

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل
École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état et
Master en sciences de la mer et de l'aménagement du littoral

OPTION : Gestion et protection du littoral

**Quantification de transit sédimentaire longitudinal de la région Est de la
Baie d'Alger**

**Cas d'étude : les plages sableuses de la commune de
Bordj-El-Bahri**

Présentées par :

LABDI AYA

MANDI KAHINA

Soutenu le 07 /11/2021 devant le jury suivant :

| | | | |
|----------------------------|---------------------|-----------|---------------------|
| Mr MEZOUAR K. | Professeur | (ENSSMAL) | Président |
| Mr DAHMANI A. | Maitre-assistant A | (ENSSMAL) | Promoteur |
| Mme ABDEDDAIM H. | Maître-conférence B | (ENSSMAL) | Examinatrice |
| Mme SALEM CHERIF Y. | Doctorante | (ENSSMAL) | Examinatrice |

Promotion : 2021

Dédicace

*A la femme qui à sacrifier sa vie pour moi ma chère maman
Au meilleur papa au monde Qui m'a toujours poussé
A mon professeur de physique Monsieur Abd Latif .M qui disait
toujours « lorsque on veut on peut » Paix a son âme
A toutes ma famille*

AYA

*S'il ya une personne à qui je devrais dédier ce travail ainsi que
toutes mes années de travail c'est belle est bien ma très chère,
Tata Meriem.*

*Quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurai point te remercier
comme il se doit.*

KAHINA

Remercîment

Nous remercions Dieu tout puissant de nous avoir donné la patience d'achever ce mémoire et la capacité de le présenter devant vous en vue d'obtenir le titre d'ingénieur.

Nos premiers remerciements, s'adressent tout particulièrement à notre promoteur, Monsieur DAHMANI AEA., pour l'intérêt incessant qu'il a porté au suivi de ce mémoire tout le long de cette étude.

Nous tenons aussi à remercier les personnes qui ont accepté de participer à ce jury de thèse :

-Nous tenons à remercier monsieur MEZOUAR K. qui nous fait l'honneur de présider le jury de cette soutenance.

- Madame ABDEDDAIM H. pour nous avoir fait l'honneur d'être examinatrice et de participer à ce jury de thèse.

- Nous adressons nos remerciements à Madame SALEM CHERIF Y. pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Par ailleurs, la réalisation d'une partie de ce mémoire a nécessité de passer sur le terrain. Nous tenons donc à remercier, Monsieur SELAY M., qui nous a précieusement aidé en acceptant de nous accompagner lors de notre sortie d'échantillonnage dans les plages de Bordj El Bahri

-Nous remercions aussi Madame KERAGHEL M. pour son aide durant notre parcours.

Enfin, c'est avec beaucoup de reconnaissance et d'affection que nous pensons à nos proches, à nos familles et à nos amies, sans les citer, elles se reconnaîtront. Nous remercions nos parents pour leur soutien au cours de ces longues années d'études et pour n'avoir jamais bridé notre passion. Qu'ils trouvent ici nos reconnaissances les plus distinguées et un petit fruit de leur sueur.

Merci à tous et a toutes !

Table de matières

| | |
|---------------------------------------|----|
| Présentation de la zone d'étude | 10 |
| Conclusion Générale..... | 80 |
| Bibliographie..... | 81 |
| Annexe..... | 87 |

LISTE DES FIGURES

| | |
|---|---|
| Figure I.1 : Un schéma représentatif des Grandeurs caractéristiques des vagues..... | 3 |
| Figure I.2 :Schéma représentatif de La houle à l'approche du littoral cas particulier d'une plage barrée..... | 4 |
| Figure I.3 : Un schéma représentatif de la réfraction le long d'un littoral irrégulier (Shore Protection Manuel) | 6 |

