relativement faible. Les périodes de houle considérées dans le cadre de l'étude sont : 6, 8, 10 secondes

Ci-après sont présentés les tableaux portant sur les conditions de houles retenues après calculs des houles équivalentes pour les trois périodes et les quatre directions de provenance retenues.

période	Direction houle au large			
	N°45	N°360	N°330	N°290
6 s	1.09	1.00	1.10	1.19
8 s	2.56	2.67	2.64	2.67
10 s	5.05	4.92	4.53	5.54

Tableau IV.05: Houle équivalente.

Période de retour	Direction houle au large			
	N° 45	N° 360	N° 330	N° 290
Biennale (02ans)	Hs = 4.93 m	Hs =4.90 m	Hs = 4.16 m	Hs = 7.36 m
	Tp = 10.92 s	Tp =10.88 s	Tp = 10.00 s	Tp =13.20 s
Décennale (10 ans)	Hs = 6.23 m	Hs = 6.38 m	Hs =5.40 m	Hs = 9.22
	Tp =12.23 s	Tp = 12.37 s	Tp = 11.42 s	Tp = 14.50 s
Vingtennale (20) ans)	Hs = 6.79 m	Hs = 7.02 m	Hs = 5.94 m	Hs = 10.02 m
	Tp =12.73 s	Tp = 12.92 s	Tp = 11.96 s	Tp = 14.98 s
Ciquantennale (50ans)	Hs = 7.53 m	Hs = 7.87 m	Hs = 6.65 m	Hs = 11.08 m
	Tp = 13.33 s	Tp = 13.58 s	Tp = 12.61 s	Tp = 15.55 s
Centennale (100 ans)	Hs = 8.08 m	Hs = 8.50 m	Hs = 7.18 m	Hs = 11.88 m
	Tp = 13.74 s	Tp = 14.03 s	Tp = 13.05 s	Tp = 15.94 s

Tableau IV.06 : Caractéristiques de la houle au large pour les périodes de retour.

Les résultats issus du calcul de la réfraction de la houle ayant une période de retour de 100 ans seront utilisés Comme données d'entrée au dimensionnement de l'ouvrage envisagé.

5.2.1. Choix de secteur angulaire :

Le secteur angulaire considéré correspond aux limites naturelles imposé d'une part, par la Configuration géographique du site d'étude, et d'autre part, par le secteur d'intérêt des houles du large

Au total quatre (04) directions ont été retenues en tenant compte des tableaux de fréquence direction des houles au large ainsi que l'incidence de ces houles par rapport à la zone d'étude (site retenu "Crique Oued Sef-Saf)

Chapitre 04 : Etude des données relatives au projet

Une (01) direction approximativement perpendiculaire à la côte pour mesurer les effets d'une houle frontale (360°N)

Trois (03) directions de houle à incidence oblique (N 45°, N 330° et N 290°).

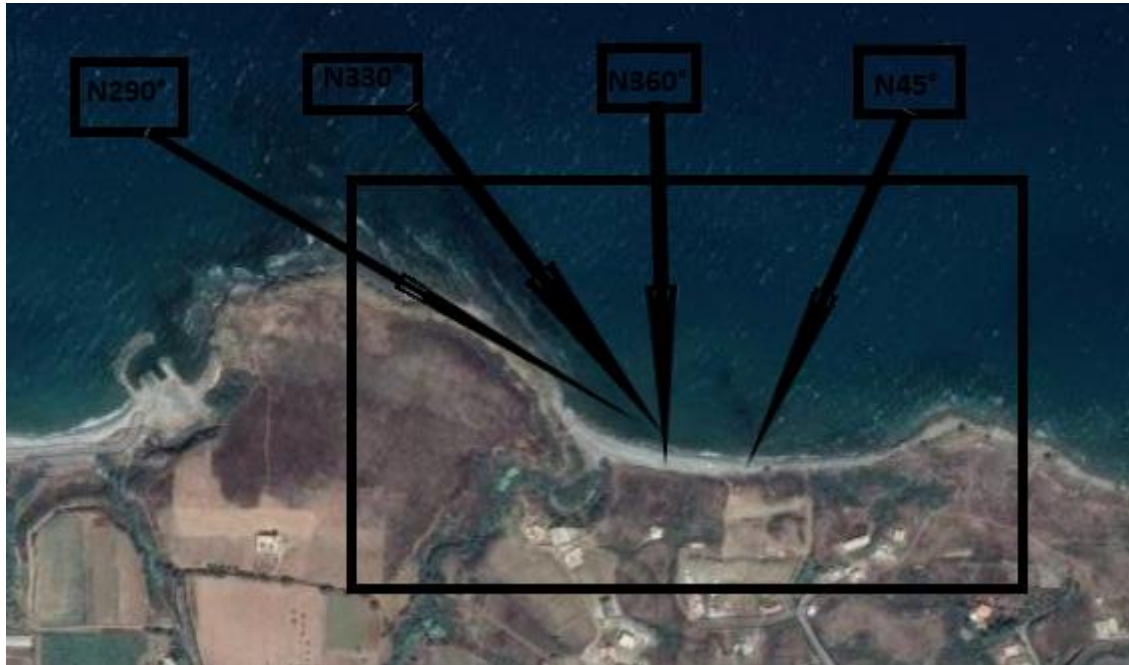


Figure IV.09 : Houles susceptibles d’atteindre le site retenu.

5.2.2. Résultats :

Les résultats de l’étude de propagation de la houle sont illustrés par:

- les épures de réfraction qui montrent qualitativement comment hauteur de houle et direction changent au cours de la propagation de la houle.
- la détermination quantitative des conditions de la houle en quelques points, qui permet l’établissement de la statistique locale de la houle à cette profondeur. Le coefficient de réfraction (K_r) a été calculé pour chaque direction retenue à la profondeur de 1, 3, 5, 10, 15 et 20 m

Chapitre 04 : Etude des données relatives au projet

Direction	Période (s)	Amplitude de la houle au large Hs (m)	Amplitude de la houle en (m) à -10 m	Coefficient de réfraction (Kr) à -10 m	Angle d'arrivée.
N 45°	6	1.09	0.99	0.91	40.00
	8	2.56	2.25	0.88	34.11
	10	5.05	4.32	0.86	29.00
N 360 °	6	1.00	0.93	0.9	00.64
	8	2.67	2.48	0.93	01.39
	10	4.92	4.50	0.91	02.04
N 330°	6	1.10	1.00	0.91	334.61
	8	2.64	2.32	0.88	339.71
	10	4.53	3.96	0.87	334.00
N 290°	6	1.16	0.78	0.66	309.04
	8	2.67	1.70	0.64	316.33
	10	4.83	3.38	0.61	325.44

Tableau IV.07 : Résultats du calcul des houles équivalentes.

Les résultats obtenus de l'étude de la réfraction de la houle montrent que les houles des quatre directions considérées se réfractent.

Les houles qui perdent plus de leur énergie du large sont les houles à incidence oblique (N 290°). Le coefficient de réfraction (kr) caractérisant les houles pour cette direction est compris entre 0,61 et 0.66. Ces houles perdent entre 39 % et 34 % de leur énergie du large. Ceci est lié à l'effet du cap qui constitue un obstacle pour la propagation de la houle. Pour les houles des autres directions (N 45°, N 360°, N 330°) celles-ci conservent plus de leur énergie du large. Le coefficient de réfraction (Kr) oscille entre 0.86 et 0.93. Pour la houle Centennale, les résultats du calcul du coefficient de réfraction (Kr) et du Hp pour les profondeurs de 1 m, 3m, 5 m, 10 m, 15 m et 20 m sont résumés dans le tableau n°08.

Période de retour centennale (100 ans)													
Direction n (degré)	Hs large (m)	Prof. 1m		Prof. 3m		Prof.5m		Prof.10m		Prof.15m		Prof.20m	
		Hp	Kr	Hp	Kr	Hp	Kr	Hp	Kr	Hp	Kr	Hp	Kr
N 45°	8.08	1,55	0,19	2,47	0,31	3,44	0,43	5,60	0,69	6,84	0,85	7,02	0,87
N 360°	8.50	1,56	0,22	2,45	0,34	3,34	0,47	5,35	0,75	6,31	0,88	6,36	0,89
N 330°	7.18	1,63	0,19	2,56	0,30	3,58	0,42	5,93	0,70	7,57	0,89	8,13	0,96
N 290°	11.88	1,74	0,15	2,69	0,23	3,69	0,31	5,85	0,49	6,98	0,59	7,20	0,61

Tableau IV.08 : Résultats du calcul de la réfraction.

Ces résultats dénotent que les houles des quatre directions considérées (N 45°, N 360°, N 330°, N 290°) se réfractent au cours de leur propagation avec un maximum de réfraction pour les houles de direction N 290°. A cinq (5) mètres de profondeur, les houles appartenant à ce secteur (secteur Ouest) perdent 69 % de leur énergie du large. La valeur du coefficient de réfraction est estimée à 0.31. Néanmoins ces houles restent les plus importantes en termes de hauteur de la houle

Chapitre 04 : Etude des données relatives au projet

VI. Etude sédimentologique :

L'étude des sédiments superficiels a pour objectifs la caractérisation des matériaux meubles pour permettre d'apporter des indications sur la répartition spatiale de ces sédiments et le climat de leur dépôt qui est défini comme l'ensemble des relations qui s'établissent entre les agents susceptibles d'entraîner la mise en place des particules (agents du transport et du dépôt : houles, courants).

- ✓ L'étude sédimentologique qui est une approche globale a donné les résultats suivants : L'étude de la fraction fine (diamètre inférieur à 50 μm) a montré que le pourcentage est faible, ceci indique que les sédiments dans la zone sont en perpétuels remaniements.
- ✓ L'étude de la médiane granulométrique (D50) nous a permis la connaissance de la couverture sédimentaire qui est principalement composée de sable fin à moyen. Néanmoins, on retrouve du sable grossier à l'ouest de la zone d'étude.
- ✓ La répartition du décile supérieur suit celles de la médiane.
- ✓ L'analyse modale représentée par l'histogramme de fréquence et la carte de distribution, nous a permis d'identifier un seul mode dont la taille du grain est compris entre 200 et 400 μm et qui est le plus représentatif. Le taux élevé se localise au centre et à l'Est de la zone d'étude. Le taux le plus faible est localisé à l'Ouest de la zone d'étude.
- ✓ Le calcul de l'indice de classement dont la majorité de ses valeurs sont comprises entre 1,20 et 1,40, et celui d'asymétrie dont les valeurs sont proches de 1, indiquant que les sédiments sont bien classés.
- ✓ Le mode de transport des sables se fait par saltation ou roulement
- ✓ Le volume de sédiment qui transite par le site retenu a un sens Ouest - Est avec un volume d'environ + 33 677 m^3 /an.

VII. Etude sismique :

a) Positionnement des profils sismiques :

Le positionnement des profils sismiques est assuré par un système GPS en mode RTK (real time Kinematic). Ce dernier est constitué de deux récepteurs GPS, l'un fixé sur une station connue en coordonnées et l'autre monté sur l'embarcation.

b) Préparation :

Un travail préliminaire de bureau a consisté à positionner sur des cartes les profils de prospection sismique théoriques à réaliser sur le site d'étude.

Ces profils ont été répartis comme suit :

- ✓09 Profils perpendiculaires à la côte d'une longueur de 800 m
- ✓10 Profils parallèles avec un inter profils de 100 m.

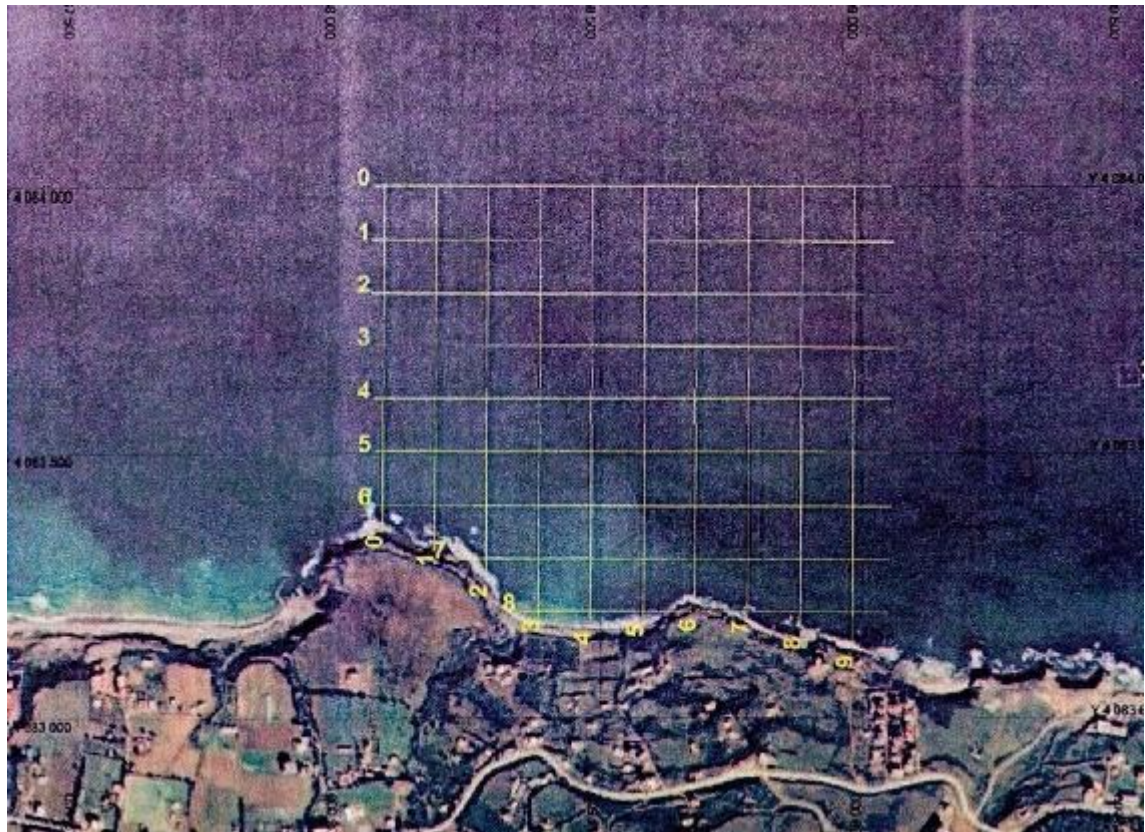


Figure IV.10:Localisation des profils sismiques dans la zone d'étude.

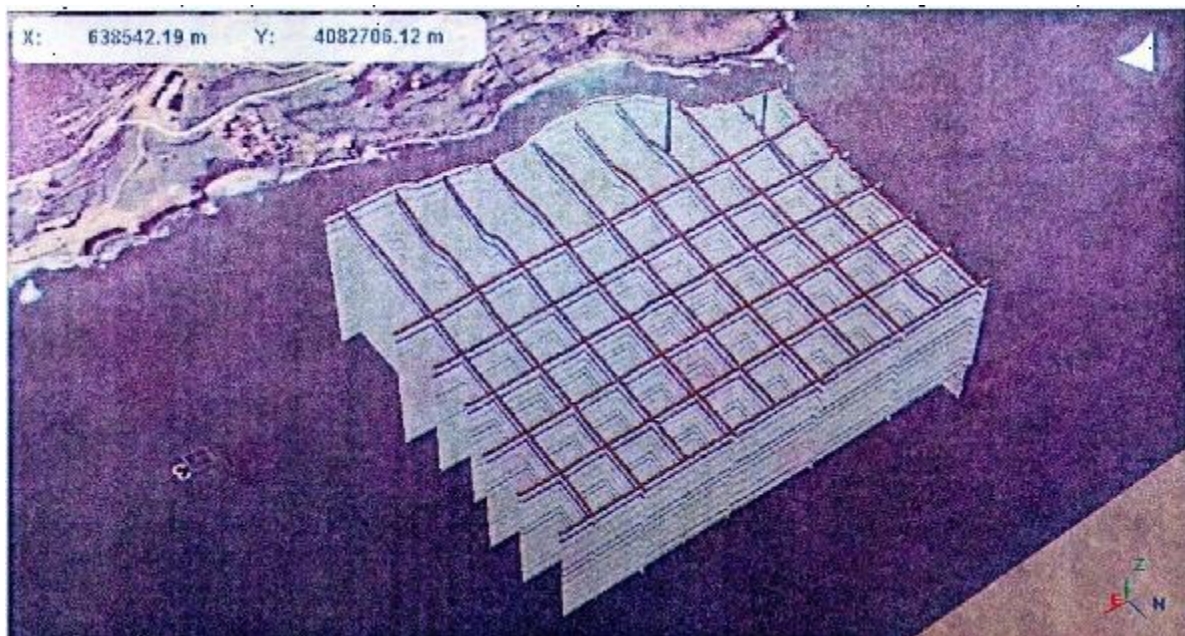


Figure IV.11 : Position des profils en 3D.

Chapitre 04 : Etude des données relatives au projet

7.1. Résultats de l'étude sismique :

Les résultats de cette étude nous permettent de conclure que : Le site étudié correspond à la zone littorale, relativement rectiligne, située entre Azzefoun et Béni K'sila plus précisément aux embouchures des oueds Acif El Hammam et Ibaahrissène. Il s'étend sur environ 4km.

Du point de vue géomorphologique, la région d'étude est un secteur de côte situé au pied d'un relief important formé d'une ligne de crête dont l'altitude maximum oscille autour de 850 m en moyenne. Cette zone côtière est le débouché à la mer de deux oueds de même orientation par rapport à la ligne de rivage : les oueds Acif EI Hammam et Ibaahrissen. Ces deux oueds entaillent ce relief montagneux à travers deux vallées orientées Nord-Sud et dont les versants présentent des pentes assez fortes. Pour les versants de l'oued Acif El Hammam les valeurs des pentes sont comprises entre 23 et 56% en moyenne. En ce qui concerne les versants de l'oued Ibaahrissène, les pentes varient entre 21 et 28%. Les interfluves orientés aussi Nord -Sud présentent des pentes plus faibles vers le littoral, de l'ordre de 16 et 18%.

Le Crétacé inférieur est représenté sur la côte d'Azzefoun par des formations géologiques assez bien identifiables sur le terrain. La succession lithologique est formée par des alternances d'argiles et de grès fins de l'Aptien sur des épaisseurs allant jusqu'à 600m (Glangeaud, 1939). Ces formations ont été rattachées aux faciès flysch par (Glangeaud 1952). Aucune étude ni cartographie récente n'a concerné ces formations. La cartographie de ces faciès nous est donnée par la carte à 1/500 000 du Nord de l'Algérie (1952).

L'interprétation de cette carte d'isolateurs de profondeurs met en évidence deux (02) paliers de pente. Le premier, du trait de côte à l'isobathe 6m, a une pente de 2.5%. Le deuxième, de l'isobathe 6m à l'isobathe 16m, a une pente de 3%. Les isobathes sont parallèles à la côte.

Une diminution dans la profondeur située au centre de la zone d'étude visible de l'isobathe 07 vers le large sur une longueur de 2 600 m. Cette dernière représente le couloir de passage de la canalisation La carte en isopaques du site d'étude, montre exclusivement les variations des épaisseurs du sable comprises en moyenne entre 0 et 4 mètres.

La répartition sédimentaire est aléatoire, les plus fortes épaisseurs se situent au centre et au Nord Est de ce secteur d'étude.

CHAPITRE 05 :
ETUDE ET DESCRIPTION DES
VARIANTES

Chapitre 05 : Etude et description des variantes

1. Elaboration des variantes d'aménagement :

Les variantes qui ont été proposées doivent satisfaire plusieurs besoins exprimés en poste à quai et surfaces de terre-pleins, soit l'ensemble des infrastructures et équipements nécessaires pour l'accueil, l'accostage et l'amarrage des différents types d'embarcations, et la réparation des unités de plaisance. Pour le tracé du plan de masse les critères de conception suivants ont été pris en compte :

➤ Pour la configuration générale :

Les différentes variantes d'aménagement ont été élaborées de manière à répondre aux besoins croissants des activités de la plaisance mais aussi afin de lui conférer :

- Une protection optimale en termes de stabilité des ouvrages de protection projetés contre l'action de la houle.
- Une agitation admissible garantissant aussi bien la sécurité des ouvrages et des embarcations que le confort des usagers.
- Orientation de la passe d'entrée en dehors de la zone des houles dominantes, et l'implanter à des profondeurs suffisantes.
- Minimisation des coûts de dragage.

➤ Pour la configuration intérieure :

Pour la configuration des ouvrages intérieurs, les paramètres suivants ont été pris en compte, à savoir :

- L'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 ;
- Implantation des installations de mise à sec dans une zone calme et isolée
- un plan d'eau d'une superficie assez conséquente, permettant aux différentes embarcations, d'effectuer aisément les manœuvres d'évitage ;
- Un minimum de volume de dragage et de déroctage ;
- la structure projetée la mieux adaptée pour la conception des ouvrages d'amarrage et d'accostage, est celle d'ouvrages du type poids : quais en blocs de béton et d'appontements flottants.

Sur la base de ces considérations, cinq (05) variantes de plans de masse ont été esquissées.

1.2. Description des variantes d'aménagement :

1.2.1. Variante d'aménagement N°01 :(plan N°01 - Annexe 03)

La variante 01 comprend :

- ❖ Une jetée principale de longueur d'environ 1455 ml fondée à des profondeurs variant entre 0 et -11m,
- ❖ Une jetée secondaire de longueur d'environ 395 ml fondée à des profondeurs variant entre 0 et -5m,
- ❖ Treize (13) appontements d'une longueur totale de 1428 ml

Chapitre 05 : Etude et description des variantes

- ❖ Un linéaire de Quai 893ml,
- ❖ Une cale de halage de 40 x 20 m pour la mise à sec embarcations,
- ❖ Un terre-plein ayant une superficie totale 15.80 Ha,
- ❖ La surface totale du plan d'eau est d'environ 20 Ha Le nombre total d'embarcation pouvant y accoster est d'environ : 620 unités,
- ❖ La passe d'entrée est orientée vers l'Est d'une largeur d'environ 86 m,
- ❖ Le dragage à la cote -4.50m est d'environ 3.36ha.

1.2.2. Variante d'aménagement N°02 : (plan N°02 - Annexe 03) :

La variante 02 comprend :

- ❖ Une jetée principale de longueur d'environ 1581 ml fondée à des profondeurs variant entre 0 et -10 m,
- ❖ Une jetée secondaire de longueur d'environ 305 ml fondée à des profondeurs variant entre 0 et -7m,
- ❖ Une protection intérieur en enrochements de longueur d'environ 350 ml fondée à des profondeurs variant entre -0 et -6 m,
- ❖ Dix (10) appontements d'une longueur totale de 960 ml,
- ❖ Un linéaire de Quai de 1590ml,
- ❖ Une cale de halage de 40 x 20 m pour la mise à sec embarcations,
- ❖ Un terre plein ayant une superficie totale 20 Ha,
- ❖ Le nombre total d'embarcation pouvant y accoster environ 630 unités,
- ❖ La passe d'entrée est orientée vers l'Est d'une largeur d'environ 247 m,
- ❖ L'avant port est caractérisé par une plage artificielle de 250 ml,
- ❖ La surface totale du plan d'eau est d'environ 23 Ha,
- ❖ Le dragage à la cote -4.50m est d'environ 1.84ha.

1.2.3. Variante d'aménagement N°03 : (plan N°03 - Annexe 03)

La variante 03 comprend :

- ❖ Une jetée principale de longueur d'environ 1363 ml fondée à des profondeurs variant entre 0 et -10 m ;
- ❖ Une jetée secondaire de longueur d'environ 680 ml fondée à des profondeurs variant entre 0 et -7m ;
- ❖ Treize (13) appontements d'une longueur totale de 1240 ml ;
- ❖ Un linéaire d'accostage Quai de 847 ml ;
- ❖ Une cale de halage de 40 x 20 m pour la mise à sec embarcations ;
- ❖ Un terre plein ayant une superficie totale 14.7 Ha ;
- ❖ La surface totale du plan d'eau est d'environ 22 Ha ;
- ❖ Le dragage à la cote -4.50m est d'environ 5.58 Ha ;
- ❖ Le nombre total d'embarcation pouvant y accoster est de : 600 unités ;
- ❖ La passe d'entrée est orientée vers l'Est d'une largeur d'environ 86 m.

Chapitre 05 : Etude et description des variantes

1.3. Description des variantes supplémentaires :

1.3.1. Variante d'aménagement N°04 : (plan N°04 - Annexe 03) :

La variante 04 comprend :

- ❖ Une jetée principale de longueur d'environ 1480 ml fondée à des profondeurs variant entre 0 et -11 m
- ❖ Une jetée secondaire de longueur d'environ 600 ml fondée à des profondeurs variant entre 0 et -8m
- ❖ Seize (16) appontements d'une longueur totale de 1540 ml
- ❖ Un linéaire de Quai 1100 ml,
- ❖ Une cale de halage de 40 x 20 m pour la mise à sec embarcations,
- ❖ Un terre plein ayant une superficie totale 18.20 Ha
- ❖ La surface totale du plan d'eau est d'environ 25 Ha
- ❖ Le nombre total d'embarcation pouvant y accoster est d'environ : **610 unités**
- ❖ La passe d'entrée est orientée vers l'Est
- ❖ Le dragage à la cote -4.50m est d'environ 4.90ha

1.3.2. Variante d'aménagement N°05 : (plan N°05 - Annexe 03) :

La variante 05 comprend :

- ❖ Une jetée principale de longueur d'environ 1322ml fondée à des profondeurs variant entre 0 et -12 m,
- ❖ Une jetée secondaire de longueur d'environ 490 ml fondée à des profondeurs variant entre 0 et -10m,
- ❖ Seize (16) appontements d'une longueur totale de 1510 ml,
- ❖ Un linéaire de Quai de 740ml,
- ❖ Une cale de halage de 40 x 20 m pour la mise à sec embarcations,
- ❖ Un terre plein ayant une superficie totale 17.50 Ha,
- ❖ La surface totale du plan d'eau est d'environ 23.90 Ha,
- ❖ Le nombre total d'embarcation pouvant y accoster environ: 610 unités,
- ❖ La passe d'entrée est orientée vers l'Est d'une largeur d'environ 247 m,
- ❖ Le dragage à la cote -4.50m est d'environ 4.30ha,

Chapitre 05 : Etude et description des variantes

II. Pré dimensionnement des ouvrages :

2.1. Ouvrages de protection :

Les ouvrages de protections envisagés pour le port de plaisance « Sidi-Khelifa » doivent satisfaire plusieurs critères, comme :

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

2.1.1. Choix de la structure :

La conception de la digue de projet est une digue à talus qui est constituée de :

- ✓ 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.

2.2. Principe de dimensionnement :

- La détermination des conditions de houles de projet ;
- L'étude du tracé en plan des ouvrages ;
- Détermination des profils en section courante, et le dimensionnement des parties singulières comme les musoirs, les coudes, les enracinements ou autres singularités.

➤ Formule d'Hudson :

Formule empirique utilisée pour le pré dimensionnement des digues, permet de déterminer le poids des blocs de carapace du profil étudié :

$$W = \frac{1}{KD} \frac{\gamma_s}{(\gamma_0 - 1)^3} \frac{Hb^3}{\cot \alpha}$$

Le principal avantage de la formule d'Hudson est sa simplicité, ainsi que la grande variété d'enrochement et de configurations pour lesquelles des valeurs de KD ont été calculées.

Cette formule trouve cependant ses limites dans ce qui suit :

- Elle ne s'applique qu'à une houle régulière ;
- Elle ne tient compte ni de la période de la houle ni de la durée de la tempête ;
- Elle n'intègre aucune description du niveau de dommage ;
- Elle ne s'applique qu'à des ouvrages non-franchis et perméables.

Chapitre 05 : Etude et description des variantes

2.3. Dimensionnement de la carapace :

2.3.1. Calcul du poids des blocs de la carapace :

Le poids des blocs sera calculé à l'aide de la formule d'Hudson qui s'exprime comme suit :

$$W = \frac{1}{K_D} \frac{\gamma_s}{\frac{\gamma_s}{(\gamma_0 - 1)^3} \cot \alpha} H_b^3$$

Avec :

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

γ_s : Poids spécifique des blocs utilisés (t/m³).

γ_0 : poids spécifique de l'eau de mer (t/m³).

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

K_D : Coefficient adimensionnel dit Hudson.

H_b : Hauteur significative de la houle de projet.

D'après les données on a :

- **$\gamma_s = 2,4 \text{ t/m}^3$**
- **$\gamma_0 = 1,026 \text{ T/m}^3$**
- **$\cot \alpha = 1,5$**

Valeur de K_D :

Type de blocs	Valeur K_D
Enrochement naturel	7,8
BCR	5

Tableau.01 : Valeur de K_D .

2.3.2. L'épaisseur de la carapace :

$$e = n \cdot K \Delta \cdot \left(\frac{W}{\gamma_r} \right)^{1/3}$$

e : l'épaisseur de la carapace

n : nombre de couches

$K \Delta$: Coefficient de la couche

On a :

- **n=2**
- **K=1,15**

Chapitre 05 : Etude et description des variantes

2.4. Les Calculs :

2.4.1. Jetée principale :

1. Tronçon Enracinement :

- ✚ Profondeur : 3m
- ✚ Houle de projet: Hb = 2,69m
- ✚ Direction de la houle : N290°

$$W = \frac{1}{7.8} \frac{2.4}{\left(\frac{2.4}{1.026} - 1\right)^3} \frac{(2.69)^3}{1.5} = 1.6T$$

L'enrochement est de catégorie : 1-3 T

$$e = 2 * 1,15 * \left(\frac{1,6}{2,4}\right)^{1/3} = 2,10m$$

2. profil courant :

a)

- ✚ Profondeur : -5m :
- ✚ Hb=3,69 m
- ✚ Direction : N290°

$$W = \frac{1}{7.8} \frac{2.4}{\left(\frac{2.4}{1.026} - 1\right)^3} \frac{(3.69)^3}{1.5} = 4,47T$$

L'enrochement est de catégorie : 3-6 T

$$e = 2 * 1,15 * (4,47/2,4)^{1/3} = 2,83m$$

b)

- ✚ Profondeur -10 m :
- ✚ Hb =5,93m
- ✚ Direction : N330°

$$W = \frac{1}{7.8} \frac{2.4}{\left(\frac{2.4}{1.026} - 1\right)^3} \frac{(5.93)^3}{1.5} = 18 T$$

$$e = 2 * 1,15 * (18/2,4)^{1/3} = 4,47 m$$

3. profil au musoir :

- ✚ Profondeur -10m :
- ✚ Hb = 5,93m
- ✚ Direction : N330°

$$W = \frac{2,4 * (5,93)^3}{5 * (2,4/1,026 - 1) * 1,5} = 24 T$$

$$e = 2 * 1,1 * (24/2,4)^{1/3} = 4,83m$$

2.4.2. Jetée secondaire :

1. enracinement :

- ✚ Profondeur -3m :
- ✚ Hb = 2,45m

Chapitre 05 : Etude et description des variantes

✚ Direction : N 45°

$$W = \frac{2,4*(2,45)^3}{7,8*(2,4/1,026)^3 - 1}*1,5 = 1,25 \text{ m}$$

L enrochement est de : 1-3 T

$$e = 2*1,15*(1,25/2,4)^{1/3} = 2,10 \text{ m}$$

2. Profil courant :

✚ Profondeur -5 m :

✚ Hb = 3,44 m

✚ Direction ; N45°

$$W = \frac{2,4*(3,44)^3}{7,8*(2,4/1,026)^3 - 1}*1,5 = 3,4 \text{ T}$$

Catégorie : 2-5 T

$$e = 2 * 1,15 * (3,4/2,4)^{1/3} = 2,52 \text{ m}$$

3. Profil au musoir :

✚ Profondeur -8m

✚ Hb = 5,52m

✚ Direction : N45°

$$W = \frac{2,4*(5,52)^3}{5*(2,4/1,026)^3 - 1}*1,5 = 14 \text{ T}$$

Catégorie : 14T

$$e = 2*1,02*(14/2,4)^{1/3} = 4,12 \text{ m}$$

2.5. Dimensionnement des couches filtres :

$$W_f = W/15 \text{ à } W/10$$

Trois catégories seront mise en place :

$$W/15 < w_f < w/10$$

➤ 1^{er} couche de filtres est de catégorie : $0,5T < W < 2T$, en deux sous-couches.

Ep = 1,52 m.

➤ 2^{eme} couche : 02 sous couches.

$$2T < w < 5T$$

Ep = 2,17 m.

➤ 3^{eme} couche : 02 sous couches.

$$1T < W < 3T$$

Ep = 2,10 m.

2.6. Dimensionnement de la butée de pied :

Le poids unitaire de poids de blocs de la butée est :

$$W' = W * H/h$$

W : La limite inférieure de la catégorie d'enrochement

H : la cote d'utilisation d'enrochement

Chapitre 05 : Etude et description des variantes

h : cote de la butée par rapport au niveau de repos

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

- La largeur de la butée doit permettre de poser 2 ou 3 blocs sur l'horizontale

D'où la largeur égale à 4m.

- La hauteur doit au moins avoir trois couches d'enrochement soit 4 m.

2.7. Le noyau :

- Le noyau de la jetée est du TVC (0-500 Kg)
- La largeur doit permettre la circulation de deux camions ou d'une grue, soit de 15m

III. Description des ouvrages d'accostage :

3.1. Quais :

- Quais en blocs à -4.50m : La structure de quai envisagé est de type en blocs évidés en béton préfabriqué Les blocs empilés les uns sur les autres sont posés sur une couche d'assise d'épaisseur 0.80m en enrochement de carrière de catégorie (1-15 Kg) et une couche de réglage en ballast (20-40mm) de 20 cm d'épaisseur. Ces matériaux sont déposés dans une souille draguée ou assise dépend du terrain naturel. La protection de pied est constituée en enrochements de catégorie (50-200kg).
- Les quais sont équipés de bollards, des défenses cylindriques et des échelles. (Voir annexe 03).

3.2. Appontements en dur:

Ces appontements sont constitués de caissons en béton armé remplis avec du ballast et couronnés d'un tablier composé d'un ensemble (dalle préfabriquée + dalle coulée sur place). Les appontements sont équipés de bollards, d'anneaux, des défenses et des échelles. (Voir annexe 03).

3.3. Cale de halage :

Une cale de halage de 40x20m pour les cinq variantes sont prévus à l'intérieur du port .

La surface du plan incliné est revêtue par des dalles préfabriquées en béton armé dans la partie immergée et coulée sur place dans l'autre partie qui est au dessus, posées sur une couche de ballast de (20 -40mm) préalablement réglée.

La plate forme de l'ouvrage est constituée en remblais en TVC (0-500Kg), soutenu, coté extérieur, par un mur de forme en « L », en béton armé

La transition du plan incliné avec les terre-pleins est assurée par une poutre en béton coulée sur place

3.4. Terre-plein et protection des talus :

Les terre-pleins sont constitués en remblai constitués de déchets de carrière de (0-500KG) et des produits issus du dragage.

Les talus des terres pleins sont protégés par des enrochements de catégorie (0,5T – 1T).

3.5. Revêtement de terres- pleins :

Les terres pleins sont revêtus par différents types de revêtement, tel que :

- Revêtement souple comprend les accès et les parkings (BB = 8cm , GB=15cm, CF=40 cm)

Chapitre 05 : Etude et description des variantes

- Revêtement rigide: comprend la zone de réparation, (dalle en BA =25 cm, CF = 40 cm)
- Béton imprimé (dalle en BA=20cm, CF=40cm),
- Espace vert la surface non revêtue (terre végétale 1.00 m d'épaisseur et végétalisation)

3.6. Dragage :

Les travaux de dragage consistent à l'approfondissement du fond marin aux profondeurs nécessaires déterminées pour l'implantation des ouvrages d'accostage et comprennent :

- L'exécution des souilles en emprises des ouvrages, et au niveau du bassin.
- L'enlèvement éventuel des épaves de toute nature,

Ils comprennent également la mise en remblai des matériaux sélectionnés dans les terre-pleins ou de leur rejet dans le cas contraire.

3.7. Route d'accès au port :

Cet accès a été aménagé en longeant la côte sur un linéaire d'environ 800ml à partir de la route reliant la RN 24 et la plage petit paradis jusqu'à la future jetée secondaire du port de plaisance projeté.

La route sera protégée par des enrochements, ces enrochements ont été dimensionnés à l'aide de la formule d'Hudson. La figure 10 montre le tracé routier. (Voir profil en annexe 03).

IV. Estimation du cout de réalisation des variantes d'aménagement :

4.1. Les variantes N° 01, 02, 03 :

Désignation		Variante 01	Variante 02	Variante 03
Jetée principale		8565252210	8178000000	8613572100
Jetée secondaire		970250260	885500000	14666076850
Terre pleine		2885501600	4515180000	2677422800
Revêtement	Revêtement souple	102964500	102964500	249759600
	Revêtement rigide	416087250	416087250	190698750
	Béton imprimé	683691264	683691264	581875200
	Espace vert	103134591	103134591	556850700
Dragage et réutilisation		50400000	82800000	251100000
Quai sur blocs		893000000	1590000000	847000000
Appontements		1713600000	1152000000	1488000000
Cale de halage		40000000	40000000	40000000
Réseaux divers		30000000	300000000	300000000
Route d'accès		700000000,00	870000000,00	700000000,00
Plage artificielle		/	50000000	/
Total		17383881675	18919357605	17962365600
Installation chantier		870000000	1000000000	900000000
Total (DA-HT)		18295081680	19919357605	18860474000
Total (DA-TTC)		21722119193	23704035550	22446203640

Tableau VI.02 : Estimation du cout de réalisations des variantes 1,2 et 3.

Chapitre 05 : Etude et description des variantes

4.2. Les variantes supplémentaires N°04, 05 :

Désignation		Variante 04	Variante 05
Jetée principale		8584000000	7670000000
Jetée secondaire		1500000000	1225000000
Terre pleine		2066535000	2122725000
Revêtement	Revêtement souple	285012000	274050000
	Revêtement rigide	408125000	392437500
	Béton imprimé	817689600	786240000
	Espace vert	89817000	86362500
Dragage et réutilisation		89750000	86175000
Quais sur blocs		1150000000	847000000
Appontements		1848000000	1488000000
Cale de halage		40000000	40000000
Réseaux divers		300000000	300000000
Route d'accès		870000000	870000000
Plage artificielle		/	/
Total		18048938600	16187990000
Installation chantier		900000000	810000000
Total (DA-HT)		18948938600	16997990000
Total(DA-TTC)		22549236934	20227608100

Tableau V.02 : Estimation du cout de réalisations des variantes supplémentaires.

Conclusion :

La variante 02 se distingue comme la plus favorable aux autres variantes linéaire de quai et la surface de terre-plein qui sont beaucoup plus importants. Par contre le cout de la construction donne un léger avantage à la variante 05.

Mais pour retenir une variante finale on doit étudier la stabilité des ouvrages de protection de ces variantes qui répondra aux conditions du site choisi.

CHAPITRE 06 :
ETUDE SUR MODÈLE RÉDUIT 2D
(CANAL À HOULE)

Chapitre 06 : Etude sur modèle réduit 2D (Canal à houle)

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).

I.Définition du modèle réduit :

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

Ce sont de véritables modèles réduits hydrauliques du port à construire sur lesquels on simule divers phénomènes physiques.

Parmi ces modèles, le modèle utilisé pour l'étude de notre projet est : Canal à houle.

1.1. Modèle canal à Houle (modèle bidimensionnels) :

Ce modèle utilise la loi de similitude qui suppose que les forces de viscosité sont négligeables par rapport aux forces d'entrée et de pesanteur, permet de déterminer :

- Le poids des blocs de carapace de la digue à talus en fonction de la houle de projet, et la carapace arrière en fonction des franchissements admissibles ;
- Le poids des enrochements de butée de pieds ainsi que sa cote d'arase ;
- La cote d'arase de mur de garde ;
- La largeur de la dalle de couronnement ;
- La largeur des bermes des butées et sous-couches.

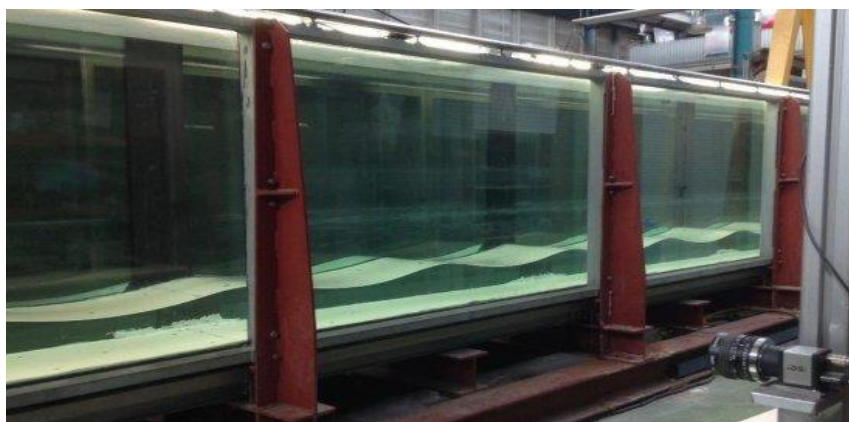


Figure VI.01 : Un canal à houle.

Chapitre 06 : Etude sur modèle réduit 2D (Canal à houle)

1.2. Dispositif expérimental :

Les essais sur modèle physique ont été réalisés au Laboratoire d'études Maritimes (LEM), en canal à houle à parois en verre de 15 mm d'épaisseur de 40 m long et 0,6 m de largeur et d'une profondeur de 1,0 m.