| | |
|---|----|
| Figure I.4 : Diagramme montrant la dérive littorale..... | 8 |
| Figure I.5 : Schéma des systèmes des courants le long du rivage « near shore »(J.C. Ingle ,1966)..... | 9 |
| Figure I.6 : Représentation schématique des modes de transport. (Degoutte. R, 2004)..... | 11 |
| Figure II.1 : La situation géographique de la Baie d'Alger (Google Earth Pro.2020) | 12 |
| Figure II.2 : La situation géographique de la zone d'étude (Google Earth Pro.2020)..... | 13 |
| Figure II.3 : Illustration de la plage Frégate à la sortie sur terrain 01/07/2020..... | 13 |
| Figure II.4 : La situation géographique de la plage Frégate (Google EarthPro.2021)..... | 13 |
| Figure II.5 : Illustration d'Alger plage à la sortie sur terrain 01/07/2020..... | 13 |
| Figure II.6 : La situation géographique d'Alger plage (Google EarthPro.2021)..... | 13 |
| Figure II.7 : Illustration de la plage Ondine Sud à la sortie sur terrain 01/07/2020..... | 14 |
| Figure II.8 : La situation géographique de la plage Ondines Nord (Google EarthPro.2021).. | 14 |
| Figure II.9 : Illustration de la plage Ondine Nord a la sortie sur terrain 01/07/2020..... | 14 |
| Figure II.10: La situation géographique de la plage Ondines Nord (Google Earth Pro.2021)14 | |
| FigureII.11: Carte géologique de la région d'Alger (JICA, 2006)..... | 15 |
| Figure II.12: Histogramme de température moyenne annuelle 2020 (infoclimat.fr)..... | 16 |
| Figure II.13 : Diagramme ombrothermique d'évolution au cour d'année 2020 des températures moyennes et des précipitations à Bordj El-Bahri (infoclimat.fr)..... | 17 |
| Figure II.14 : Rose des vents annuels au large de Bordj El-Bahri du (01/01 au 31/12 ,2020)19 | |
| Figure A : Rose des vent saisonnière (Hiver) du (01/01au 31/03,2020)..... | 20 |
| Figure B: Rose des vents saisonnière(Printemps) du (01/04au 31/06,2020)..... | 20 |
| Figure C: Rose des vent saisonnière (été)du (01/07au 31/09,2020)..... | 20 |
| Figure D : Rose des vent saisonnière (automne)du (01/10 au 31/12,2020)..... | 20 |
| Figure II.15 : Rose de houle annuelle au large de Bordj El-Bahri du(01/01 au 31/12 ,2020)22 | |
| Figure E : Rose de houle saisonnière (Hiver) (01/01au 31/03,2020)..... | 23 |
| Figure F : Rose de houle saisonnière (Printemps) du (01/04au 31/06,2020)..... | 23 |
| Figure G : Rose de houle saisonnière (Eté)du (01/07 au31/09 ,2020)..... | 23 |

| | |
|---|----|
| Figure H : Rose de houle saisonnière (Automne)du (01/10au 31/12,2020)..... | 23 |
| Figure III.1 : Le positionnement des points de prélèvement des plages dans la partie terrestre et marine de la zone d'étude..... | 27 |
| Figure III.2 : Des illustrations des appareils et matériels utilisés..... | 29 |
| Figure III.3 : Des illustrations des étapes de l'analyse granulométrique..... | 34 |
| Figure III.4.2 : Les courbes cumulatives des 3 échantillons de sédiments marins de la plage Frégate..... | 34 |
| Figure III.5.1 : Les courbes cumulatives des 6 échantillons de sédiments terrestres d'Alger plage..... | 35 |
| FigureIII.5.2 : Les courbes cumulatives des 3 échantillons de sédiments marins d'Alger plage..... | 35 |
| FigureIII.6.1 : Les courbes cumulatives des 6 échantillons de sédiments terrestres de la plage Ondines Sud..... | 37 |
| Figure III.6.2 : Les courbes cumulatives des 3 échantillons de sédiments marins de la plage Ondine Sud..... | 37 |
| Figure III.7.1 : Les courbes cumulatives des 6 échantillons de sédiments terrestres de la plage Ondines Nord..... | 38 |
| FigureIII.7.2 : Les courbes cumulatives des 3 échantillons de sédiments marins de la plage Ondine Nord | 38 |
| FigureIII.8 : La carte de la répartition des pélites au niveau de la plage Frégate..... | 44 |
| FigureIII.9 : La carte de la répartition des pélites au niveau D'Alger plage..... | 45 |
| FigureIII.10 : La carte de la répartition des pélites au niveau de la plage Ondine Sud ... | 46 |
| Figure III.11 : La carte de la répartition des pélites au niveau de la plage Ondine Nord ... | 47 |
| Figure III.12 : La carte de la répartition des grains moyens au niveau de la plage Frégate... | 48 |
| Figure III.13 : La carte de la répartition des grains moyens au niveau D'Alger plage | 49 |
| Figure III.14 : La carte de la répartition des grains moyens au niveau de la plage Ondine Sud..... | 50 |
| Figure III.15 : La carte de la répartition des grains moyens au niveau de la plage Ondine Nord..... | 51 |
| Figure IV.1 : Maillage du domaine de travail de la Baie D'Alger | 57 |
| Figure IV.2 : Carte bathymétrique sur le logiciel Arc Gis..... | 58 |
| Figure IV.3 : Carte bathymétriques de la Baie D'Alger..... | 58 |
| Figure IV.4 : Carte bathymétrique de la zone d'étude..... | 59 |
| Figure IV.5 : Paramètres du modèle « MIKE 21/3 Coupled Model FM »..... | 60 |

| | |
|--|----|
| Figure IV.6 : La distribution spatiale de la hauteur significative H_s de la zone d'étude Bordj El-Bahri..... | 61 |
| Figure IV.7 : Distribution spatiale de la hauteur significative H_s de la plage Frégate..... | 62 |
| Figure IV.8 : Distribution spatiale de la hauteur significative H_s D'Alger plage | 62 |
| Figure IV.9 : Distribution spatiale de la hauteur significative H_s de la plage Ondine Sud..... | 63 |
| Figure IV.10 : Distribution spatiale de la hauteur significative H_s de la plage Ondine Nord..... | 64 |
| Figure IV.11 : Carte de la direction et la vitesse des courants de la zone d'étude Bordj-El-Bahri..... | 64 |
| Figure IV.12 : Carte de la direction et la vitesse des courants de la plage Frégate..... | 65 |
| Figure IV.13 : Carte de la direction et la vitesse des courants D'Alger plage | 65 |
| Figure IV.14 : Carte de la direction et la vitesse des courants de la plage Ondine Sud | 66 |
| Figure IV.15 : Carte de la direction et la vitesse des courants de la plage Ondine Nord | 66 |
| Figure V.2 : La méthode de calcul de la pente (Khalfani.D ,2014)..... | 71 |
| Figure V.3 : Histogramme des résultats de calcul du transport net (m^3/an) dans toutes les plages | 76 |
| Figure V.4 : Résultats de calcul du transport net (m^3/an) de la plage Frégate | 76 |
| Figure V.4 : Résultats de calcul du transport net (m^3/an) D'Alger plage..... | 77 |
| Figure V.4 : Résultats de calcul du transport net (m^3/an) de la plage Ondine Sud..... | 77 |
| Figure V.4 : Résultats de calcul du transport net (m^3/an) de la plage Ondine Nord..... | 78 |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|---|----|
| Tableau II.1 : Représentation d'évolution au cours d'année 2020 des températures moyennes mensuelles et des précipitations totales mensuelles pour Bordj El-Bahri..... | 17 |
| Tableau II.2 : Descriptif de l'affluent Oued El Hamiz. (ANRH. 2014)..... | 18 |
| Tableau II.3 : coordonnées géographique d'enregistrements | 18 |
| Tableau II.4 : Tableau récapitulatif des données (T, H_s, u) selon les deux directions..... | 24 |
| Tableau III.3 : classification de la moyenne granulométrique MZ..... | 32 |

| | |
|--|----|
| Tableau III.1 classification d'indice de dispersion So..... | 32 |
| Tableau III.1 classification d'indice d'asymétrie SK..... | 33 |
| Tableau III.4 : Le tableau des résultats du coefficient de courbure et d'uniformité de la plageFrégate | 34 |
| Tableau III.5 : Le tableau des résultats du coefficient de courbure et d'uniformité D'Alger plage | 36 |
| Tableau III.6 : Le tableau des résultats du coefficient de courbure et d'uniformité de la plageOndine Sud..... | 37 |
| Tableau III.7 : Le tableau des résultats du coefficient de courbure et d'uniformité de la plageOndine Nord | 39 |
| Tableau III.8: Un tableau récapitulatif des Indices et leurs classements au niveau de la plage Frégate..... | 40 |
| Tableau III.9 : Un tableau récapitulatif des Indices et leurs classements au niveau D'Alger plage..... | 41 |
| Tableau III.10 : Un tableau récapitulatif des Indices et leurs classements au niveau de la plage Ondine Sud..... | 42 |
| Tableau III.11 : Un tableau récapitulatif des Indices et leurs classements au niveau de la plage Ondine Nord..... | 43 |
| Tableau IV.1: Paramètres des inputs introduits modèle « MIKE 21/3 Coupled Model FM » | 60 |
| Tableau V.2 : Calcul de la pente des plages de la zone d'étude | 71 |
| Tableau V.3 : Représentation des formules empiriques de la quantification du transit sédimentaire longitudinal | 74 |
| Tableau V.4 : Transport sédimentaire longitudinal calculé au biais des différentes formules empiriques pour toute la zone d'étude..... | 75 |

Principales notations utilisées

D_{50} : diamètre (moyen) des particules (m)
 g : accélération de la pesanteur
 L : longueur d'onde (m)
 T : période de houle (s)
 U : courant horizontal
 U_b : valeur maximum de la vitesse orbitale de houle, près du fond (m /s)

N_z : nombre de vagues
 H_s : Hauteur significative (m)
 C_c : coefficient de courbure
 C_u : coefficient d'uniformité
 $T(^{\circ}C)$: température en
 P : précipitations en (mm/an)
 D_{25} : diamètre du grain à l'ordonnée 25%, c'est le premier quartile
 D_{50} : diamètre du grain à l'ordonnée 50%, c'est la médiane
 D_{75} : diamètre du grain à l'ordonnée 75%, c'est le second quartile
 D_5 : diamètre du grain à l'ordonnée 5%
 D_{16} : diamètre du grain à l'ordonnée 16%
 D_{30} : diamètre du grain à l'ordonnée 30%
 D_{60} : diamètre du grain à l'ordonnée 60%
 D_{84} : diamètre du grain à l'ordonnée 84%
 D_{95} : diamètre du grain à l'ordonnée 95%
 SK : Le coefficient d'asymétrie
 S_o : indice de dispersion
 M_z : La moyenne granulométrique
 Q_t : sédiments transportés parallèlement à la cote en (m^3/s)
 H_b : hauteur de la houle significative au point de déferlement
 θ_b : angle d'incidence de la houle au point de déferlement en degré ($^{\circ}$)
 K : coefficient empirique dimensionnel
 P : porosité
 ρ_s : densité des sédiments Kg/m^3
 γ : coefficient de rupture basé sur 5 % de rupture
 $\tan \beta$: pente de plage
 M : la masse (g)
 ν : viscosité cinématique de l'eau
 d_* : diamètre sédimentologique
 F_b : le flux d'énergie des vagues
 W_s : la vitesse de chute (m/s)
 \vec{V} : vitesse moyenne du courant de dérive au milieu du déferlement (m/s)
 A : est un paramètre de forme
 ε : Un facteur non dimensionnel signifiant la vague effective énergie
 C_f : un facteur de frottement
 T_m : période moyenne de vague
 S_n : le nombre d'unités rocheuses déplacées en raison d'une action de vague
 N_{od} : le nombre de particules déplacées d'une distance l_d sous l'action de 1000 vagues
 d : La profondeur de l'eau