Le canal à houle est équipé d'un générateur piston de houle régulière et aléatoire permettant d'étudier les problèmes d'agitation en 2D, constitué :

- ✓ d'un volet plan ;
- ✓ d'un vérin hydraulique asservi en position sur un signal de commandes continu ;
- ✓ d'un générateur électronique qui élabore le signal de commande lié à un programme de génération assisté par ordinateur, représentant un train de houle réel enregistré en nature converti en train de houle en modèle de type Jonswap

Dans le cas de la houle aléatoire (houle utilisée pour l'ensemble de l'étude), le signal est effectivement aléatoire suivant une durée de tempête préalablement fixée

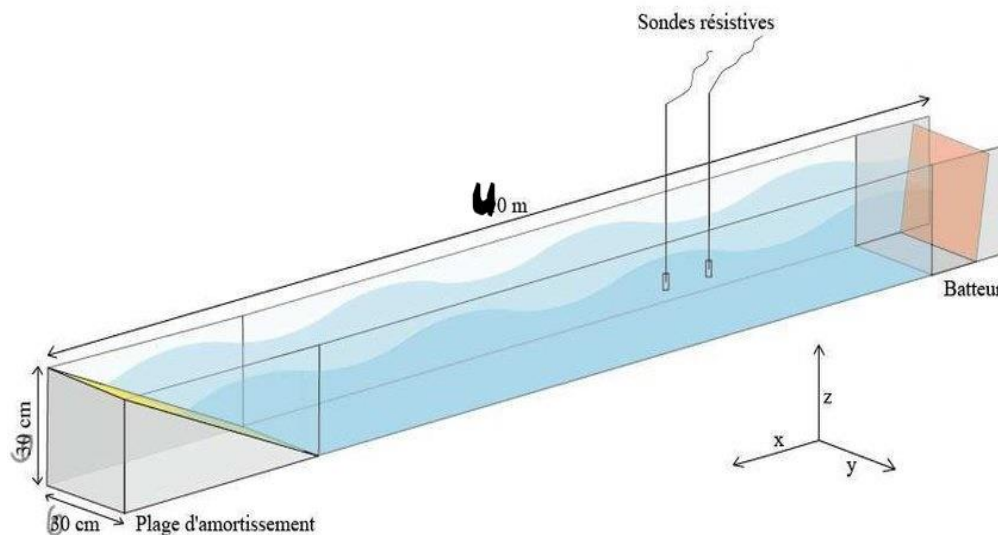


Figure VI.02 : Description de canal à houle.

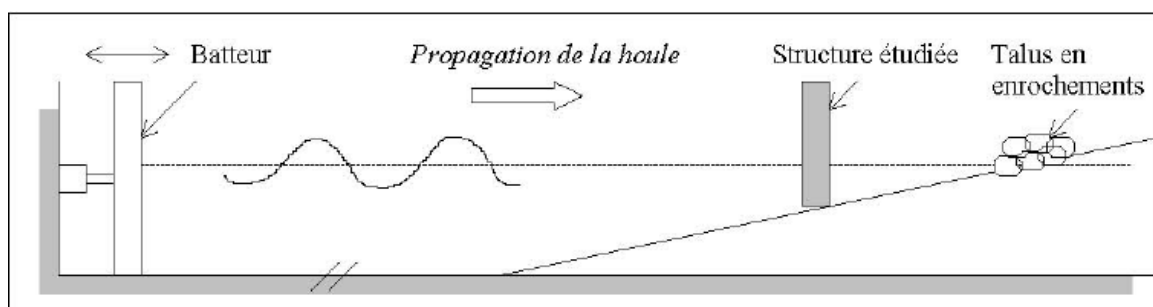


Figure VI.03 : Schéma de l'installation d'un canal à houle.

1.3. Objectif de l'étude :

L'objectif de cette étude en canal à houle est de vérifier la stabilité et les franchissements au niveau du profil (B-B) de la partie courante de la jetée principale du port de plaisance de Sidi Khelifa.

Chapitre 06 : Etude sur modèle réduit 2D (Canal à houle)

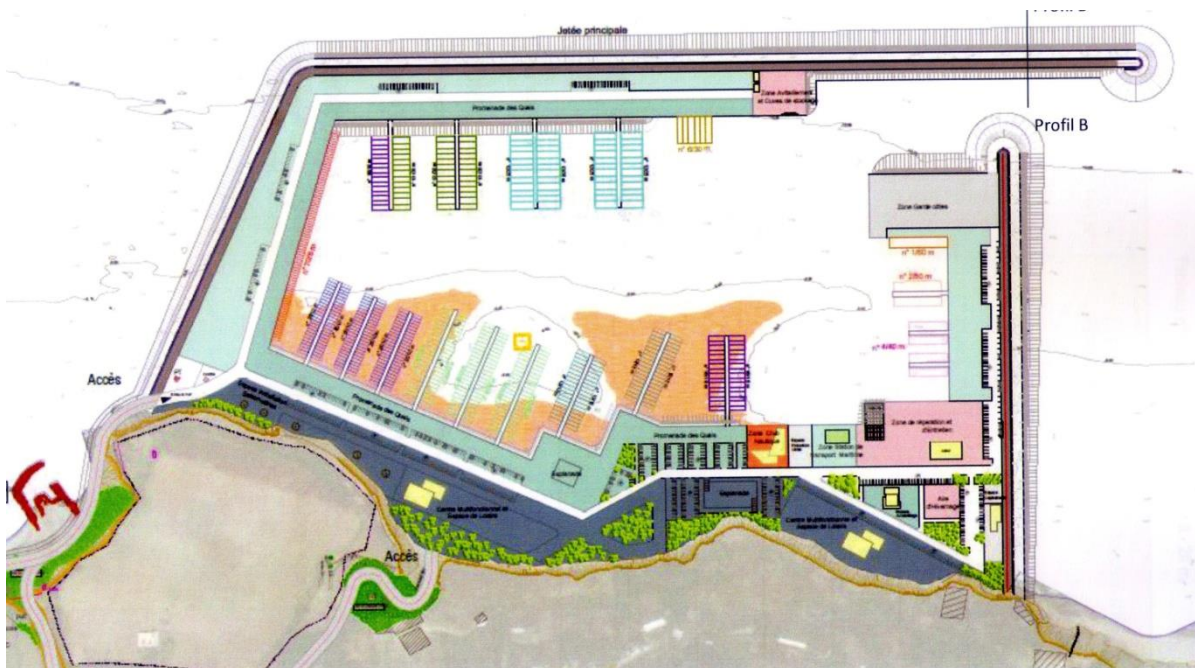


Figure VI.04 : Profil testé en canal.

1.4. Choix de l'échelle :

Compte tenu des dimensions du canal (0.6m x 40m x 1 m) et ceux de l'ouvrage, ainsi que de la disponibilité des BCR pour les tailles requises par le projet, l'échelle retenue est le 1/50.

1.5. Effet d'échelle (Notion de la similitude) :

Les modèles réduits physiques hydrauliques doivent satisfaire à une similitude géométrique et à une similitude cinématique et 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 jeux suggère de privilégier la représentation des forces déterminantes que sont les forces liées aux accélérations (Gravité et inertie). Pour cela, il est nécessaire que la similitude soit établie pour un nombre de Froude invariant :

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

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

Chapitre 06 : Etude sur modèle réduit 2D (Canal à houle)

des vitesses, donc des temps d'une part et des volumes, donc des masses et des poids d'autre part :

Vitesse, temps : $\sqrt{\lambda}$

Volumes, masses, poids : λ^3

Pour des raisons de simplicité pratique, le LEM s'est contenté de ne respecter que cette similitude dite similitude de Froude. Il en résulte quelques distorsions sur certains phénomènes généralement secondaires pour la dynamique du modèle.

II. Distorsions :

Pour que la représentation des forces de viscosité soit correcte, il est théoriquement nécessaire que la similitude adoptée laisse invariant le nombre de Reynolds : Re

$$Re = \frac{V \cdot D}{\nu}$$

Avec:

V: Vitesse caractéristique (vitesse orbitale, célérité, ...).

ν : Viscosité cinématique du fluide.

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

Or L'adoption à priori de la similitude de Froude impose une échelle de $\lambda^{3/2}$ pour le groupement VD .

Pour satisfaire à la fois aux critères de similitude de Froude et de Reynolds, il serait donc théoriquement nécessaire d'utiliser pour ce modèle, un fluide de très faible viscosité, 1/189,57 fois celle de l'eau dans ce cas. Cette impossibilité pratique conduit très généralement à préférer le simple choix de l'eau pour le modèle et donc à accepter une distorsion sur la représentation du nombre de Reynolds, distorsion d'autant plus importante que l'échelle de réduction des longueurs est plus grande.

Cependant, pour une échelle donnée, les conséquences pratiques de cette distorsion (distorsion des seules forces de viscosité) restent relativement négligeables tant que le modèle fonctionne dans des conditions d'écoulement telles que les forces de viscosité restent négligeables.

2.1. Distorsion due à la densité de l'eau :

L'eau utilisée dans le modèle est douce ($\delta_w = 1000 \text{ kg/m}^3$) alors qu'elle est salée en nature, donc plus dense, dans la réalité ($\delta_w = 1025 \text{ kg/ m}^3$). La masse spécifique de l'eau intervient directement dans les forces de nature inertielle, proportionnelles aux volumes et aux accélérations, ainsi que dans les poussées d'Archimède. En fait, cette caractéristique intervient globalement sur la stabilité suivant une relation empirique (formule de stabilité d'Hudson) qui traduit les conditions d'apparition d'un certain degré de dommage.

Chapitre 06 : Etude sur modèle réduit 2D (Canal à houle)

$$W = \frac{\gamma_r H^3}{Kd(Sr - 1)^3 \cot \alpha}$$

Avec :

$$Sr = \gamma_r / \gamma_w$$

W : poids des blocs en tonnes.

H : Hauteur des vagues incidentes.

γ_r : Masse spécifique du matériau constituant les blocs.

γ_w : Masse spécifique de l'eau.

K_D : Coefficient empirique caractérisant la stabilité propre du bloc.

α : Angle de pente du talus par rapport à l'horizontale.

Pour compenser de manière simple la distorsion qu'entraîne l'emploi de l'eau douce, il suffit donc d'adopter pour les modèles de blocs (réduits à l'échelle) un matériau de densité inférieure à celle des blocs du prototype de manière à ce que le groupement :

$$\left(\frac{\delta S}{\delta w} - 1 \right)$$

Ait la même valeur dans les deux systèmes.

Ainsi, avec :

$$\delta_w = 1025 \text{ kg/m}^3 \text{ pour le prototype et } \delta_w = 1000 \text{ kg/m}^3 \text{ pour le modèle,}$$

Les valeurs de la masse spécifique des matériaux à utiliser pour représenter les blocs artificiels de béton sont : 2341 Kg/m³ au lieu de 2400 Kg/m³, pour les enrochements naturels, un facteur de correction égal à 0,87 intervient directement sur leur poids.

III. Construction du modèle :

3.1. Choix des matériaux et construction de la maquette :

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

Chaque catégorie d'enrochements fait l'objet d'un tri soigné. En ce qui concerne le tout-venant (1-500) 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, quant aux blocs artificiels, ils sont confectionnés en ciment moulé, leurs dimensions ainsi que leurs densités respectent les lois de similitude et prennent en compte les distorsions du modèle.

Les matériaux de construction utilisés dans cette étude sont résumés dans le tableau ci-après

Chapitre 06 : Etude sur modèle réduit 2D (Canal à houle)

Désignation	Caractéristique en nature	Caractéristique en modèle (g)	Densité (t/m ³)
Enrochements	(0.5-1) t (1-3) t (3-6) t	(3.52-7.04) (7.04-21.12) (21.12-42.24)	2.65
BCR	18t 24t	144 192	2.34

Tableau VI.01 : Matériaux de construction utilisés

3.2. Matériaux de construction utilisés dans cette étude :

L'épaisseur de la carapace et des sous-couches est déterminée par la formule suivante :

$$e = n.c \ v^{1/3}$$

n : nombre de couches.

c: coefficient dépendant de la forme des blocs (c (enrochements) = 1,15, c (B.C.R) = 1,10).

v: volume du bloc.

Le nombre de blocs nécessaire à la couverture d'une surface A (en m²) est donné par la relation :

$$N_r = A.n.c.(1-p/100)V^{-2/3}$$

P étant l'indice des vides à respecter.

> P=35 % pour les enrochements

IV.LES MOYENS D'ESSAI

4.1. Génération de la houle :

La houle appliquée sur la maquette est générée par un batteur fonctionnant dans un plan horizontal, dont le placement est comparable à un piston.

Le déplacement du volet est assuré par un vérin lui-même actionné par un groupe de puissance hydraulique à 110 bars. Le tout est piloté par un générateur électronique qui est lié à un programme de génération à l'aide d'un ordinateur représentant un train de houle réel enregistré en nature et converti en train de houle en modèle.

Chapitre 06 : Etude sur modèle réduit 2D (Canal à houle)

Cette fonction est introduite dans un système "Servo" qui contrôle le mouvement du vérin.

Les périodes et amplitudes simulées en modèle sont obtenues respectivement par variation de la vitesse et par amplification du signal de puissance (Out-Put) du générateur électronique.

4.2. Mesure de la houle :

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

Les signaux des capteurs de houle sont enregistrés en continu et analysés par un microprocesseur préprogrammé " MULTI CHANNEL WAVE ANALYSER " qui peut traiter jusqu'à 32 canaux.

A la fin de chaque essai le microprocesseur transmet à l'imprimante les répartitions statistiques de tous les signaux enregistrés, un exemple des résultats imprimés est montré ci-après ;

4.3. Détermination de H_s :

a) Définition de H_s :

H_s est l'amplitude significative de la houle qui est égale à la moyenne de $1/3$ des plus grandes vagues ($H_{1/3}$).

b) Définition de T_p :

T_p est la période de pointe dans un train de houle caractérisant le maximum d'énergie du spectre.

V. Observations effectuées et moyens mis en œuvre :

5.1. Observations hydrauliques :

Lors de chaque essai, le mode d'attaque de la houle sur l'ouvrage est étudié avec attention. Ainsi, pour chaque configuration d'essai sont notés :

➤ Les franchissements :

Nature, localisation et importance. Ces observations sont ensuite corrélées avec les dégâts pour une analyse complète.

➤ Observations des dégâts :

L'observation des dégâts est principalement faite dans les zones sensibles de l'ouvrage:

➤ Carapace :

Stabilité des enrochements et estimation des dégâts. Les observations des dégâts sont faites pendant le déroulement des essais (mode de dégradation) et à la fin des essais, après vidange (évaluation des dégâts).

➤ Moyens mis en œuvre pour les observations :

Pour conserver les résultats de ces observations, trois supports ont été utilisés :

➤ Support écrit :

Les observations sont inscrites au fur et à mesure des essais sur un cahier permettant de plus d'y ajouter quelques commentaires.

Chapitre 06 : Etude sur modèle réduit 2D (Canal à houle)

➤ *Support photographique :*

Tout au long des essais, de nombreux clichés sont réalisés permettant en outre de comparer les dégâts propres à chaque essai.

➤ *Support vidéo :*

Pour visualiser de manière plus concrète le mode d'attaque de la houle sur l'ouvrage, un enregistrement vidéo est effectué.

La confrontation de ces trois modes d'observations permet une analyse objective de l'essai.

VI. Conditions des essais :

6.1. Niveau d'eau :

Dans le but d'étudier les conditions de houles les plus défavorables, il est nécessaire de prendre en considération dans cette étude en modèle, deux niveaux d'eau :

> Niveau : 0,00 NGA : pour les essais de la série progressive.

> Niveau + 1,00 NGA: pour les essais de la série d'endurance.

6.2. Les houles :

Les houles retenues pour les essais en canal sont de direction Nord 360° (c'est-à-dire que le canal ne prend en compte que les houles frontales et qui sont d'ailleurs celles qui causent le plus de dommages pour l'ouvrage). Cette dernière enregistre des houles plus significatives que les autres directions à une profondeur -20.00m récapitulatif des houles réfractées à (-20m) avec la direction respective est résumé dans le tableau n°1 suivant :

Test N°	Période de retour	Direction N360° (-20 m)
1	Annuelle (1ans)	3.88
2	Biennale (2ans)	4.58
3	Quinquennale (5ans)	5.41
4	Décennale (10 ans)	6.05
5	Vingtennale (20 ans)	6.67
6	Cinquantennale(50ans)	7.52
7	Centennale (100ans)	8.13

Tableau VI.02 : Récapitulatif de la houle à -20m

Chapitre 06 : Etude sur modèle réduit 2D (Canal à houle)

VII. Construction de la digue à talus dans le canal :

La maquette du tronçon de la digue de protection est construite dans le canal vide, par simple mise en place naturelle des différents éléments.

7.1. Conduite des essais :

Chaque essai est exécuté avec une houle augmentant par palier progressif, un palier de houle est caractérisé par un couple hauteur significative (H_s) et une période de pointe (T_p) La durée de chaque test est de 15 minutes en modèle ce qui correspond à une tempête de 30min en nature, la durée de la série d'endurance est de 2h en modèle correspondant à une tempête de 12h environ en nature.

Avant d'appliquer les houles exceptionnelles, l'ouvrage est soumis à des houles dites de tassement, qui ont pour but de réaliser l'imbrication naturelle des blocs de la carapace.

7.2. Calibration du modèle :

Après la construction des fonds, on a procédé à la calibration du modèle. Ce réglage a pour but de procéder à la mise au point de l'appareillage, ainsi qu'à l'ajustement des conditions expérimentales de manière à ce que l'ensemble des paramètres hydrauliques soit reproduit conformément à la nature.

VIII. Résultats des essais de stabilité :

8.1. Description de la variante (1) :

Un noyau en T.V.C de catégorie (0 - 500) kg arasée à +1.00 m protégé par :

➤ Côté extérieur:

- Une sous-couche en enrochements de (0.5 — 1) t, arasée à +1.76m suivant une pente de 3/2.
- Une deuxième sous -couche en enrochements de (1-3) t, arasée à +2.80 suivant une pente de 3/2
- Une carapace en BCR de 18t arasée à la cote +7.28 m suivant une pente de 3/2.
- Une butée en enrochement de (3-6) t de 4 m de largeur.
- Un mur de garde arasée à +7.15m.
- Une dalle de roulement de 10 m arasée à +2.50 m.
- Un tapis d'affouillement de 5 m.

➤ Côté intérieur :

- Une sous-couche en enrochements de (0.5 — 1) t, arasée à +1.76m suivant une pente de 3/2.
- Une carapace en enrochements de (1-3) t, arasée à +2.80 suivant une pente de 3/2.

Chapitre 06 : Etude sur modèle réduit 2D (Canal à houle)

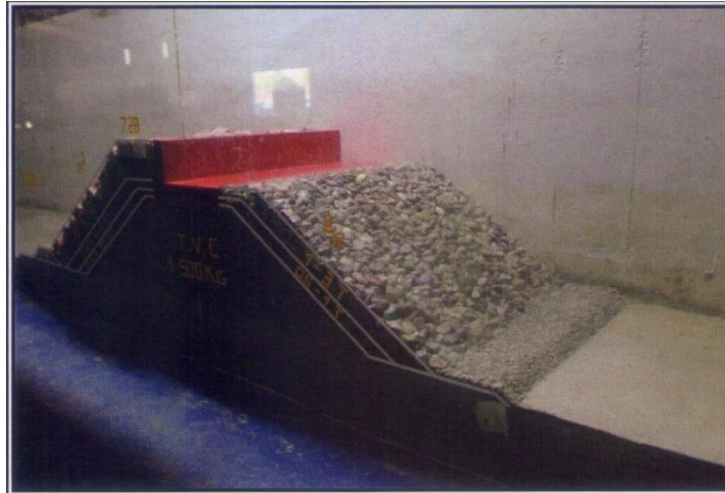


Figure VI.08 : Vue du côté intérieur de la variante n°01.

8.1.1. Resultat des essais de la variante N°01 :

Résultat de la série progressive pour la direction N°360 :

<i>Teste N0</i>	<i>Tp (s)</i>	<i>HS (m) Désirée a -15m</i>	<i>HS (m) Obtenue à -15M</i>	<i>Observations</i>
1	9.67	3.88	3.67	-Embruns importants sur la carapace ;
2	10.52	4.58	4.21	-4embruns très importants sur la carapace ; -glissements de 2 enrochements de (3-6) t de la butée ;
3	11.43	5.51	5.78	-Quelques franchissements sur la carapace ; -Dérangement de plusieurs enrochements de (1-3) t du talus Intérieur ;
4	12.07	6.05	6.24	-Plusieurs franchissements importants sur la carapace ; -Glissements de plusieurs enrochements de (1-3) t du talus Intérieur ; -Dégradation du talus intérieur ;

Tableau VI.03 : Résultats des essais de la variante 01.

Conclusion :

Arrêt des essais pour la variante 1 du aux dégâts causés par la houle décennale au niveau du talus intérieur du profil.

Chapitre 06 : Etude sur modèle réduit 2D (Canal à houle)

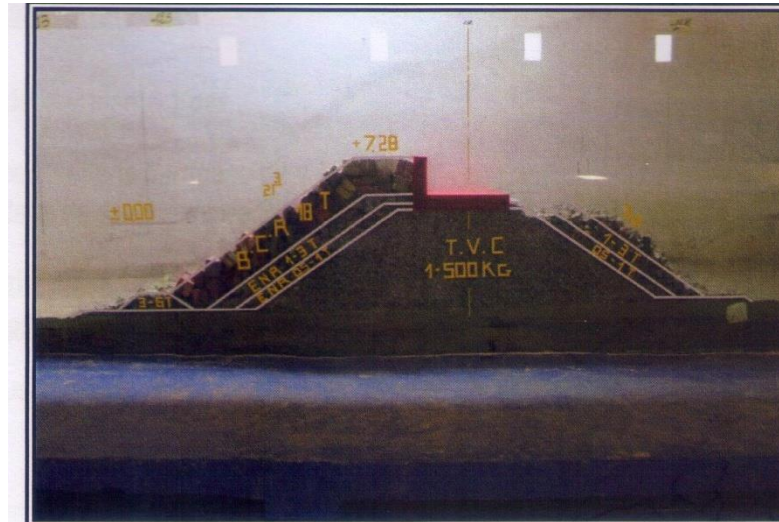


Figure VI.09 : Vue en générale de la variante n°01 après l'essai.

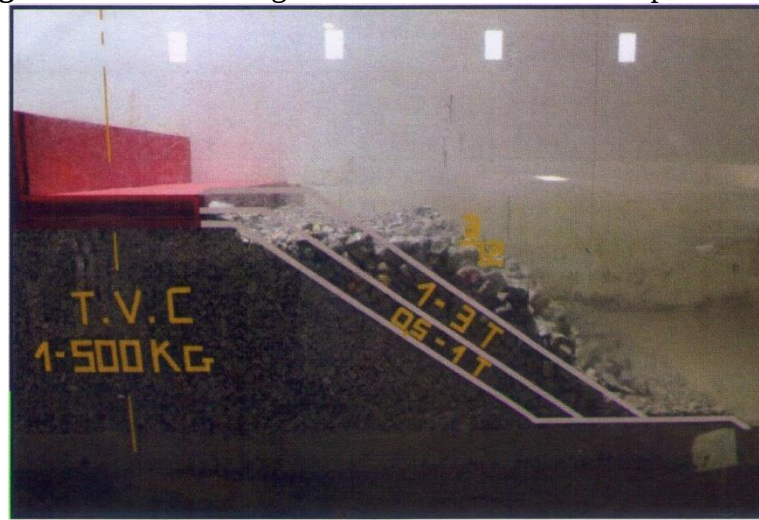


Figure VI.10 : Vue du talus intérieur de la variante n°01 après l'essai.

-Dégradation du talus intérieur du profil.



Figure VI.11 : Vue du talus extérieur de la variante n°01 après l'essai.

Chapitre 06 : Etude sur modèle réduit 2D (Canal à houle)

8.2. Description de la variante 02 :

La variante 2 diffère de la variante 1 par :

- Elargissement de la berme de la carapace de 4.25 m.
- Elargissement de la dalle de roulement de 2.30 m pour protéger la carapace en enrochement de (1-3) t.

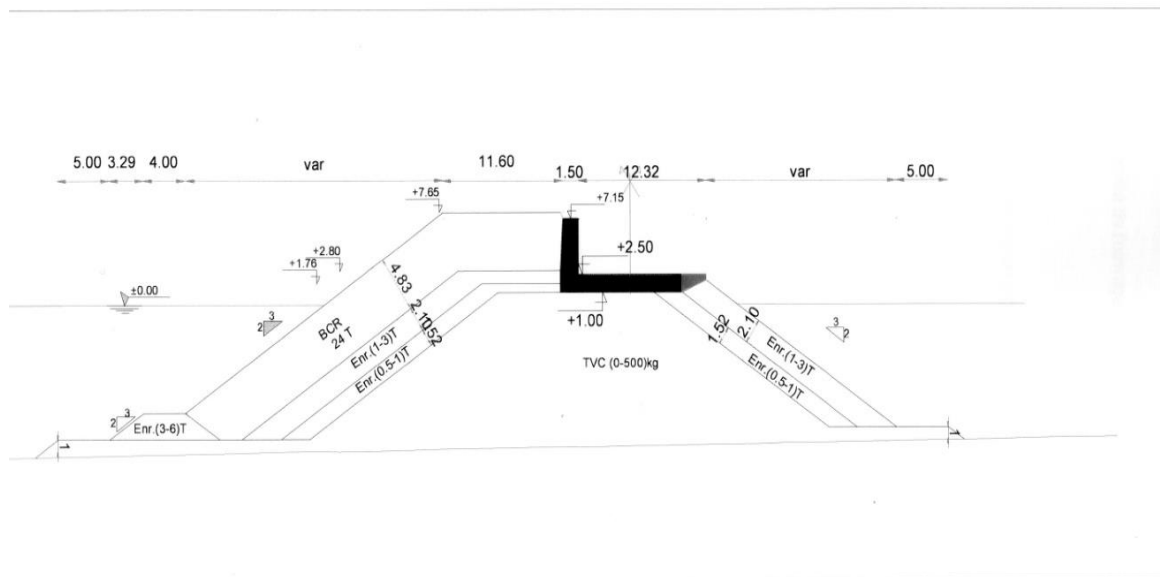


Figure VI.12 : Profile de la variante n°02.

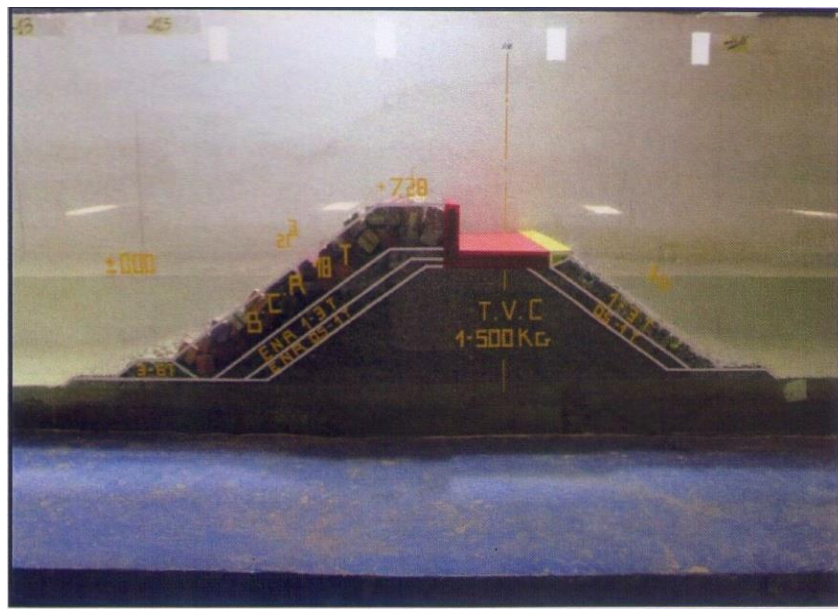


Figure VI.13 : Vue en générale de la variante n°02 avant l'essai.

Chapitre 06 : Etude sur modèle réduit 2D (Canal à houle)

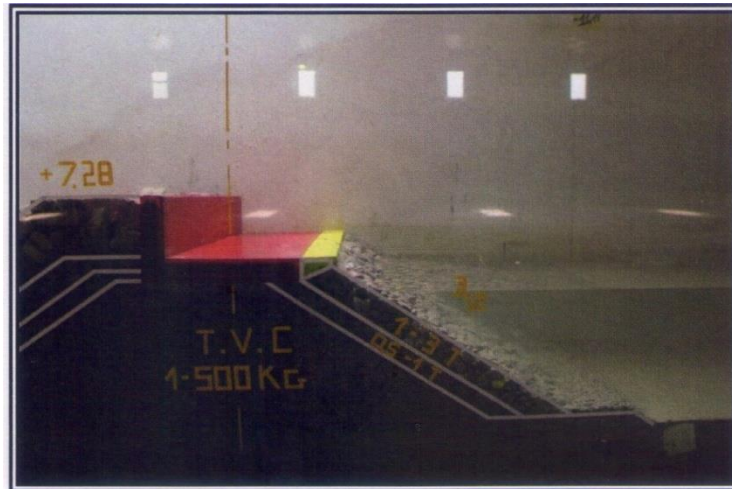


Figure VI.14 : Vue du talus intérieur de la variante n°02 avant l'essai.
-Elargissement de la dalle de roulement.

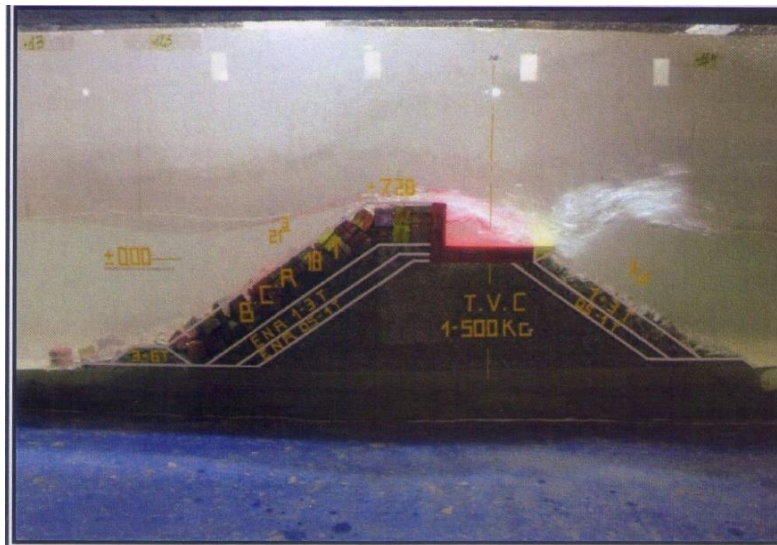


Figure VI.15 : Vue de la variante n002 durant l'essai de la houle biennale.

8.2.1. Résultats des essais de la variante 2:

8.2.1.1 Résultat de la série progressive pour la direction N°360 :

Les résultats obtenus après les essais pour la direction N°360, sont représentés sur le tableau suivant :

Niveau d'eau : +0,00.NGA Direction N°360

Chapitre 06 : Etude sur modèle réduit 2D (Canal à houle)

<i>Teste N°</i>	<i>Tp (s)</i>	<i>HS(m) désirée à -15m</i>	<i>HS (m) obtenue à -15m</i>	<i>Observations</i>
1	9.67	3.88	3.67	-Rien a signaler ;
2	10.52	4.52	4.21	- Rien a signaler ;
3	11.43	5.41	5.78	- Quelques franchissements importants sur la carapace ; - Glissements de 2 enrochements de (3-6) t de la butée ;
4	12.07	6.05	6.24	- Franchissement importants sur l'ouvrage ; -Glissement d'un BCR de 18 t ;
5	12.48	6.67	6.82	-dérangement de e quelques enrochements de (1-3) t du talus intérieur ; -Glissement d'un enrochement de (1-3) t du coté gauche ;
6	13.32	7.52	7.44	-Plusieurs franchissements importants sur la carapace ;
7	13.77	8.13	8.14	-Franchissements importants sur l'ouvrage ; -Glissement de d'autres enrochements de (1-3) t de talus intérieur

Tableau VI.04 : Résultat des essais de la variante 02.

Calcule des débits de franchissement pour la houle quinquennale et décennale :

H 5 ans	18.3 l/s/ml
H 10ans	70.98 l/s/ml

Tableau VI.05 : Calcule des débits de franchissement pour la variante 02

Le volume de franchissement mesuré est très important et pourra causer un gêne pour l'exploitation.

Série d'endurance avec le niveau d'eau + 1.00 NGA

Afin de s'assurer de la bonne stabilité de l'ouvrage, un essai d'endurance a été effectué avec les paramètres de la houle centennale.

> Hs =8.13m a-20m;

> Tp=13.77

La durée du test en modèle est de 2 heures en modèle, ça correspond à une tempête de 12h environ en nature.

Pendant l'essai il a été observé ce qui suit :

- Franchissements importants sur l'ouvrage ;
- Glissement de 10 BCR de 18t;

Chapitre 06 : Etude sur modèle réduit 2D (Canal à houle)

- Glissement de quelques enrochements de (1-3) t du talus intérieur



Figure VI.16 : Vue en générale de la variante n°02 après l'essai.



Figure VI.17 : Vue du talus extérieur de la variante n°02 après l'essai.
-Glissement des BCR 18T.

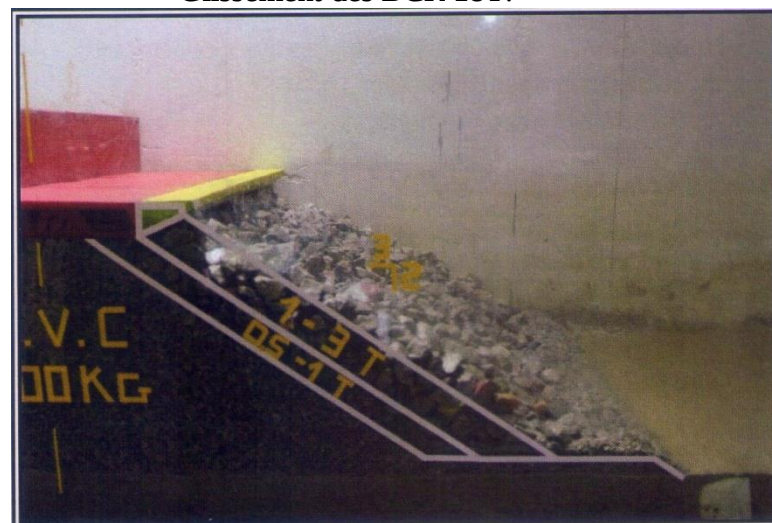


Figure VI.18 : Vue du talus intérieur de la variante n°02 après l'essai.

Chapitre 06 : Etude sur modèle réduit 2D (Canal à houle)

Conclusion :

La variante 2 est instable au niveau de son talus intérieur du fait des franchissements et de la carapace extérieure.

8.3. Description de la variante 3 :

La variante 3 diffère de la variante 2 par :

- Elévation du mur de garde de 50 cm.
- Remplacement des BCR DE 18t par des BCR de 24 t arasée 4 +7.65 m.
- Création d'un bassin de dissipation au niveau de la berme.

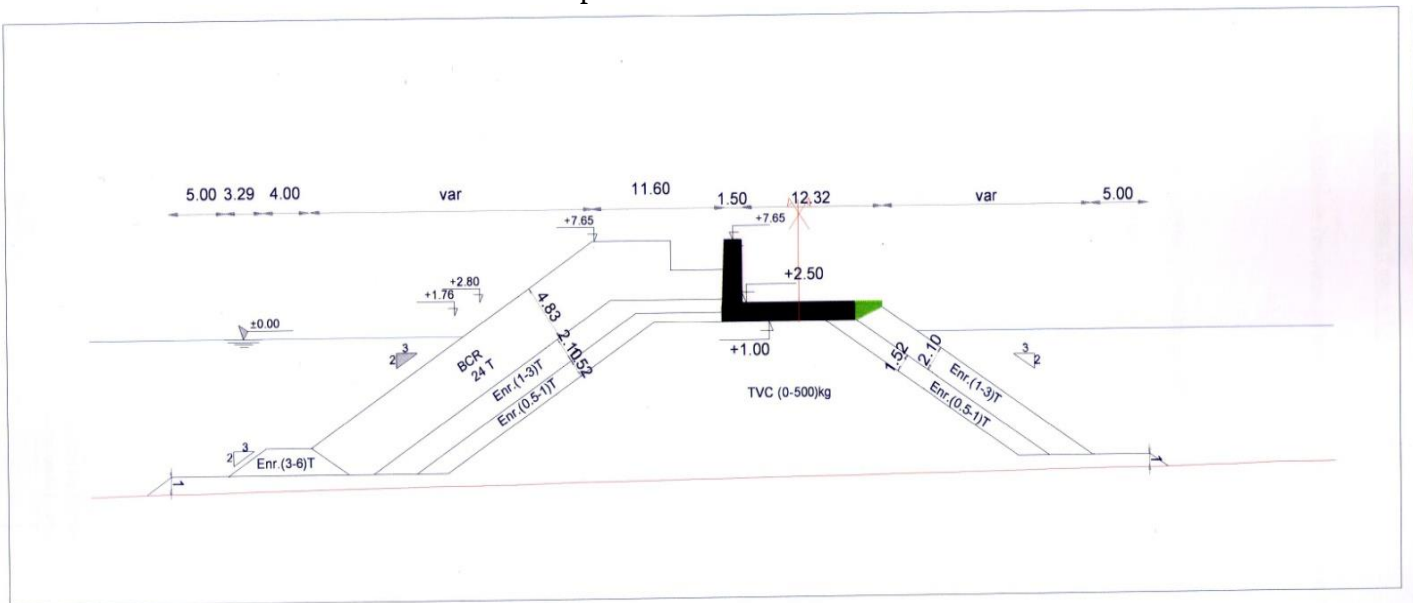


Figure VI.19 : Profile de la variante n°03.

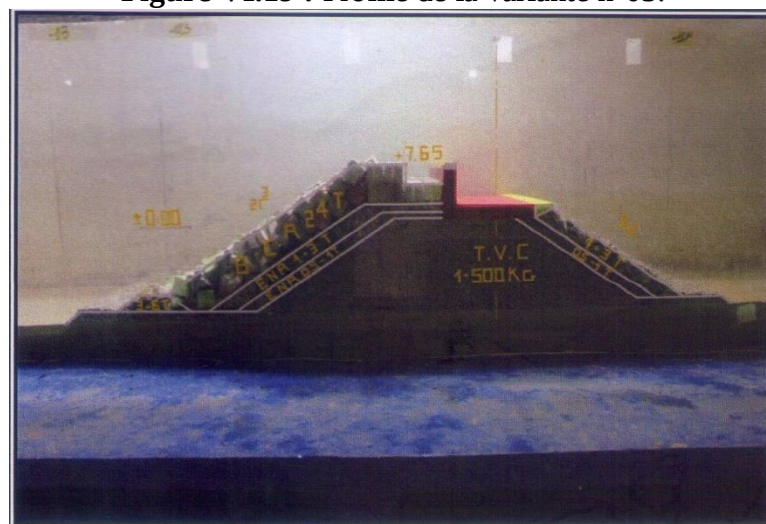


Figure VI.20 : Vue en générale de la variante n°03 avant l'essai.

Chapitre 06 : Etude sur modèle réduit 2D (Canal à houle)

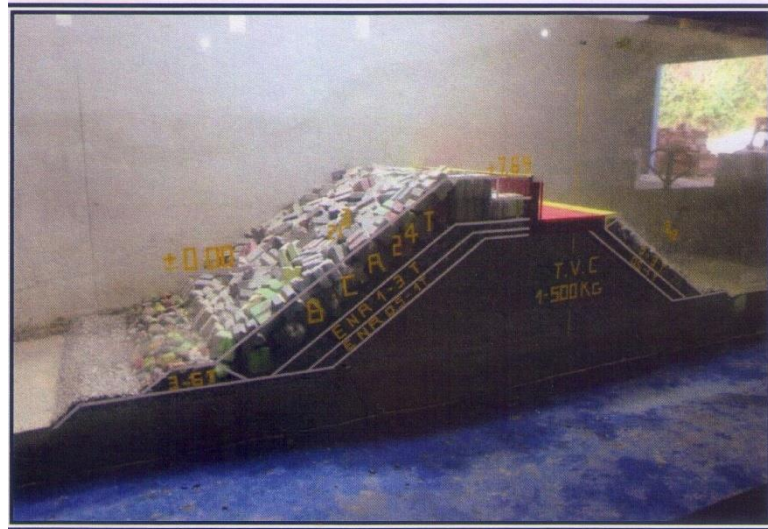


Figure VI.21 : Vue du talus extérieur de la variante n°03 avant l'essai.

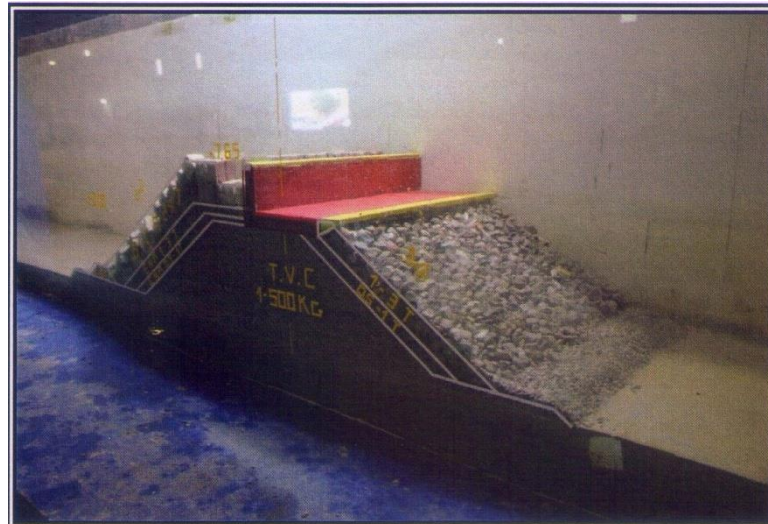


Figure VI.22 : Vue du talus intérieur de la variante n°03 avant l'essai.