LISTE DES ACRONYMES

AFNOR Association Française de Normalisation.

ANRH Agence Nationale des Ressources Hydrauliques.

Br,07 Equation de Bayram et al, 2007.

CERC Coastal Engineering Research Center.

C, (VR,06) Equation de CERC, modifier par Van Rijn, 1993,2006.

ENSSMAL Ecole National Supérieur de Science de la Mer et l'Aménagement du Littoral.

K.R ,82 Equation de Kraus et al,1982.

K.m,98 Equation de Komar 1998.

K, (MH.13) Equation de Kamphuis modifier par (Mil-Homens et al., 2013).

LST Long-shore Sediment Transport.

SSMO : Summary of Synoptic Meteorological Observation.

Introduction

Dans la zone littorale, des quantités importantes de sables sont transportées sous l'action de la houle et des courants. Quand les vagues atteignent la côte et déferlent sur la plage, elles génèrent des courants côtiers qui interagissent avec les vagues incidentes pour transporter le sédiment (Masselink, 2006).

Quand les crêtes de ces vagues forment un angle significatif avec le trait de côte, elles induisent la formation d'un courant long shore parallèle à la côte, et restreint à la zone côtière entre la ligne de déferlement et la plage. Ce courant peut être localement modifié par l'action de courants induits par le vent ou par la marée (Van Rijn, 1998).

Sur des plages soumises à des houles obliques dominantes, ce mode de transport est bien souvent prépondérant. Les variations longitudinales (augmentation ou diminution) du taux de transport (longshore gradient) induisent l'existence de zones d'érosion lorsque le taux de transport augmente ou des zones d'accrétion lorsque ce dernier diminue. Modéliser ce processus est une approche couramment utilisée en géomorphologie et/ou en ingénierie côtière (Giosan et al. 2000, Kumar et al. 2000, Sabatier et al. 2001, Lafon et al., 2004) car elle présente l'avantage de donner une vision globale des transits sédimentaire à macro-échelles, dans le cadre des cellules hydro sédimentaires en vue d'une gestion raisonnée, ou dans des perspectives de modélisation simples d'évolution du rivage.

L'objectif principal de notre étude est de contribuer à la compréhension des processus physiques actuels qui sont à l'origine des accumulations de sable au niveau de la zone littorale de Bordj El Bahri. Ainsi la quantification du transit sédimentaire longitudinal de ces quatre plages. Afin d'atteindre cet objectif, notre démarche est basée sur une approche numérique qui contribue à l'utilisation des formules empiriques et de modèles numériques pour calculer les flux sédimentaires.

Ce mémoire s'articule autour de cinq principaux chapitres :

Le premier chapitre présente des généralités sur les facteurs physiques qui influent sur les processus littoraux, la dérive littorale et le transport sédimentaire.

Le deuxième chapitre présente la zone d'étude et ces différentes caractéristiques géologiques, géomorphologiques, climatologiques, hydrologiques et océanographiques.

Le troisième chapitre se focalise sur l'étude granulo-sédimentaire, donnant l'approche d'analyse utilisée lors de cette étude, le traitement des données à travers des logiciels (Matlab et Excel), la représentation et interprétation des résultats en vue de décrire la situation de la zone d'étude.

Le quatrième chapitre est consacré à l'étude de la modélisation bathymétrique et hydrodynamique.

Le dernier chapitre a mis l'accent sur la quantification des transferts sédimentaires longitudinaux.

Cette étude présente les informations nécessaires pour comprendre les effets des processus littoraux sur la cote de notre zone d'étude. Le dernier chapitre a mis l'accent sur la quantification des transferts sédimentaires longitudinaux.

CHAPITRE I

Généralité

I.1 facteurs physiques

I.1.1 La Vague :

Les vagues sont des ondes oscillatoires formés par l'effet directe de cisaillement des forces éoliennes générées par le vent souvent local dans l'océan apparaissent, souvent comme une mer confuse et en constante évolution de crêtes et de creux à la surface de l'eau en raison de l'irrégularité de la forme des vagues et de la variabilité dans la direction de propagation (Figure I.1). Les vagues sont la cause principale des changements du littoral, des vagues plus rapides dépassent et traversent des vagues plus lentes les unes des autres et se transforment en turbulences et en embruns. Les vagues peuvent parcourir des centaines ou des milliers de kilomètres après avoir quitté la zone dans laquelle ils ont été générés. L'énergie des vagues est dissipée à l'intérieur du fluide, par interaction avec l'air au-dessus, par turbulence ou par brisement, et au fond à faible profondeur (Kolbert, 2012).

Les vagues qui atteignent les régions côtières dépensent une grande partie de leur énergie dans la région littorale.

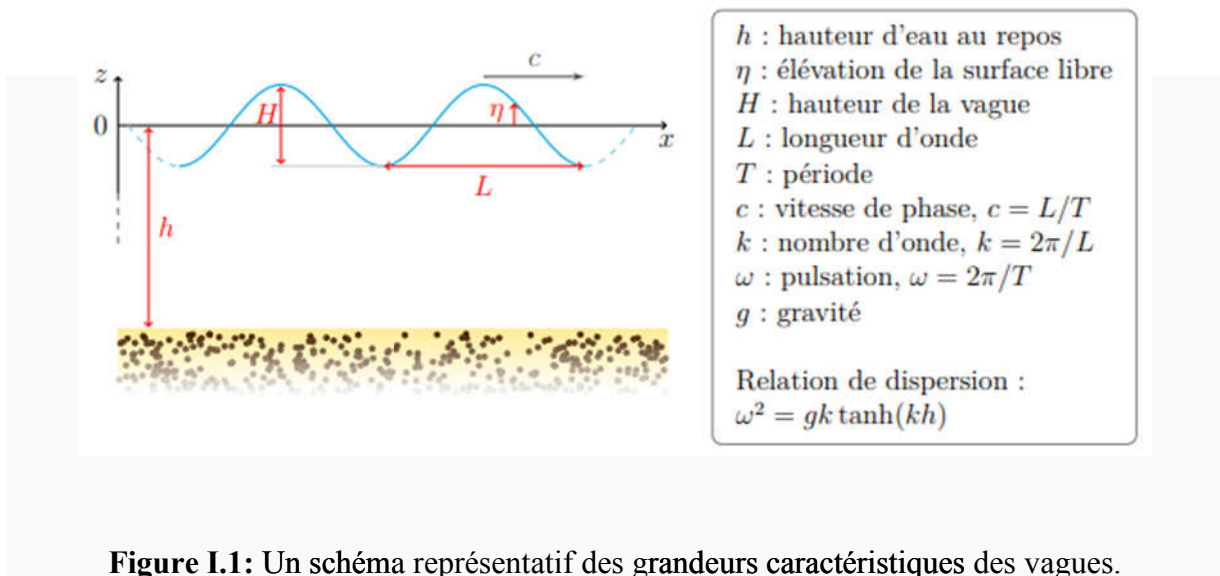


Figure I.1: Un schéma représentatif des grandeurs caractéristiques des vagues.

I.1.2 La houle :

La houle est un ensemble des vagues générées par le vent sur l'ensemble des mers du globe par un effet de cisaillement sur la surface de l'eau produite par des mouvements d'oscillatoire caractériser par une période *T*, une hauteur *H* et une longueur d'onde *L*.

La houle se propage en haute mer en se déformant par le vent, mais également des courants marins (Figure I.2). En arrivant sur le plateau continental, les houles sont sujettes à l'influence des fonds marins qui se fait progressivement sentir au fur et à mesure de leur propagation vers la cote par la réfraction, la diffraction, la réflexion et déferlement (Bonnefille, 1992).