8.3.1. Résultats des essais de la variante 3:

8.3.1.1 Résultat de la série progressive pour la direction N°360 :

Les résultats obtenus après les essais pour la direction N°360, sont représentés sur le tableau suivant :

Niveau d'eau: +0,00 NGA Direction N°360

Chapitre 06 : Etude sur modèle réduit 2D (Canal à houle)

<i>Teste N°</i>	<i>Tp (s)</i>	<i>HS (m) Désirée à -15m</i>	<i>HS (m) obtenue à -15 m</i>	<i>Observation</i>
1	9.67	3.88	3.67	Rien à signaler ;
2	10.52	4.58	4.21	Rien à signaler ;
3	11.43	5.41	5.78	Glissements de 2 enrochements de (3-6) t de la butée ; 2 légers franchissements sur la carapace ;
4	12.07	6.05	6.24	Déplacement de 2 BCR de 24 t de la berme de la carapace;
5	12.48	6.67	6.82	Quelques franchissements important sur la carapace Glissement de 3 enrochements de (3-6) t de la butée ;
6	13.32	7.52	7.41	-Franchissements importants sur la carapace ; -Leger étalement du tapis d'affouillements du talus extérieur du profil ; -Dérangement des BCR de 24 t de la berme de la carapace;
7	13.77	8.13	8.14	-Déplacement de quelques autres BCR de 24 t de la berme de la carapace ; -Quelques franchissements importants

Tableau VI.06 : Résultat des essais de la variante 03.

Calcule des débits de franchissement pour la houle quinquennale et décennale :

H 5 ANS	1.9l/s/ml
H 10 ANS	17.36 l/s/ml

Tableau VI.07 : calcul des débits de franchissement pour la variante 03.

Le volume de franchissements a diminué par rapport aux résultats de la variante 2 mais néanmoins demeure toujours élevé pour la houle décennale.

Série d'endurance avec le niveau d'eau + 1.00 NGA

Afin de s'assurer de la bonne stabilité de l'ouvrage, un essai d'endurance a été effectué avec les paramètres de la houle centennale.

- Hs = 8.13m a-20m;
- Tp=13.77

Chapitre 06 : Etude sur modèle réduit 2D (Canal à houle)

La durée du test en modèle est de 2 heures en modèle, ça correspond à une tempête de 12h environ en nature.

Pendant l'essai il a été observé ce qui suit :

- Franchissements importants sur l'ouvrage ;
- Déplacement des BCR de 24 t tout au long de la berme supérieure de la carapace ;
- Glissement de quelques enrochements de (1-3) t du talus intérieur ;



Figure VI.23 : Vue en générale de la variante n°03 après l'essai.



Figure VI.24 : Vue de la carapace de la variante n°03 après l'essai.

Chapitre 06 : Etude sur modèle réduit 2D (Canal à houle)



Figure VI.25 : Vue du talus intérieur de la variante 03 après l'essai.

Conclusion :

La variante 3 montre une instabilité au niveau de la berme supérieure de la carapace ;

8.4. Description de la variante N°04 :

La variante 4 diffère de la variante 3 par :

-Elargissement de la carapace de 3.4 m en laissant toujours un bassin de dissipation au niveau de la berme,

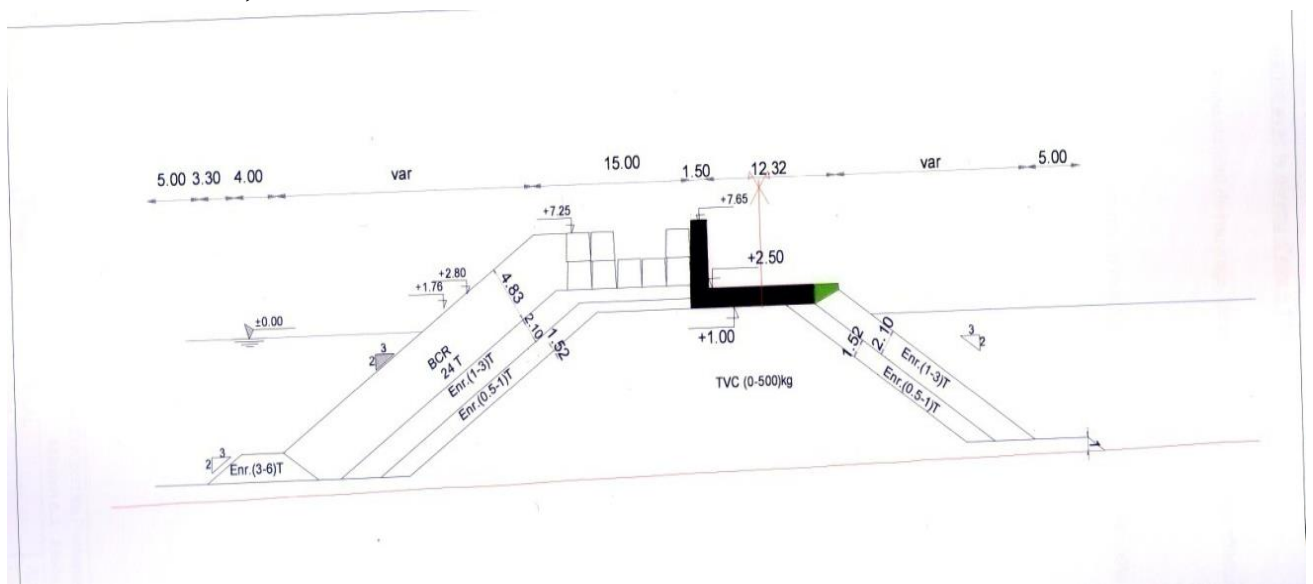


Figure VI.26 : Profile de la variante n°04.

Chapitre 06 : Etude sur modèle réduit 2D (Canal à houle)



Figure VI.27 : Vue en générale de la variante n°04 avant l'essai.



Figure VI.28 : vue du talus extérieur de la variante n°04 avant l'essai.

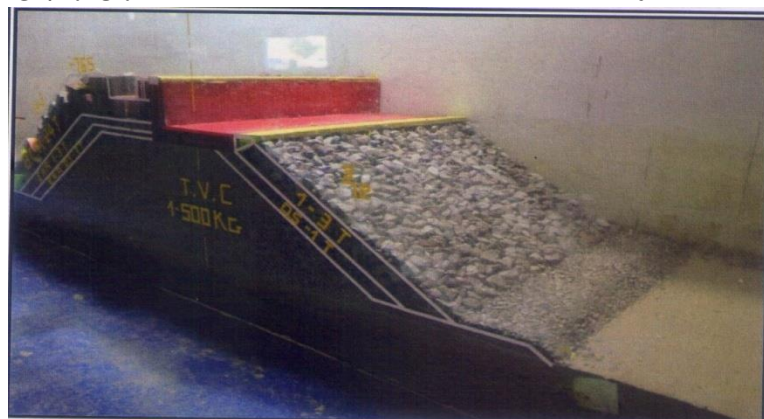


Figure VI.29 : Vue du talus intérieur de la variante n°04 avant l'essai.

8.4.1. Résultats des essais de la variante 04 :

8.4.1.1. Résultat de la série progressive pour la direction n 360°

Niveau d'eau: +0,00 NGA Direction N°360

Chapitre 06 : Etude sur modèle réduit 2D (Canal à houle)

<i>Teste N°</i>	<i>Tp (s)</i>	<i>HS (m) dérivée à -15m</i>	<i>HS (m) Obtenue à -15m</i>	<i>Observation</i>
1	9.67	3.88	3.67	-Rien à signaler
2	10.52	4.58	4.21	-Rien à signaler
3	11.43	5.41	5.78	-quelques léger franchissements sur la carapace ,
4	12.07	6.05	6.24	-Quelques franchissements important sur la carapace -Glissement de 3 enrochements de (3-6) t de la butée ;;
5	12.48	6.67	6.82	-Franchissements importants sur la carapace ;
6	13.32	7.52	7.44	-Quelques franchissements importants sur la carapace ;
7	13.77	8.13	8.14	-Quelques franchissements importants sur la carapace ; -Déplacement de quelques BCR de 24 t au niveau de la berme de la carapace; -Etalement du tapis d'affouillements du talus extérieur.

Tableau VI.08 : Résultats des essais de la variante 04

Calcule des débits de franchissement pour la houle quinquennale et décennale :

<i>H 5 ans</i>	<i>0.6 l/s/ml</i>
<i>H 10 ans</i>	<i>7.23 l/s/ml</i>

Tableau VI.09 : Calcule de débits de franchissement pour la variante 04.

Les volumes de franchissements pour la variante 4 sont acceptables par rapport au critère de franchissements,

Série d'endurance avec le niveau d'eau + 1.00 NGA

Afin de s'assurer de la bonne stabilité de fourrage, un essai d'endurance a été effectué avec les paramètres de la houle centennale.

- Hs=8.13m a-20m;
- Tp= 1377s.

La durée du test en modèle est de 2 heures en modèle, Ça correspond a une tempête de 12h environ en nature,

Pendant l'essai il a été observé ce qui suit :

- Franchissement important sur ouvrage ;
- Déplacement de plusieurs BCR de 24 t de ta berme de la carapace :
- Glissement de quelques enrochements de (3-6) t de la butée ;

Chapitre 06 : Etude sur modèle réduit 2D (Canal à houle)

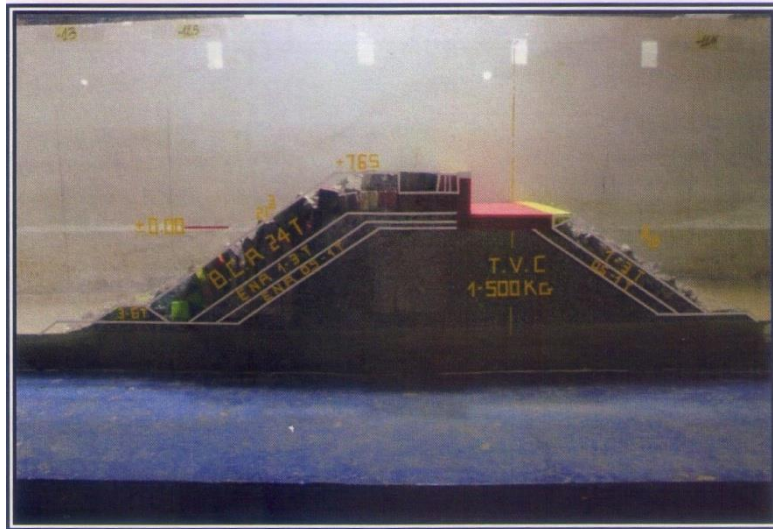


Figure VI.30 : Vue de la variante n°04 après l'essai.

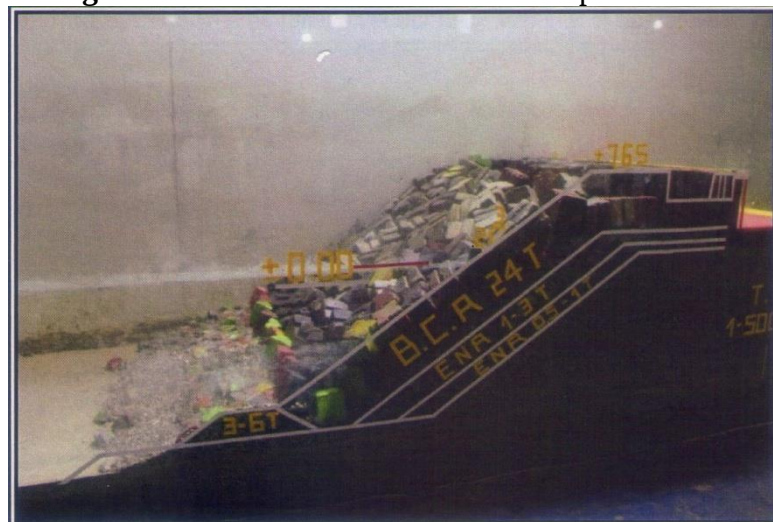


Figure VI.31 : Vue du talus extérieur de la variante n°04 après l'essai.



Figure VI.32 : Vue en haut du talus extérieur de la variante n°04 après l'essai.

Chapitre 06 : Etude sur modèle réduit 2D (Canal à houle)

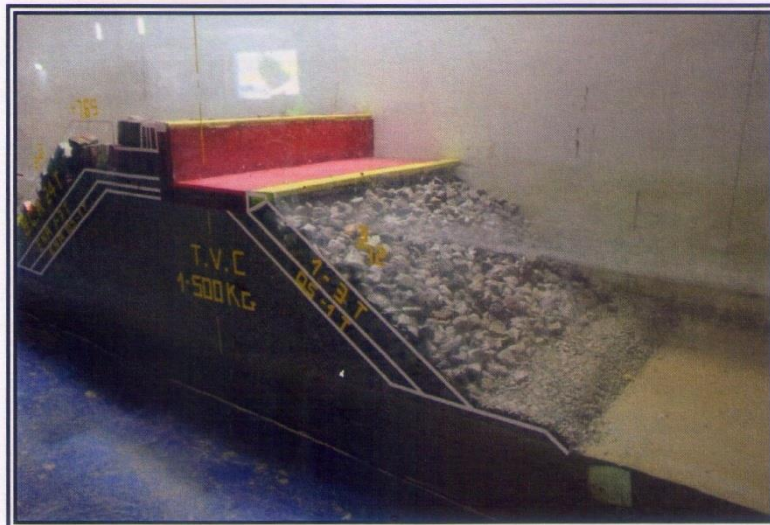


Figure VI.33 : Vue du talus extérieur de la variante n°04 après l'essai.



Figure VI.34 : Vue du haut du talus intérieur de la variante n°04 après l'essai.

Conclusion :

La variante a montré une instabilité au niveau de la berme supérieur de la carapace di au déplacement des BCR de 24 t au niveau de cette derrière ;

8.5. Description de la variante N°05 :

- la variante 05 qui se caractérisé par :

Un noyau en T.V.C de catégorie (0 - 500) kg arasée a +1.00m protégé par :

➤ Coté extérieur :

- Une sous-couche en enrochements de (0.5 — 1) t, arasée a +1.76m suivant une pente de 3/2 ;
- Une deuxième sous -couche en enrochements de (1-3) t, arasée a +2.80 suivant une pente de 3/2 ;
- Une carapace en BCR de 24t arasée a la cote +15.00 m suivant une pente de 3/2.
- Une butée en enrochement de (3-6) t de 4 m de largeur.

Chapitre 06 : Etude sur modèle réduit 2D (Canal à houle)

- Un mur de garde arasée a +7.65m avec un béquet.
- Une dalle de roulement de 12.32 m arasée a +2.50 m.
- Un tapis d'affouillement de 5 m.

➤ *Coté intérieur :*

- Une sous-couche en enrochements de (0.5 — 1) t, arasée a +1.1m suivant une pente de 3/2 ;
- Une carapace en enrochements de (1-3) t, arasée a +2.50 suivant une pente de 3/2.

La variante 5 diffère de la variante 4 par :

- Modification de la forme de la berme de la carapace en gardant le même élargissement de 15m
- Ajout d'un béquet au mur de garde pour atténuer les franchissements.

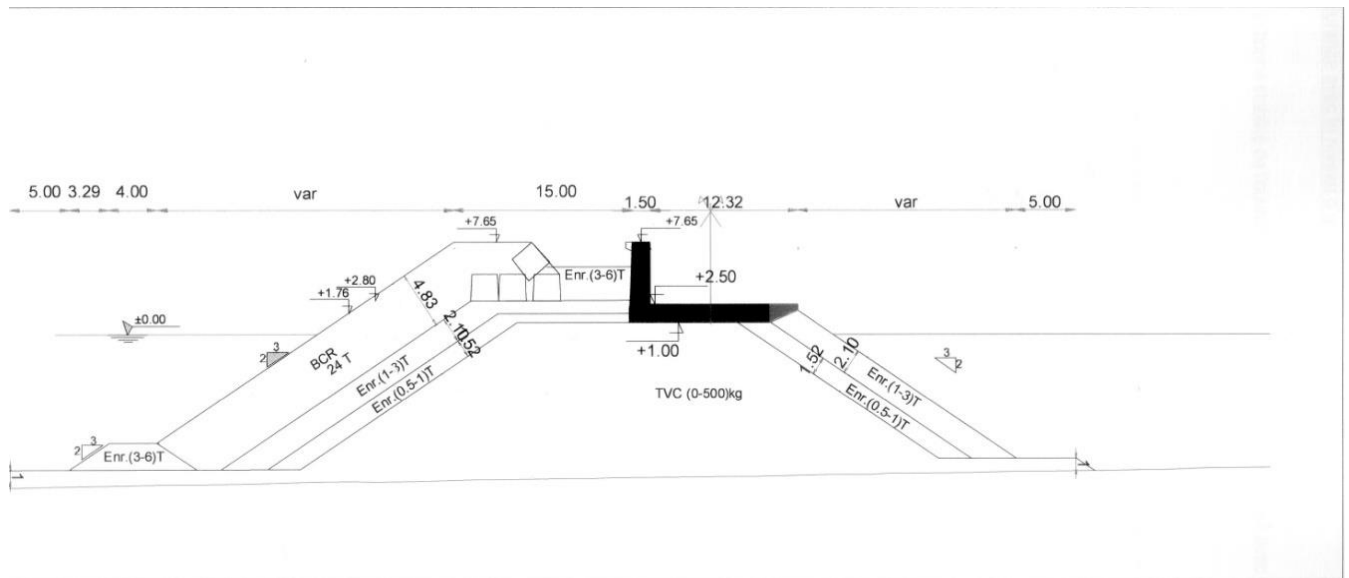


Figure VI.35 : Profile de la variante n°05.

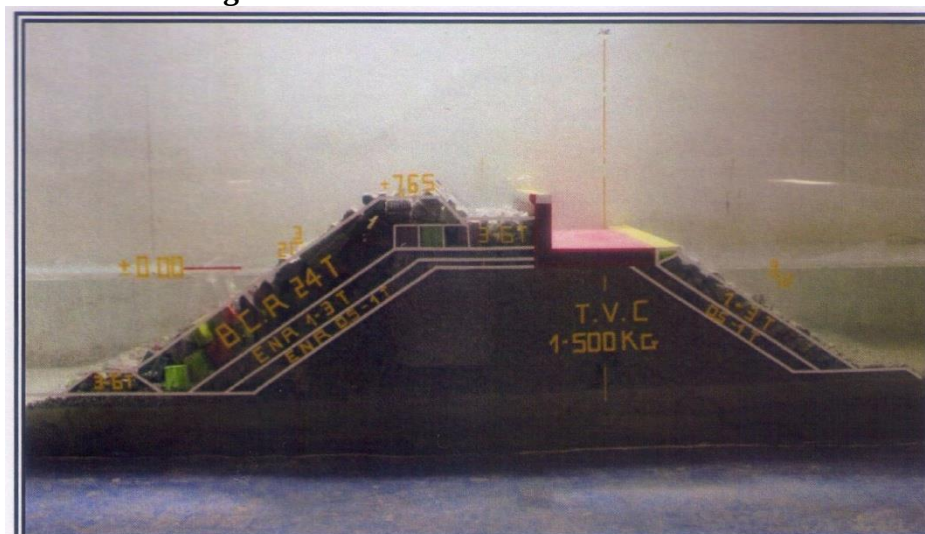


Figure VI.36 : Vue en générale de la variante n°05 avant l'essai.

Chapitre 06 : Etude sur modèle réduit 2D (Canal à houle)



Figure VI.37 : Vue de la berme de la carapace de la variante n°05 avant l'essai

8.5.1. Résultats des essais de la variante 5:

8.5.1.1. Résultats de la série progressive pour la direction N°360 :

Les résultats obtenus après les essais pour la direction N°360, sont représentés sur le tableau suivant:

Niveau d'eau : + 0,00 NGA Direction N°360

Teste N°	Tp (s)	HS (m) désirée à -15m	HS(m) obtenue à -15m	Observations
1	9.67	3.88	3.67	-Rien à signaler
2	10.52	4.58	4.21	-Rien à signaler
7	13.77	8.13	8.14	-Quelques franchissements important sur la carapace ; -Dérangement de quelques enrochements de (3-6) t de la butée du talus extérieur ; - Glissement de quelques enrochements de (1-3) t ;

Tableau VI.10 : Résultats des essais de la variante 05.

Calcule des débits de franchissement pour la houle quinquennale et décennale :

H 5ans	0.7 l/s/ml
H10ans	3.98 l/s/ml

Tableau VI.11: calculs des débits de franchissement de la variante 05.

Chapitre 06 : Etude sur modèle réduit 2D (Canal à houle)

Les volumes de franchissements sont acceptables pour la variante 5 et on observe une diminution aussi du volume pour la houle décennale par rapport à la variante 4.

Série d'endurance avec niveau d'eau + 1.00 NGA

Afin de s'assurer de la bonne stabilité de l'ouvrage, un essai d'endurance a été effectué avec les paramètres de la houle centennale.

- $H_s=8.13\text{m}$ a-20m;
- $T_p=13.77$

La durée du test en modèle est de 2 heures en modèle, ça correspond à une tempête de 12h environ en nature.

Pendant l'essai il a été observé ce qui suit :

- franchissements importants sur l'ouvrage ;
- Glissement de quelques enrochements de (1-3) t du talus extérieur ;
- Glissement de quelques enrochements de (3-6) t de la butée ;
- Déplacement de 3 BCR de 24 t sur la berme de la carapace.



Figure VI.38 : Vue en générale de la variante n°05 après l'essai.

Chapitre 06 : Etude sur modèle réduit 2D (Canal à houle)



Figure VI.39 : Vue de la berme de la carapace de la variante n°05 après l'essai.
-Déplacement de 3 BCR de 24T.



Figure VI.40 : Vue du talus extérieur de la variante n°05 après l'essai.

Chapitre 06 : Etude sur modèle réduit 2D (Canal à houle)

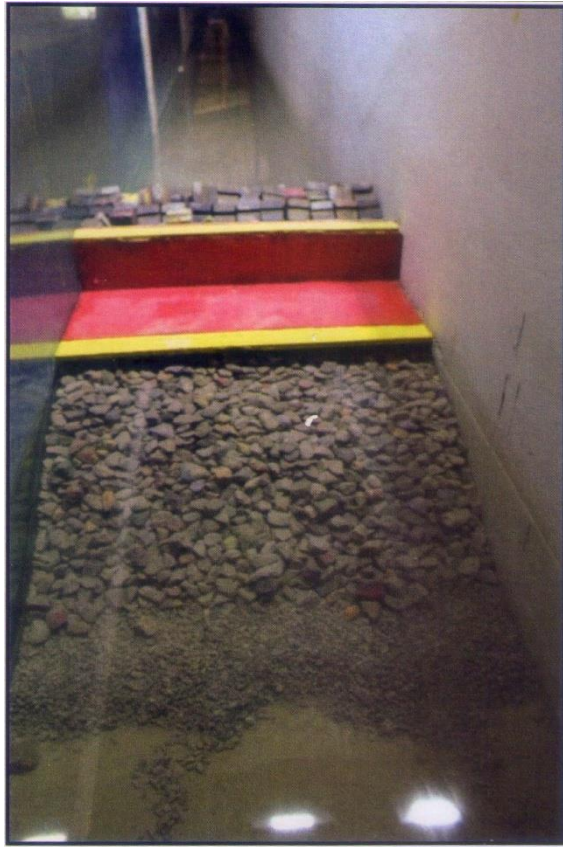


Figure VI.41 : Vue du talus extérieur de la variante n°05 après l'essai.

Conclusion :

La variante N°5 a montré une stabilité satisfaisante, malgré le glissement de 03 BCR de 24T.

Analyse et synthèse des résultats :

Les différents réaménagements apportés aux variantes suite aux essais effectués sur le modèle réduit physique 2D, nous ont amené à adopter la variante 05 comme solution par rapport à la stabilité (constituant des ouvrages).

CHAPITRE 07 :
PLAN DE MASSE

Chapitre 07 : Plan de masse

Introduction :

Suite aux résultats obtenus dans cette étude, la variante 05 a été recommandée pour l'aménagement du port de plaisance à Sidi Khelifa-Azeffoun.

Selon le plan de masse étudié, le futur port de plaisance de Sidi Khelifa tient compte la répartition dans l'espace des différents aménagements, ainsi que les infrastructures indispensables dans le port de plaisance.

I. Description de la variante optimale :

Cette variante se caractérise par :

1.1. Ouvrages de protection :

Linéaire des ouvrages de protection :

- Une jetée principale de longueur : 1322m
- Une jetée secondaire de longueur : 490 m

a) Jetée principale :

Profil courant (Profil B-B) :

Un noyau en T.V.C de catégorie (0 - 500) kg arasée à +1.00m protégé par :

Coté extérieur :

- Une sous-couche en enrochements de (0.5- 1) t, arasée à +1.76m suivant une pente de 3/2.
- Une deuxième sous-couche en enrochements de (1-3) t, arasée à +2.80 suivant une pente de 3/2
- Une carapace en BCR de 24t arasée à la cote +15.00 m suivant une pente de 3/2.
- Une butée en enrochement de (3-6) t de 4 m de largeur.
- Un mur de garde arasée à +7.65m avec un béquet.
- Une dalle de roulement de 12.32 m arasée à +2.50 m.
- Un tapis d'affouillement de 5 m.

Coté intérieur :

- Une sous-couche en enrochements de (0.5 - 1) t, arasée à +1.1m suivant une pente de 3/2.
- Une carapace en enrochements de (1-3) t, arasée à 2.50 suivant une pente de 3/2

1.2. Description des ouvrages d'accostage :

- Un quai accostable de : 740 m
- Quai d'avitaillement : 80m
- Les appontements accostables est de : 1 510 m

Chapitre 07 : Plan de masse

1.3. Nombre d'embarcation :

Le port peut accueillir jusqu'à 610 bateaux allant de 8 à 60 m de longueurs :

Bateau de 60m de longueur : 01 unité
Bateau de 50 m de longueur : 02 unités
Bateau de 40 m de longueur : 04 unités
Bateau de 30 m de longueur : 06 unités
Bateau de 25 m de longueur : 51unités
Bateau de 20 m de longueur : 48 unités
Bateau de 18 m de longueur : 50 unités
Bateau de 15 m de longueur : 70 unités
Bateau de 12 m de longueur : 150unités
Bateau de 10 m de longueur : 150unités
Bateau de 8 m de longueur : 150 unités

1.4. Occupation de terre-Plein :

La surface de terre-plein est de 20 Ha, elle est aménagée comme suit :

1.4.1. Zone technique et réparation : est de surface 26 112 m²

a) Partie avitaillement :

Magasin Lubrifiants : 100 m²
Cuves de récupération des huiles usagées : 100 m²
Volumètres

a) Partie réparation :

Ateliers de réparation : 700 m²
Air d'Hivernage : 6 535 m²
Parking Zone technique et réparation : 37 places

1.4.2. Espace grand public : est de surface 36 932 m²

Equipeement Multifonctionnel : 1 200 m²
Installations saisonnières Aménagements paysagers urbains : 280m²
Station de transport maritime: 428m²
Parking public: 183 Places

1.4.3. Espace plaisanciers : est de surface 76 567 m²

Magasin d'Accastillage 980 m²
Promenade Urbaine (Plaisanciers/Public)
Parking Plaisanciers 347 places

1.4.4. Espace nautique : est de 3 239m²

Chapitre 07 : Plan de masse

Club nautique: 782 m²

1.4.5. Zone réglementée et aires de manœuvre : est de 9319 m²

Zone garde cotes : 6500 m²

Capitainerie : 428 m²

Unité de protection civile : 50 m²

Parking : 21 places

CHAPITRE 08 :
IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

Chapitre 08 : Impact sur l'environnement

Introduction :

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.

I. 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.

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.

II. Conséquences sur le milieu marin de l'installation d'un port de plaisance :

Les inquiétudes liées à la création d'un port sont rendues d'autant plus vives que les effets induits sur le milieu marin concernent l'ensemble d'un écosystème qui sera touché le plus souvent d'une manière irréversible.

Le milieu marin : Un port de plaisance construit sur une portion du littoral entraînera deux types d'impact. L'impact temporaire lié à la construction du port, mais aussi l'impact permanent induit de sa présence, de l'exploitation du port et des activités annexes.

2.1. Impacts liés à la construction :

L'implantation d'un ouvrage dans le milieu marin a comme conséquence immédiat et irréversible la destruction de la faune et de la flore de la zone qui supporte les travaux.

Dans beaucoup de sites choisis, les profondeurs d'eau initiales sont insuffisantes pour accueillir tous les types de bateaux de plaisance et il est nécessaire de draguer les fonds pour atteindre un tirant d'eau permettant les manœuvres dans des bonnes conditions. Le creusement du bassin portuaire s'effectue lors de la construction. Par la suite, des dragages périodiques entretiendront le port. Ces opérations de dragages et le dépôt des produits prélevés sont susceptibles d'altérer l'environnement marin. A l'extérieur de la zone portuaire les principales altérations que vont subir les organismes marins sont dues aux rejets de dragages. Les effets de leurs déversements en mer ou en estuaire intéressent à la fois la colonne d'eau et le fond.

2.2. Conséquences de l'exploitation du port :

Le développement de l'activité économique dans un port et dans son voisinage a comme conséquences des apports polluants.

Les principales causes de cette pollution portuaire sont tous d'abord les hydrocarbures provenant de l'activité maritime. Ces pollutions chroniques rencontrées dans les ports de plaisance concernent essentiellement les fuites ou rejets involontaires de carburant. Une partie importante s'évapore en donnant des odeurs caractéristiques tandis que la fraction la plus lourde forme un film irisé à la surface de l'eau. Lorsque le film est continu et occupe une surface importante, il diminue la pénétration de lumière et peut ainsi contribuer à un déficit en Oxygène des eaux sous-jacentes.

Il faut mentionner ensuite les polluants métalliques tels que la dilution des peintures anti-salissures qui protègent les coques contre la corrosion et la bio salissure en tuant les algues. Elles sont donc très toxiques pour les organismes marins et non biodégradables. Enfin, la pollution de types urbains provenant de l'habitat à bord des bateaux dans le bassin portuaire est très importante. Par ailleurs, la création d'un port favorise le développement d'activités annexes liées à la plaisance et au tourisme. Le développement de ces activités ne va pas sans poser quelques problèmes de qualité des eaux dans le port et son voisinage.

III. 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

Chapitre 08 : Impact sur l'environnement

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.

3.1. Phase travaux :

A. la présence de panneaux avertissant des dangers et interdisant l'accès à toute personne étrangère réduirait les risques d'accidents

B. Envois 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 envois 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.

3.2. 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. 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

B. 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

C. 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.

D. Prendre un certain nombre de mesures destinées à assurer la salubrité du plan d'eau tels :

Chapitre 08 : Impact sur l'environnement

- 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.

3.3. 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. Les 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.

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

Conclusion générale

D'après cette étude on peut recommander la variante 05 comme meilleur choix pour l'aménagement du futur port de plaisance à Sidi-Khelifa, qui possède des caractéristiques qui répondent aux conditions du site choisi. Elle est d'une jetée principale de 1322 ml et une jetée secondaire de 490 ml, d'une passe d'entrée qui sera orientée vers l'Est.

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

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Bibliographie :

Avant projet sommaire sur le site retenu.2020 : LEM, 2020

Étude sur modèle réduit. 2020. étude sur modèle réduit physique en canal à houle. Model réduit : LEM, 2020.

Schéma Directeur de Développement des Infrastructures Maritimes et Portuaires à l'horizon 2025 : Rapport de Synthèse

Compagne géotechnique sur site retenu : LEM, 2019

Rapport de reconnaissance : LEM, 2019

Rapport de l'étude sismique : LEM, 2019

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

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

CHAPON, J., (1982). « Travaux maritimes », Tome II, Ed : Eyrolle

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

Guide technique études techniques portuaires, édition 1-2016

Travaux maritimes. Pr.Y.ADJOR

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

ANNEXES

ANNEXE (01)

- Classification des environnements agressifs selon la norme NF P18-011(Décembre 2009).
- Les photos des formations géologiques rencontrées sur site.
- Résultats des sondages à la lance.
- Résultats d'étude sédimentologique.

Essai de laboratoire

Spécifications informatives :

Classification des environnements agressifs (norme NF18-011 Décembre 2009)

Agressivité des sols		
SO ₄ = (mg/kg de sol séché à 105± -5°C)		Mesures de protection
X A1	2000ET <3000	Pas de mesures particulières
X A2	>3000 et <12000	Ciment conforme à la norme NF P 15-317(PM) ou NF P15-319 (ES)
X A3	>12000 et <24000	Ciment conforme à la norme NF P15-319 (ES)

Sondage N°01 /Profondeur 15

[illegible]





Sondage N°03 /Profondeur 30

Hm	Recup	NS	Lithologie	Ech	mon ?	nom ?	nom ?	Tubage	Description des couches
0.		V							Remblais (corps de chaussée et enrochement)
-1.	70								
-2.	80								
-3.	87								
-4.	80								
-5.	82								Sables
-6.	100								
-7.	100								
-8.	100								
-9.	100								
-10.									Peltes schisteuses fracturées à filonets de calcaires, de couleur grise
-11.	88								
-12.									
-13.	100								
-14.									
-15.	80								
-16.									
-17.	93								
-18.									
-19.	86								
-20.									
-21.									
-22.	83								
-23.									
-24.									
-25.	86								
-26.									
-27.									
-28.	57								
-29.									
-30.	94								



SOND01	637297.521	4083307.159	3	1	sable
SOND02	637298.340	4083483.260	5	0,7	sable
SOND03	637300.088	4083861.947	12	0,7	sable
SOND04	637301.664	4084189.689	17	0,8	sable
SOND05	637547.625	4083325.271	3	0,2	sable+roche
SOND06	637547.822	4083390.600	5	0,6	sable
SOND07	637549.423	4083735.975	10	0,7	sable
SOND08	637549.423	4084037.845	15	0,7	sable
SOND09	637551.948	4084271.824	20	0,8	sable
SOND10	637797.408	4083245.969	3	0,1	sable+graveir
SOND11	637798.182	4083451.529	5	0,6	sable
SOND12	637799.889	4083818.890	12	0,7	sable
SOND13	637801.353	4084145.912	17	0,7	sable
SOND14	638047.982	4083405.698	3	0	roche
SOND15	638049.049	4083623.090	10	0,8	sable
SOND16	638050.583	4083975.997	15	0,8	sable
SOND17	638051.939	4084261.459	20	0,8	sable
SOND18	638297.577	4083324.897	3	0,3	sable+roche
SOND19	638298.145	4083442.512	5	0,4	sable
SOND20	638299.635	4083764.469	12	0,8	sable
SOND21	638301.040	4084073.652	17	0,7	sable
SOND22	638547.422	4083281.698	3	0,7	sable
SOND23	638547.696	4083334.391	5	0,6	sable
SOND24	638549.114	4083643.224	10	0,7	sable

SOND25	638550.378	4083927.491	15	0,8	sable
N° station	X (UTM31)	Y (UTM31)	Profondeur	Pénétration (m)	Nature du fond marin
SOND26	638551.667	4084212.676	20 ↖	0,7	sable
SOND27	638797.109	4083221.326	3	0	roche
SOND28	638797.297	4083254.855	5 ×	0,4	sable+roche
SOND29	638799.493	4083721.366	12	0,6	sable
SOND30	638800.847	4084018.144	17	0,6	sable
SOND31	638697.118	4083240.489	3 ↘	0,6 ↘	sable ↘
SOND32	638699.083	4083630.088	10 ↙	0,6	sable
SOND33	638699.551	4083729.910	12	0,6	sable
SOND34	638700.341	4083911.326	15 ↘	0,7	sable
SOND35	638701.645	4084193.343	20	0,6	sable
SOND36	638962.183	4083214.544	3	0,6	sable
SOND37	638962.456	4083277.498	5	0,7	sable
SOND38	638964.417	4083695.563	12 .	0,6	sable
SOND39	638965.622	4084005.250	17 .	0,6	sable
SOND40	638966.590	4084173.798	20 .	0,6	sable
SOND41	639227.187	4083225.621	3 .	0,6	sable
SOND42	639228.842	4083571.991	10 ↗	0,6	sable
SOND43	639229.291	4083679.262	12	0,6	sable
SOND44	639230.661	4083863.275	15	0,6	sable
SOND45	639231.454	4084152.819	20	0,6	sable
SOND46	639492.012	4083187.186	3	0,6	sable
SOND47	639492.332	4083236.721	5	0,3	sable+roche
SOND48	639494.259	4083660.744	12	0,6	sable
SOND49	639495.536	4083949.010	17	0,6	sable
SOND50	639496.396	4084122.946	20	0,6	sable
SOND51	639757.109	4083191.829	3	0,8	sable
SOND52	639758.818	4083553.569	10	0,7	sable
SOND53	639759.277	4083647.261	12	0,7	sable
SOND54	639759.872	4083819.998	15	0,7	sable
SOND55	639761.297	4084108.184	20	0,6	sable
SOND56	639994.817	4083214.208	3	0,7	sable
SOND57	639995.356	4083346.100	5	0,8	sable
SOND58	639996.594	4083616.765	12	0,7	sable
SOND59	639997.864	4083899.677	17	0,6	sable
SOND60	639998.666	4084070.491	20	0,6	sable

Résultats des sondages à la lance

N° du sondage	X UTM 31	Y UTM 31	Profondeur	Nature du fond marin
Prel 01	637297.073	4083204.033	1	Sable + gravier
Prel 02	637298.340	4083483.396	5	Sable
Prel 03	637298.200	4083727.790	10	Sable
Prel 04	637302.396	4084361.221	20	Sable
Prel 05	637547.551	4083325.273	3	Sable
Prel 06	637549.093	4083655.160	8	Sable
Prel 07	637550.890	4084040.050	15	Sable
Prel 08	637797.001	4083184.630	1	Sable + gravier
Prel 09	637798.180	4083451.542	5	Sable
Prel 10	637798.662	4083696.498	10	Sable
Prel 11	637801.866	4084266.503	20	Sable + roche
Prel 12	638047.997	4083405.758	3	Sable
Prel 13	638048.646	4083559.716	8	Sable
Prel 14	638050.537	4083976.081	15	Sable
Prel 15	638296.192	4083288.871	1	Sable + roche
Prel 16	638298.146	4083442.568	5	Sable
Prel 17	638299.339	4083647.580	10	Sable
Prel 18	638301.760	4084244.448	20	Sable
Prel 19	638547.408	4083282.054	3	Sable
Prel 20	638548.716	4083568.259	8	Sable
Prel 21	63550.302	4083927.614	15	Sable
Prel 22	638796.925	4083189.537	1	Roche
Prel 23	63797.281	4083270.023	5	Sable
Prel 24	638799.284	4083622.129	10	Sable
Prel 25	638801.600	4084184.604	20	Sable
Prel 26	638701.689	4084193.432	20	Roche
Prel 27	638699.498	4083631.084	10	Sable
Prel 28	638698.189	4083438.223	5	Sable
Prel 29	638963.285	4083149.382	3	Sable
Prel 30	638963.285	4083149.382	1	Roche
Prel 31	638962.172	4083214.699	3	Sable
Prel 32	638963.614	4083517.984	8	Sable
Prel 33	638965.250	4083884.668	15	Sable
Prel 34	639223.721	4083097.408	1	Roche
Prel 35	639227.809	4083356.933	5	Sable
Prel 36	639228.749	4083572.005	10	Sable
Prel 37	639231.219	4084153.015	20	Sable
Prel 38	639497.958	4083105.132	1	Sable
Prel 39	639492.028	4083187.062	3	Sable
Prel 40	639493.495	4083518.992	8	Sable
Prel 41	639494.974	4083827.208	15	Sable
Prel 42	639745.933	4083034.219	1	Sable
Prel 43	639758.013	4083372.299	5	Sable
Prel 44	639758.606	4083553.592	10	Sable

Prel 45	639761.159	4084108.134	20	Sable
Prel 46	639996.639	4083116.417	1	Sable
Prel 47	639994.737	4083214.226	3	Sable
Prel 48	639995.880	4083457.864	8	Sable
Prel 49	639997.305	4083787.901	15	Sable
Prel 50	A l'embouche de l'oued petit paradis			Sable
Prel 51	A l'embouche de l'oued petit paradis			Sable

Tableau des résultats de l'étude sédimentologique

ANNEXE (02)

- Figure : Bathymétrie de la zone d'étude.