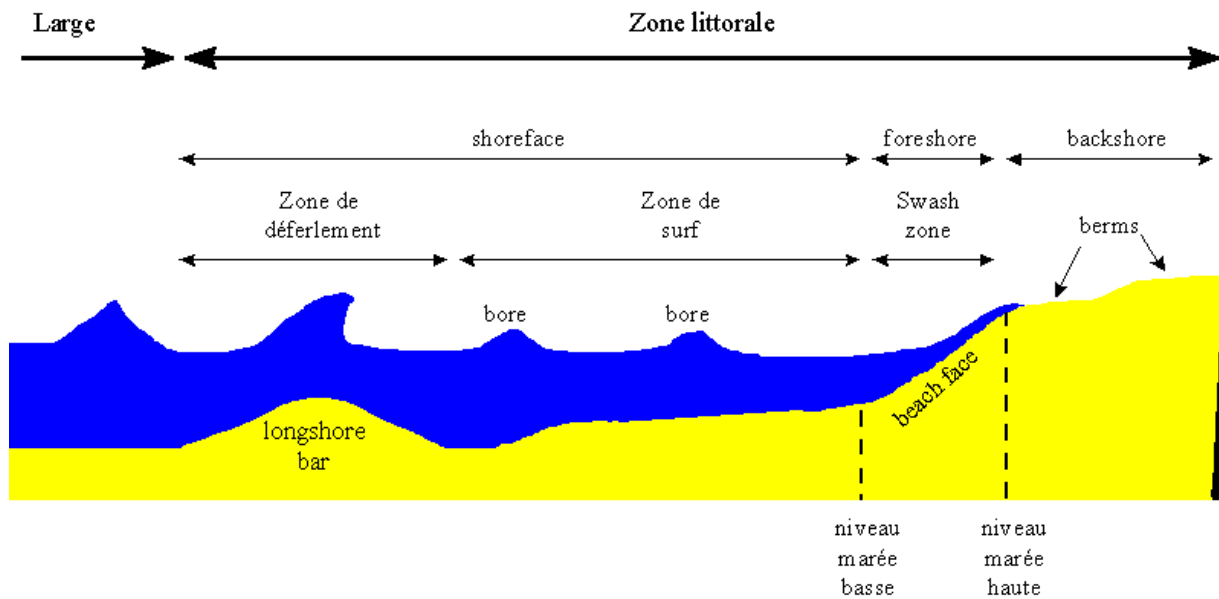


Figure I.2 : Schéma représentatif de la houle à l'approche du littoral — cas particulier d'une plage barrée (Duval M., 2007)

a. La réfraction de houle :

Le phénomène de réfraction bathymétrique se produit lorsque la houle pénètre dans un milieu peu profond. Il est dû au fait que la célérité de la houle est une fonction croissante de la profondeur du domaine (Figure I.3). Ce phénomène, analogue à la propagation des ondes dans un milieu d'indice variable, a deux conséquences principales, le shoaling puis le déferlement et l'orientation des lignes de crêtes suivant la bathymétrie (Kraus, 1982).

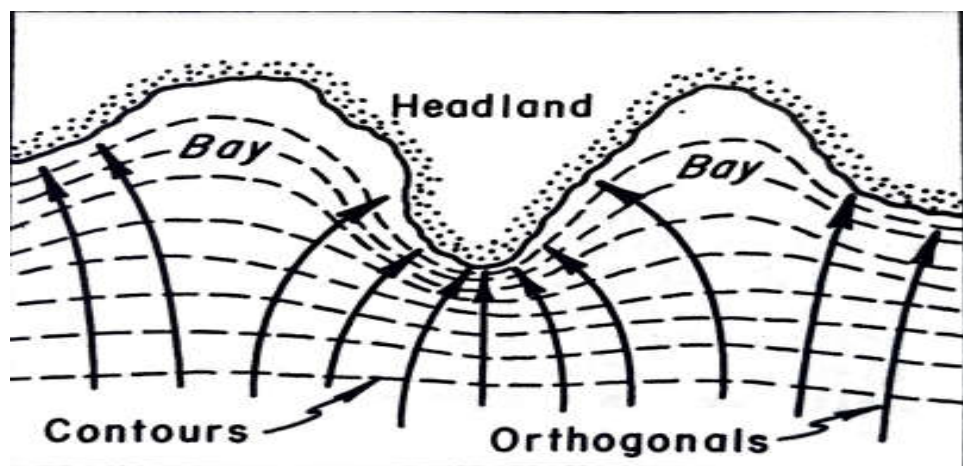


Figure I.3 : Un schéma représentatif de la réfraction le long d'un littoral irrégulier (CERC, 1984)

b. La diffraction de houle

C'est le phénomène par lequel une onde, en rencontrant un obstacle, génère à l'aval de celui-ci une onde circulaire de même période mais d'énergie décroissante (SMNLR, 2005).

I.1.3 L'hydrodynamisme :

La zone littorale est une zone complexe où se produisent de nombreuses interactions entre les agents dynamiques responsables des circulations hydrodynamiques (A, 2002).

- **Zone offshore**

Les vagues se déplaçant vers les eaux peu profondes finissent par atteindre une profondeur où le mouvement commence à affecter les sédiments au fond. Au début, seuls les matériaux de faible densité se déplacent souvent dans des crêtes en forme d'ondulation parallèles aux crêtes des vagues. Le sable forme alors des ondulations avec des crêtes parallèles aux crêtes des vagues. Ces ondulations sont généralement uniformes et périodiques (CERC, 1984).

- **Zone de surf**

La zone de surf est une courte zone où les vagues de surface des océans se rapprochent de la rive et où elles se brisent, formant la mousse (l'écume) avec une surface appelée "surf". La région de vagues déferlantes définit la zone de surf (CERC, 1984).

I.1.4 Le vent :

Le vent est une force de masses d'air provoqués par une différence de pression dans l'air dû à la différence de température existant entre la mer et le continent, c'est l'origine principale de la génération des vagues et des houles, il présente un facteur favorisons l'hydrodynamisme ,sur la zone émergée il arrache et transporte les particules de sable en direction des terres: le sable s'accumule en dunes littorales (Mignot, 1990).

I.1.5 Marée :

C'est un phénomène oscillatoire affectant la surface et provoqué par l'interférence de l'attraction de la Lune et du Soleil et de la rotation de la Terre. A proximité des côtes, Les principales forces motrices des mouvements de marée sont astronomiques, ce qui permet de prévoir avec précision le niveau des marées et les courants associés. La géographie et la bathymétrie peuvent causer une amplification considérable des niveaux des marées dans les mers peu profondes et dans les estuaires (Ciria, 2009).

Le marnage, à peu près égal à deux fois l'amplitude de la marée, est généralement inférieur à 1 m en haute mer mais augmente légèrement en direction des continents ; il peut même augmenter de manière considérable sur le plateau continental. Le marnage s'annule aux points amphidromiques, l'onde de marée se propage autour des points amphidromiques dans le sens des aiguilles d'une montre dans l'hémisphère Nord (Ciria, 2009).

I.1.6 le courant :

C'est un transport de masses d'eau en surface ou en profondeur qui aborde le littoral avec une certaine obliquité en combinaison avec le fond ; il présente un facteur dominant du transport sédimentaire le long de la cote, provoque l'érosion et l'accumulation sujette de formation des

Chapitre I. Généralité

plages. Ils sont d'origine très diverses, engendrés par la marée dépendent de la profondeur principalement, par le vent engendre un courant de surface provoque un déplacement de masse d'eau et la force de Coriolis ; engendrée par la houle formant des oscillations des particules d'eau dû à la propagation des vagues et la turbulence (Beauchamp, 2010).

Les types de courants :

a. Le courant de dérive littorale ou courant "Long-shore" : C'est un courant qui a lieu quand les houles arrivent avec un certain angle d'obliquité à la côte, il est nommé également courant de dérive. Il joue un rôle important dans la redistribution des sédiments le long du littoral, il peut transporter de grandes quantités de charges solides sur plusieurs dizaines voire plusieurs centaines de kilomètres. Son intensité est maximale derrière le point de déferlement, il peut être généré également à cause d'un changement latéral dans les hauteurs des houles incidentes (Castelle, 2004).

a.1. La dérive littorale

C'est un courant généré par la houle qui aborde le littoral avec une certaine obliquité (souvent inférieure à 10°) obligeant le jet de rive et la nappe de retrait de se faire obliquement c'est à dire dans le sens de la propagation (Figure I.4). Le résultat est un déplacement parallèle au trait de côte des eaux littorales et, par un transport latéral des sédiments par rapport au rivage. La taille des grains transportés est fonction des conditions météorologiques dominantes et en particulier de la compétence du vent dont dépend en grande partie l'action géomorphologique de la dérive littorale. Ce courant par son déplacement latéral, peut contribuer à l'appauvrissement d'une côte et à l'enrichissement d'une autre, la dérive littorale peut se faire dans une seule direction prédominante ou bien dans deux directions opposées qui peuvent varier selon les saisons, en rapport avec le changement de direction des vents dominants. (Bourgou & Miossec, 2010)

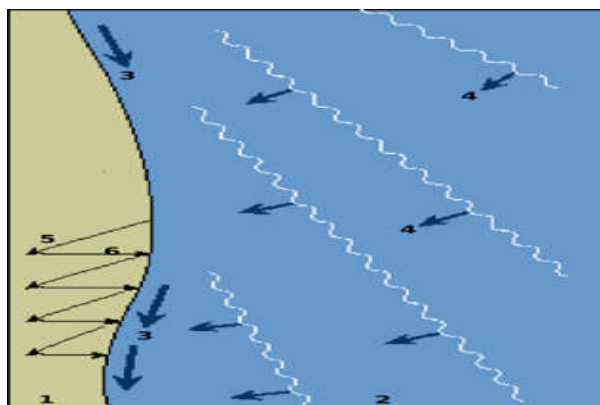


Figure I.4 : Diagramme montrant la dérive littorale ; (1=plage ; 2=mer ; 3=direction du courant côtier ; 4=vagues incidentes ; 5=jet de rive ; 6=flot de retour)

b. Le courant sagittal ou "rip curent" :

Le courant sagittal est un courant violent, intense et étroit dirigé vers le large, qui est observé sur de nombreuses plages. Il a fait l'objet de nombreuses études, particulièrement parce qu'il

transporte de grandes quantités de sédiments et joue un rôle essentiel dans la morpho dynamique côtière. Ces courants sagittaux sont associés à des structures tourbillonnaires complexes) (Héquette, 2001).

I.2 processus sédimentaires

I.2.1 Le transport côtier :

Le transport côtier fait référence au mouvement cumulatif du sable de plage et près du rivage par l'action combinée des marées, du vent et des vagues et des courants qu'ils produisent. Ces forces se traduisent généralement par un mouvement presque continu de sable en suspension ou charriage. À tout moment, du sable dans la zone d'intérêt peut avoir une composante ascendante tandis que d'autres sables se déplacent généralement vers le bas. La séparation du transport total en composants parallèles et perpendiculaires au rivage est artificielle et se fait par commodité menant à une compréhension plus simple d'un environnement très complexe (Cartier, 2001).