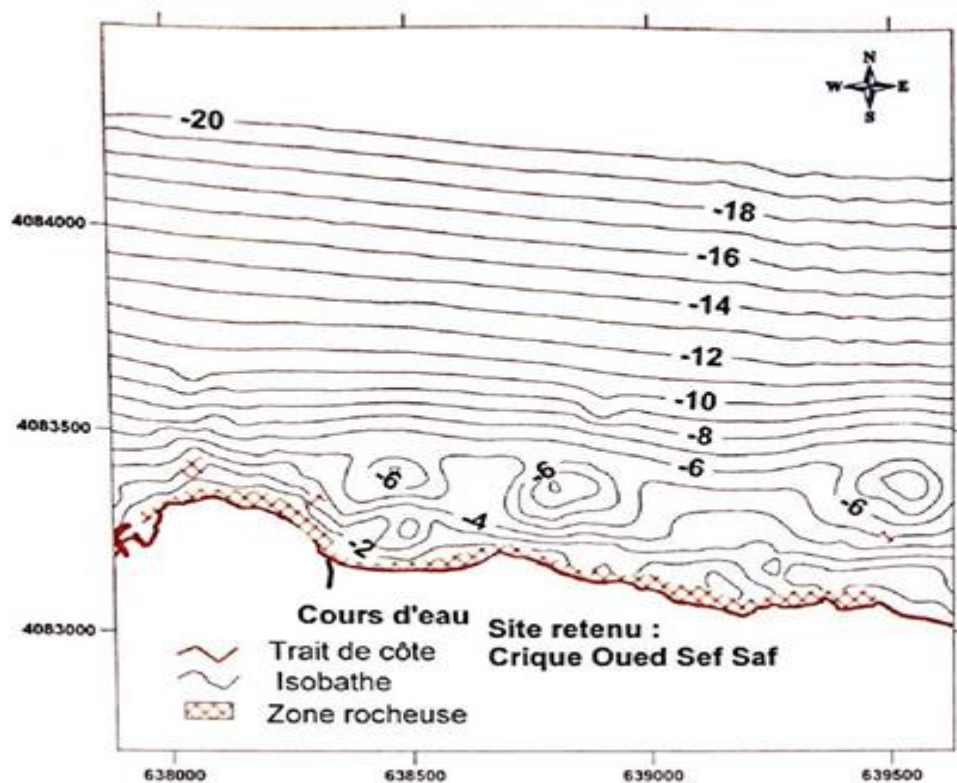
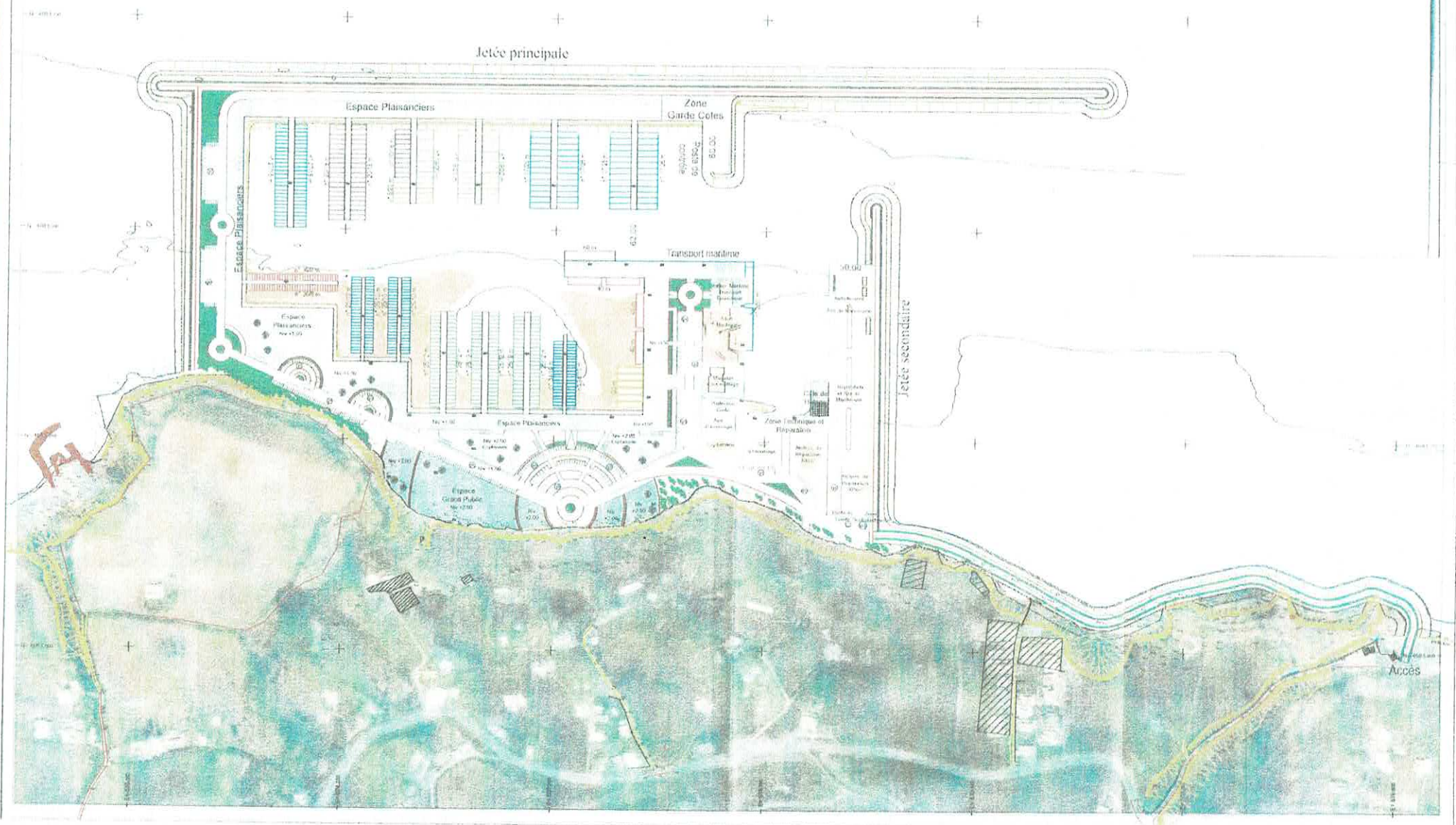


Figure : Bathymétrie de la zone d'étude

ANNEXE (03)

- Variantes d'aménagement et coupes (Plans format A4)
- Figure tracé routier

Ech 1/4500



Variante 02

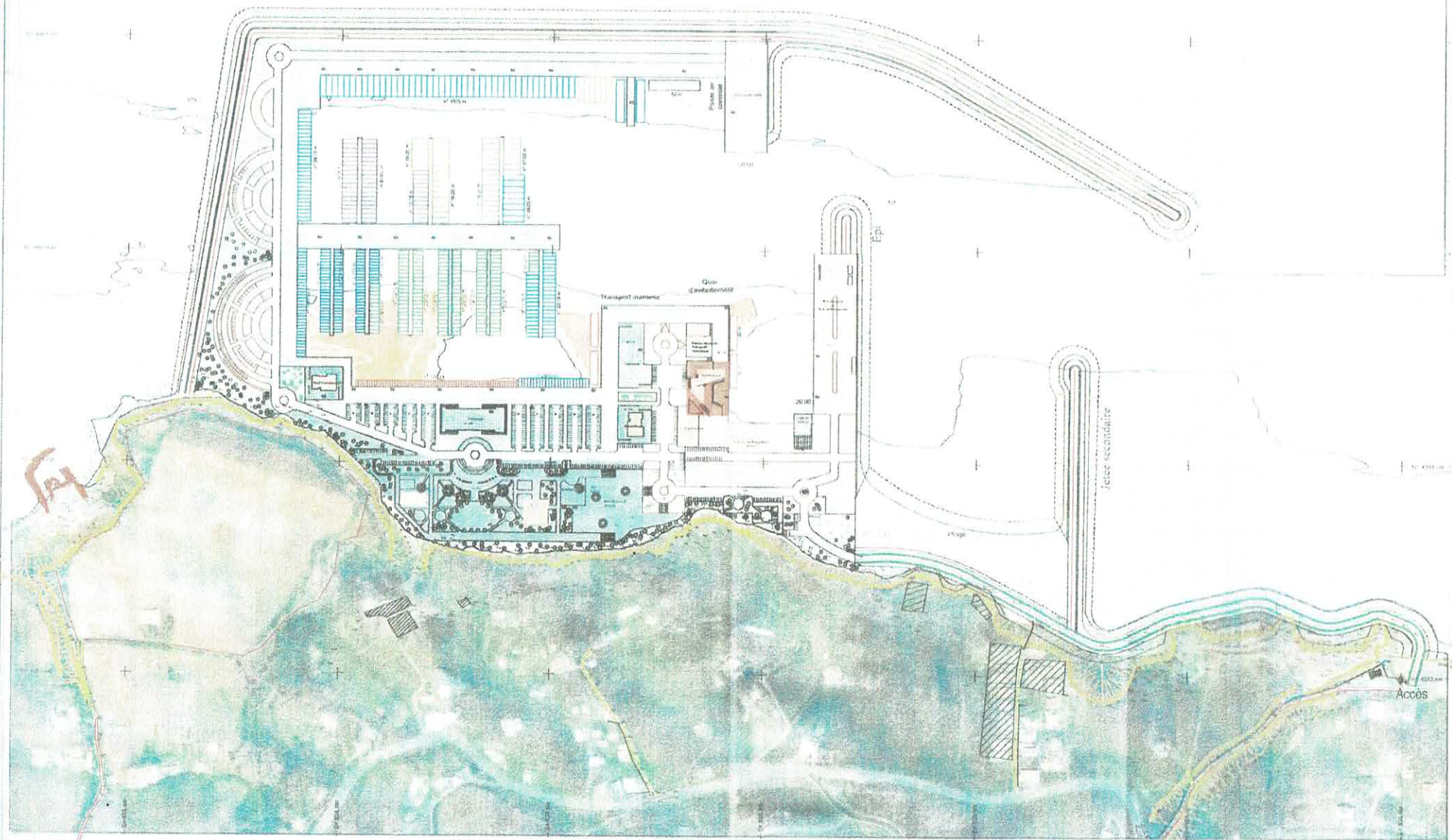
Ech 1/4500

Jetée principale

Jetée secondaire

Quai d'embarcadere
Transport maritime

Accès



Variante 03

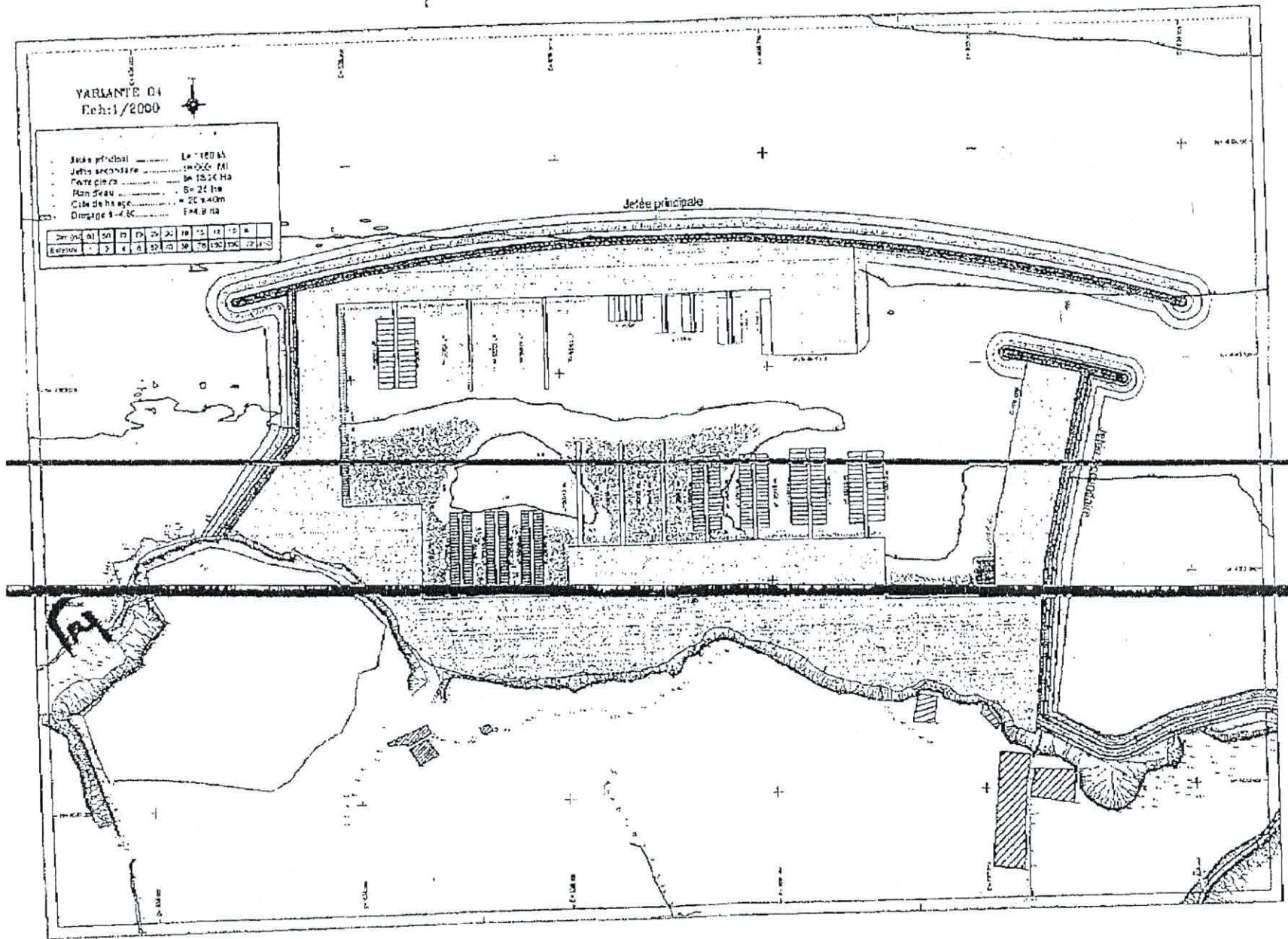
Ech 1/4500

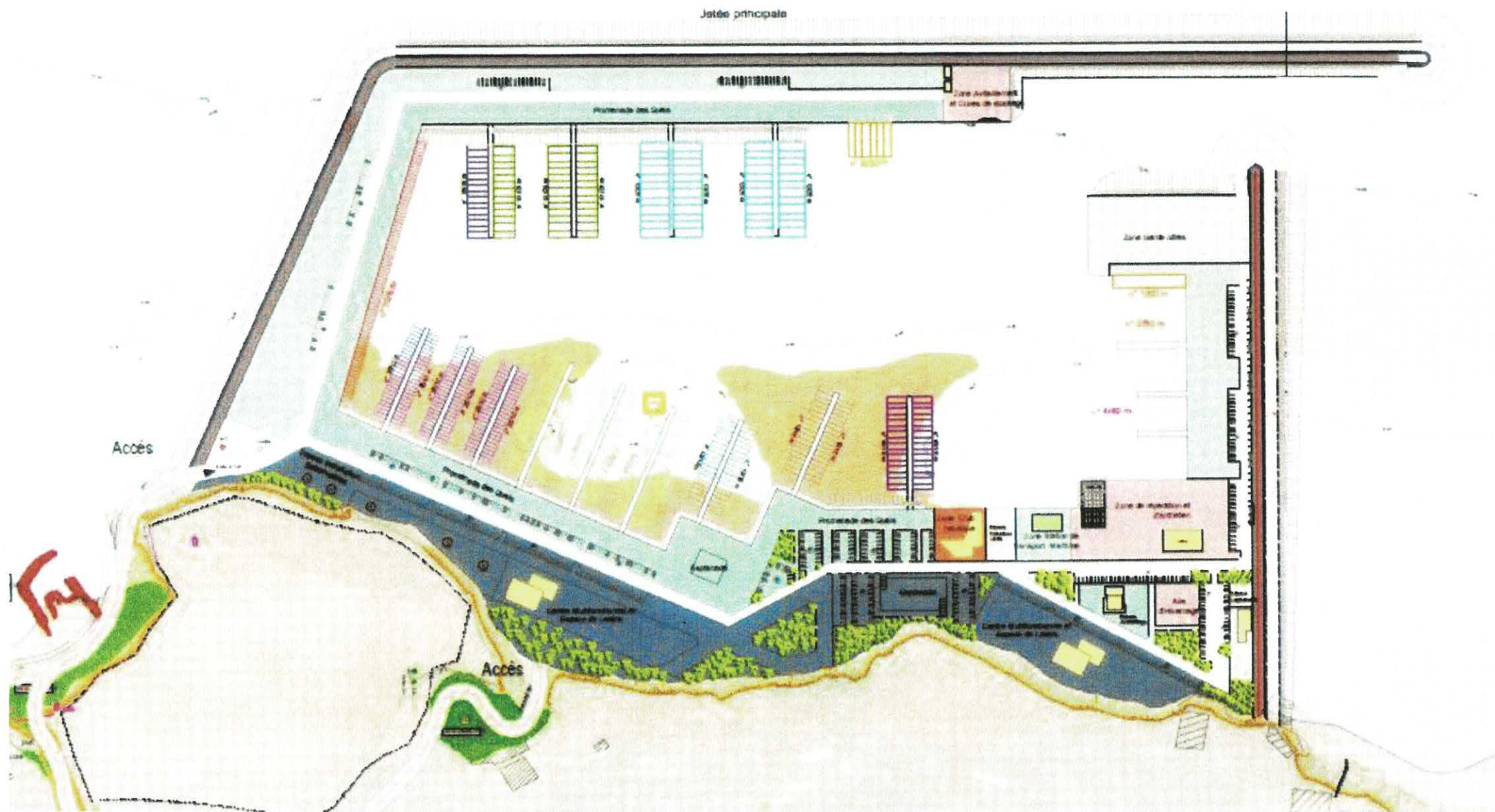


VARIANTE 04
Ech: 1/2000

Jardin principal	14 - 100 m
Jardin secondaire	100 - 200 m
Parc de la ville	200 - 500 m
Plan d'eau	5 - 20 ha
Cote de la ville	20 - 40 m
Drainage 4 - 6	5 - 10 ha

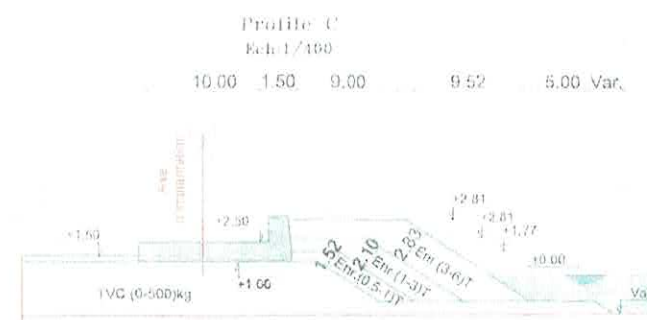
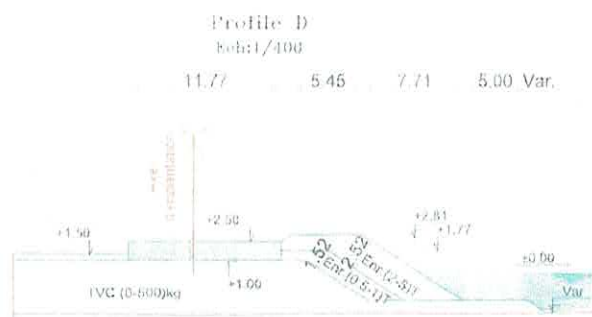
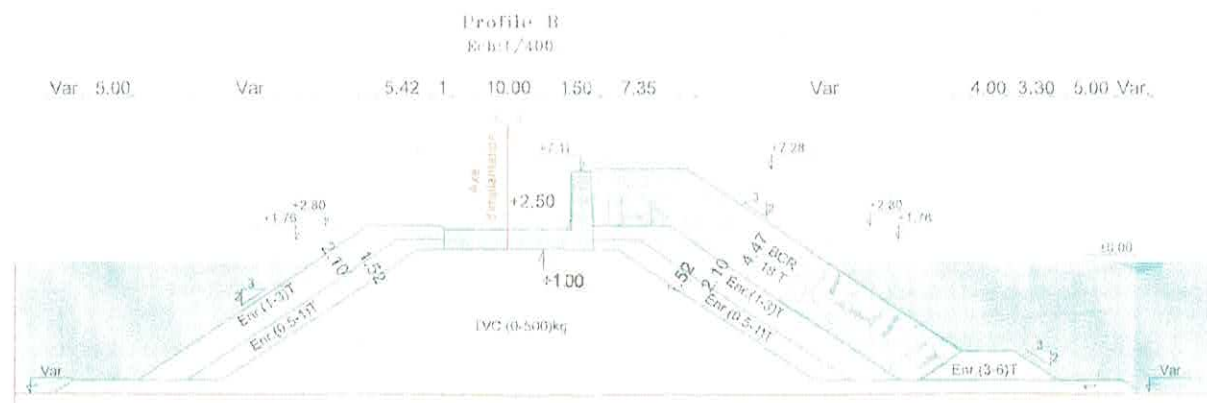
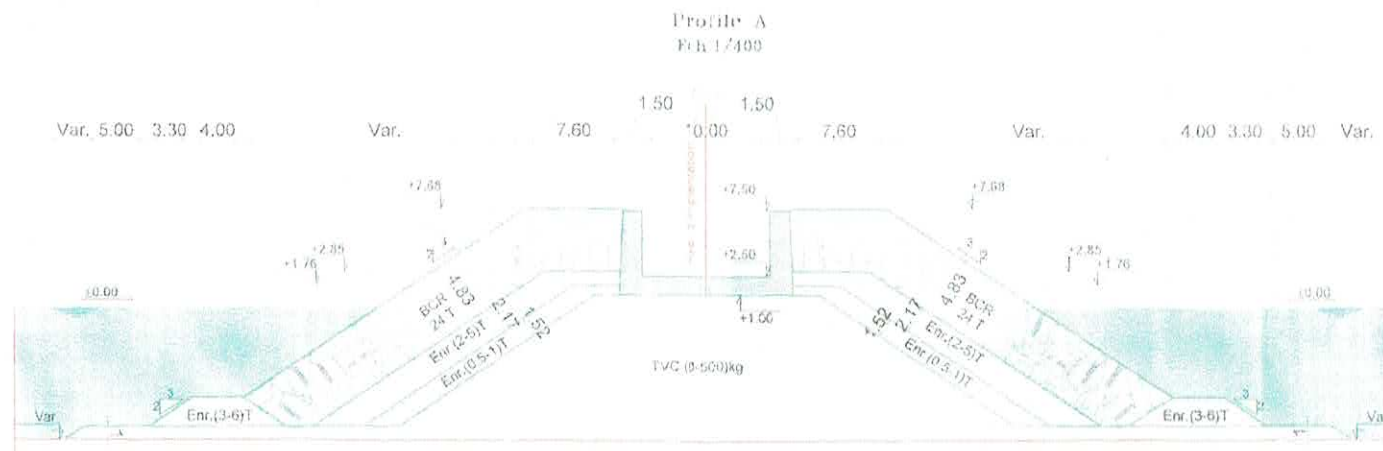
Surf. (m²)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
Superficie	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80	82	84	86	88	90	92	94	96	98	100																																																		





Jetée principal

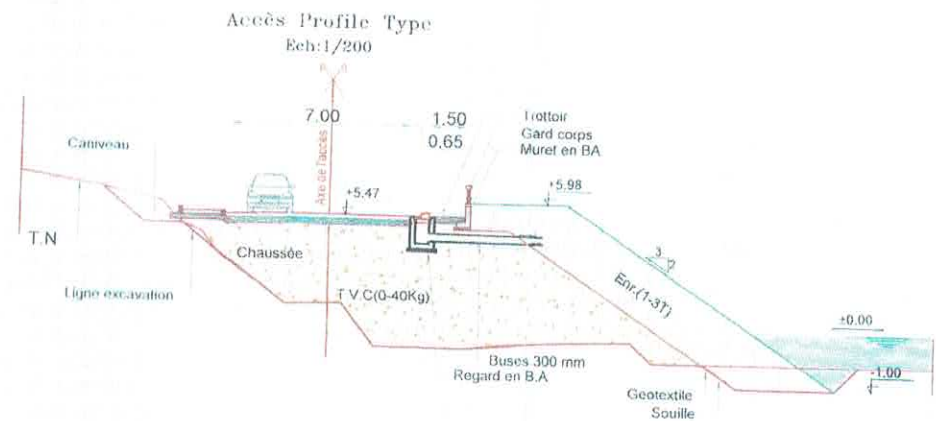
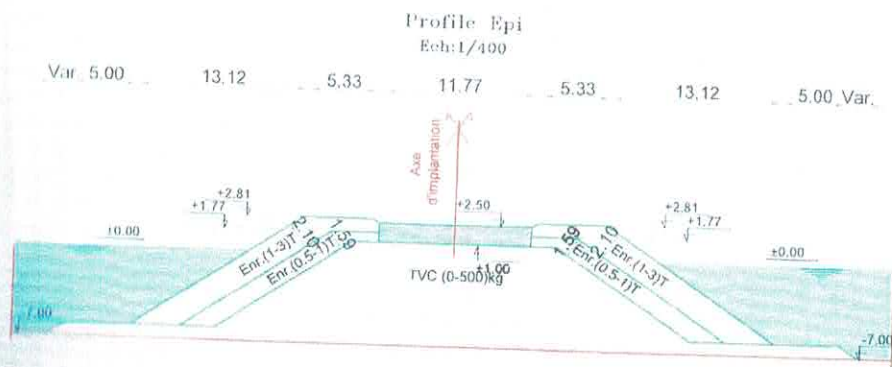
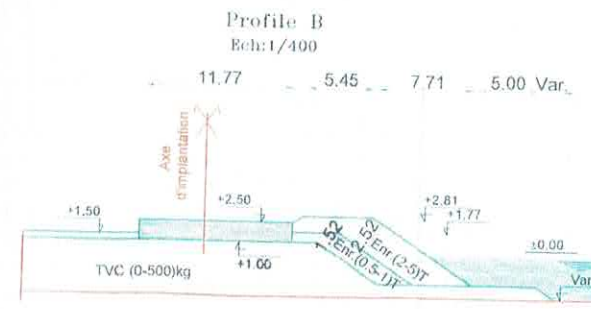
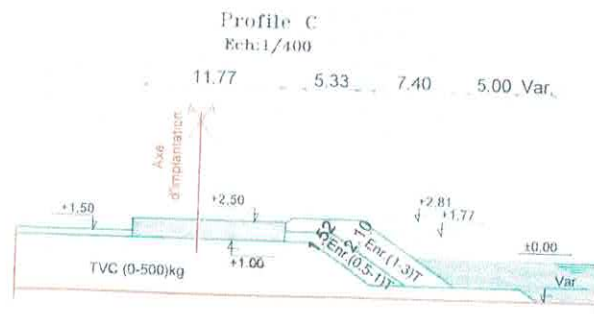
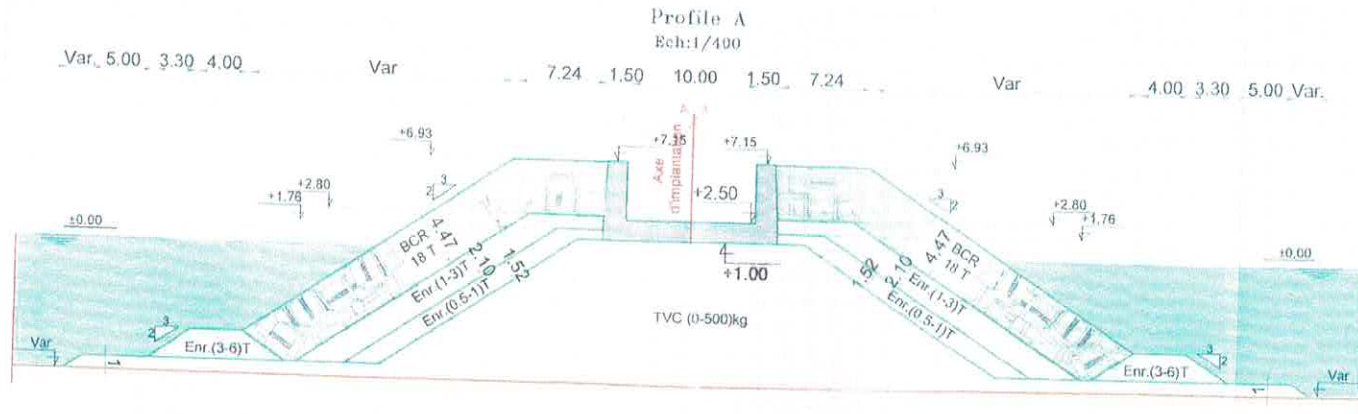
Ech 1/400



Jetée secondaire

Epi et accès routier

Ech 1/400

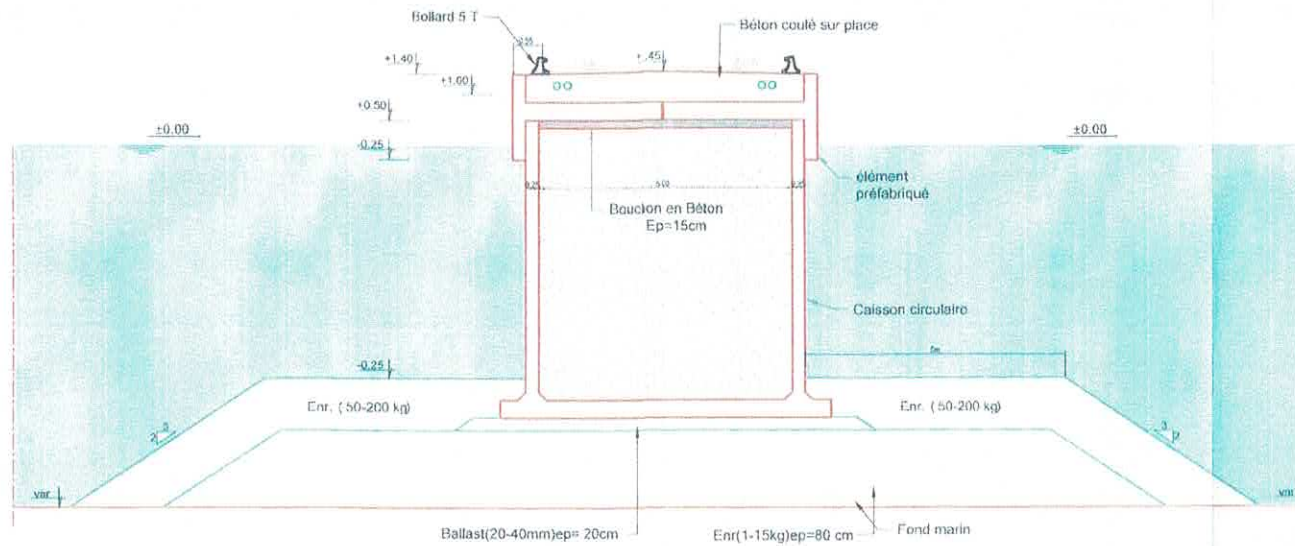


Ouvrages d'accostage

Ech 1/400

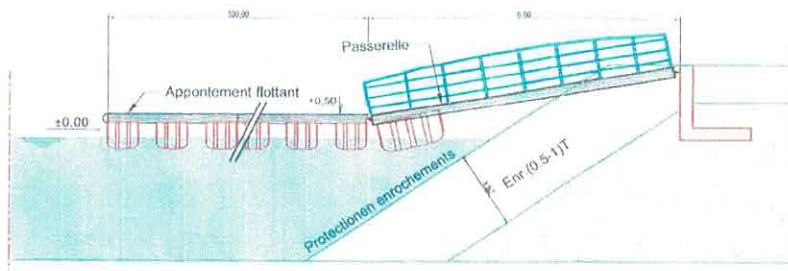
APPONTEMENT à 4.50 m DE PLAISANCE

Ech: 1/100



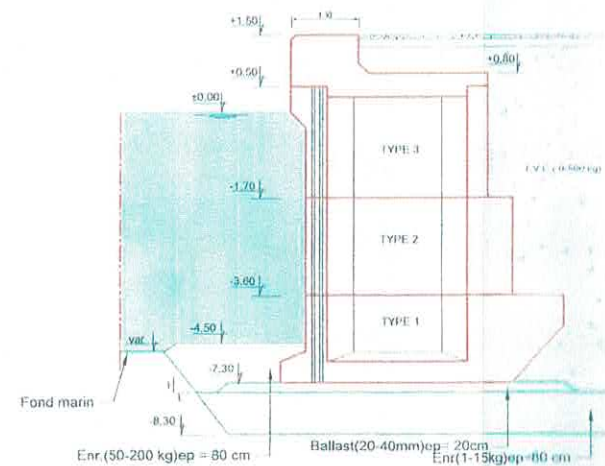
Appontement flottant

Ech 1/25



QUAI à - 4.50 m -

ECH 1/50



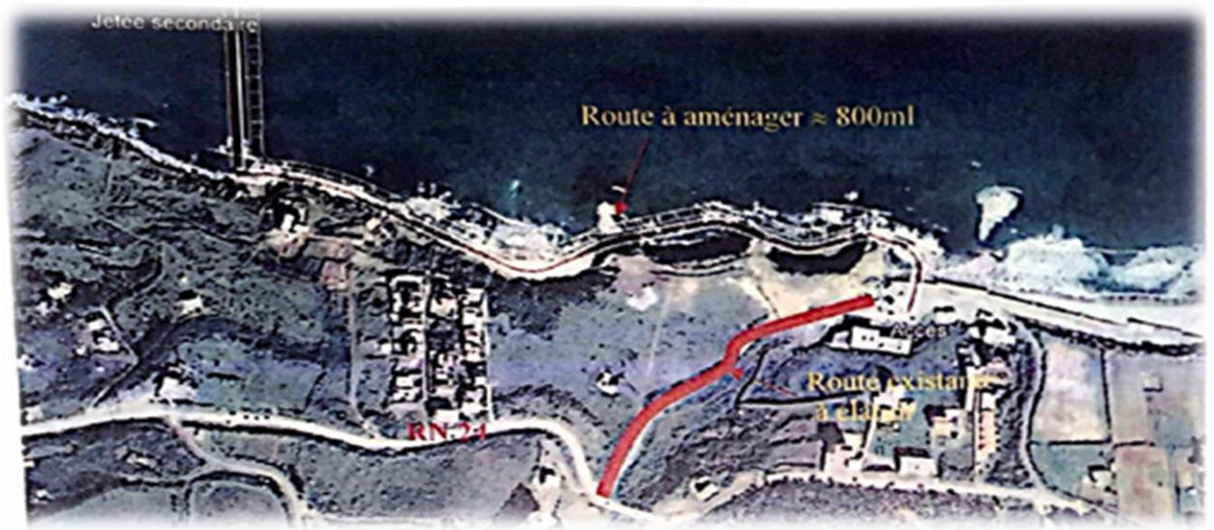


Figure : tracé routier.

ANNEXES (04)

- Présentation du logiciel SWAN

SWAN (Simulating Waves Nearshore) :

Le modèle spectral de propagation des états de mer **SWAN** (acronyme de " Simulating Waves Nearshore ") est développé au sein de Delft University of Technology, aux Pays Bas.

Il s'agit d'un modèle numérique permettant le calcul des paramètres des vagues, dans les régions côtières, les lacs et les estuaires, à partir d'informations fournies sur la bathymétrie, les courants et le vent. Le modèle résout l'équation de transport de l'énergie (ou de l'action d'onde, en présence de courants). Pour cela, le spectre est discrétisé en un certain nombre de fréquences et de directions et l'équation est résolue sur une grille en " différence finie ". Swan est un modèle de " troisième génération ", avec la possibilité de le faire fonctionner en mode première ou seconde génération ; cela permet, en fonction des besoins, des gains en ressources informatiques. Swan cycle III fonctionne en mode stationnaire et optionnellement en mode non-stationnaire.

Il couvre le spectre de houle complet en termes de fréquences et de direction ($0^\circ - 360^\circ$), ce qui signifie que des champs de vagues se propageant dans différentes directions simultanément (ainsi que leurs interactions) peuvent être modélisés.

Son intérêt par rapport aux modèles globaux est sa précision sur des maillages allant jusqu'à 20 x 20 m, mais surtout sur des régions de très faible profondeur, jusqu'à la zone de déferlement.

Les processus suivants peuvent être représentés dans SWAN :

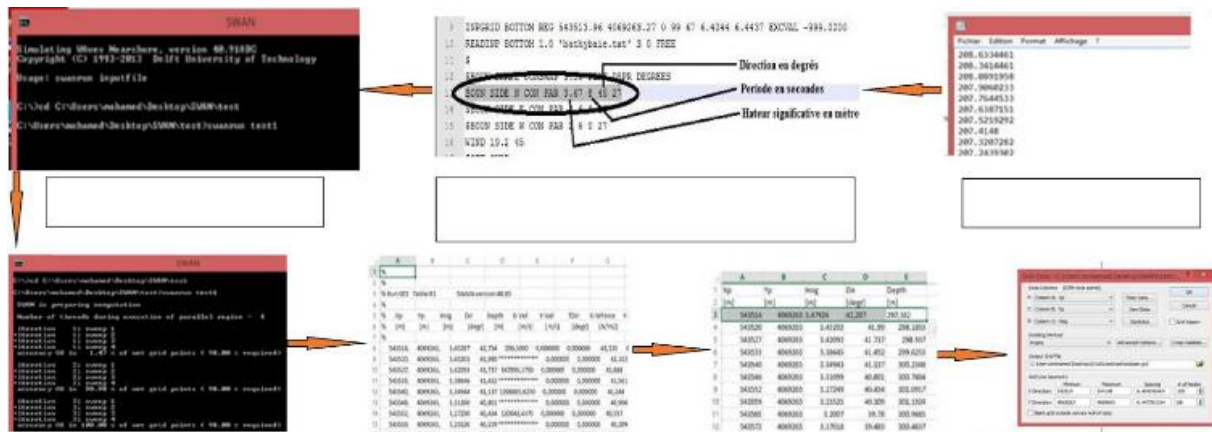
- ✚ Réfraction et shoaling, sous l'effet des variations spatiales du fond et du courant,
- ✚ Réflexion et déferlement dus à des courants contraires,
- ✚ Génération par le vent,
- ✚ Dissipation par moutonnement,
- ✚ Dissipation par déferlement bathymétrique,
- ✚ Dissipation par frottement sur le fond,
- ✚ Interactions entre composantes spectrales (quadruplets et triades),
- ✚ Transmission d'énergie, blocage ou réflexion au travers d'obstacles.

Les différentes étapes à suivre pour manipuler avec le modèle SWAN

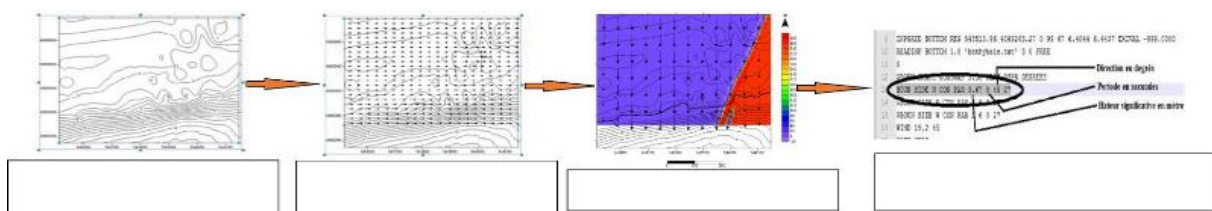


- ✓ La création du fichier input : on fait introduire les points de prélèvement (altitude + longitude) associés par leurs diamètres moyens D50 dans un tableur Excel
- ✓ Ouvrir ce fichier dans surfer pour créer le fichier input.dat

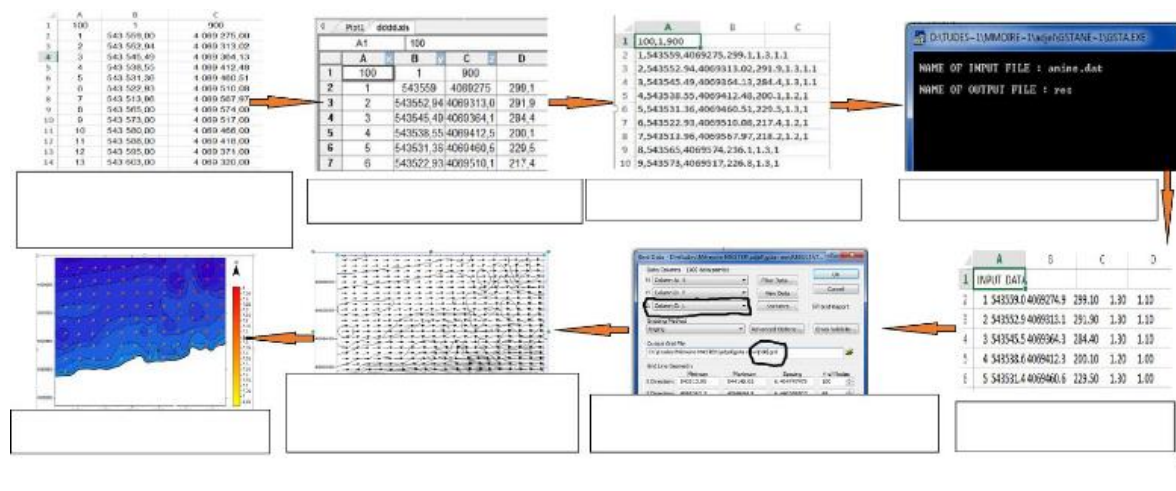
- ✓ Enregistrer sous la format.DAT
- ✓ Ouvrir ce fichier avec Excel



- ✓ Ouvre swan.exe en introduisant ce dernier par la commande SWAN RUN test1.
- ✓ Ce dernier fait modifier le fichier test1.swn automatiquement.
- ✓ Puis on introduit la direction et hauteur significatifs et les périodes des houles dans test1.
- ✓ Sélectionner la dernière colonne et le copier dans un fichier block note
- ✓ Ouvrir ce dernier par Excel.
- ✓ Le fichier qui résulte sera **résultat bais**.
- ✓ Déplacer la partie des résultats vers un autre fichier Excel pour les utiliser dans SURFER.
- ✓ Ouvrir dans Surfer pour créer les fichiers .GRID de la hauteur significatif et la direction



- ✓ Créer les cartes par surfer en respectant l'ordre de l'introduction des fichiers on commence par Bathymétrie GRID
- ✓ Introduire la direction GRID et hauteur significative GRID en utilisant la commande sur SURFER : add puis two vector layer.
- ✓ Une simple modification des couleurs pour avoir la carte finale.
- ✓ Pour les autres directions et hauteurs significatives il faut juste modifier le fichier test1 puis l'introduit en SWAN pour avoir les résultats puis refaire le même travail



- ✓ Création du fichier input on fait introduire les points de prélèvement (altitude + longitude) associés par leurs diamètres moyens D50 et les indices Sk et So dans un tableur Excel.
- ✓ Ouvrir ce fichier dans surfer pour créer le fichier input.dat
- ✓ Enregistrer ce fichier en forme .DAT et ouvrir ce fichier avec Excel.
- ✓ Ouvrir GSTA.EXE pour introduire le fichier input et nommer le fichier résultats.
- ✓ Une simple modification des couleurs pour avoir la carte finale.
- ✓ Enfin on ouvre en premier lieu le fichier GRID de la bathymétrie puis add 2 vector layer pour introduire les fichiers GRID de la direction puis la hauteur significative.
- ✓ Ouvrir avec surfer le fichier resultats.XLSX pour produire les fichiers DIR.GRID et HSG.GRID qui représentent les directions et hauteurs significatifs des houles.
- ✓ Ouvrir le fichier RES avec Excel et Puis enregistrer sous format XLSX.
- ✓ Puis on obtient les résultats