Le transport sédimentaire littoral brut (QG) est le transport sédimentaire total sur la côte et est obtenu en additionnant tout le transport vers la gauche (QL) et tout celui vers la droite (QR) (THAN, 2007).

I.2.2 Agent du transport sédimentaire :

Trois (03) agents de transport à prendre en compte sont : la houle, les courants et les vents (Khelifi, 2014):

- La houle est le facteur essentiel agissant sur les mouvements sédimentaires de la zone sédimentaire "active".
- Les courants ne sont à prendre en compte que dans les zones de déferlement.
- Le vent joue un rôle fondamental dans les mouvements des sables de l'estran (haut estran) et bien sûr des dunes littorales.

I.2.3 Transport sédimentaire sous l'action des houles

L'effet de la houle sera d'autant plus important sur la mobilité du sédiment au fond que la période et l'amplitude sont plus grande et que les fonds sont plus élevés. Les houles provoquent des transports (Khalfani, 2014) :

- Perpendiculairement à la ligne de rivage, provoqué par le frottement des vagues sur le fond, le jet de rive et la nappe de retrait dans la zone de déferlement. En période d'été, il se forme des accumulations en haut de plage, tandis qu'en hiver l'entraînement des sédiments se fait vers la plage avec une érosion de la plage et engraissement des barres pré-littorales.
- Parallèlement au rivage : résulte du courant de dérive littorale, des sédiments sont arrachés en bas de plage et remontés lors du déferlement dans la direction de propagation de la houle. Le courant de retour qui suit le déferlement redescend le sable suivant la plus grande pente, perpendiculairement à la ligne de rivage. Il en résulte un mouvement en zigzag des sédiments, créant un déplacement sédimentaire le long du littoral.

I.3 Le déferlement :

Lorsque la houle aborde une pente formée par le rivage ou un ouvrage, il vient un moment où les conditions de profondeur nécessaires à sa propagation ne sont plus remplies. L'énergie de l'onde est alors libérée, plus ou moins brutalement. Le profil de la vague est modifié, elle s'aplatit et les vitesses horizontales de l'eau augmentent considérablement ; il se produit des projections d'eau mêlée d'air et des sortes de chocs : c'est *le déferlement* (Graillot.A, 1975).

Le déferlement est un phénomène au cours duquel l'onde est partiellement ou totalement détruite, il est caractérisé par un haut niveau de turbulence et une grande dissipation d'énergie. Du point de vue hydrodynamique, le phénomène se produit lorsque (Graillot.A, 1975):

- La vitesse des particules sur la crête de l'onde dépasse la célérité ;
- La condition de pression "nulle" à la surface ne peut plus être satisfaite ;
- L'accélération des particules à la crête est plus grande que l'accélération de la pesanteur
- La surface libre devient verticale.

V.3.1. Courants liés au déferlement :

Il existe deux types de courants de retour vers le large (Bougis, 1993):

- Le premier, qui se manifeste sporadiquement dans une étroite bande perpendiculaire à la ligne de côte dans l'espace bidimensionnel horizontal, est connu sous le nom de courant sagittal ("rip-current").
- Le second qui apparaît, tout au long de la côte, dans l'espace bidimensionnel vertical, est connu sous le nom de courant de compensation ("undertow-current"). Il est responsable de l'érosion des côtes et de la formation des barres sableuses parallèlement au trait de côte.

Dans le cas où la houle déferle obliquement au trait de côte (**Figure I.5**), elle génère un courant littoral parallèle à la côte ("long shore-current"). Ce courant présente une importance particulière dans la mesure où il transporte des sables, le long de la côte, sur des distances considérables (Komar, 1983).

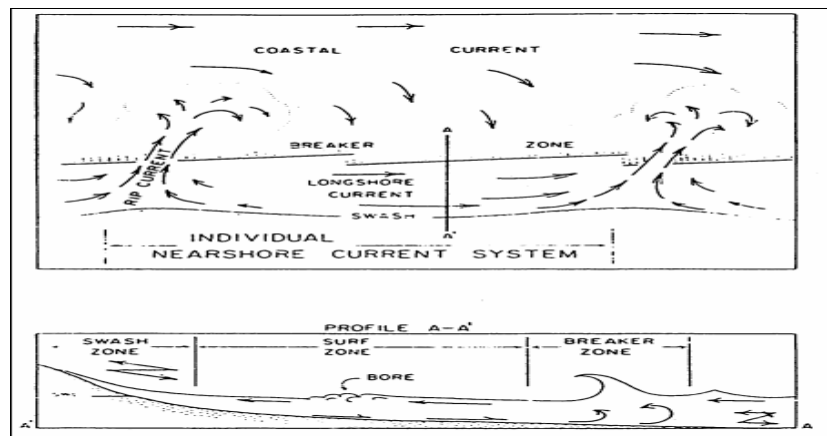


Figure I.5 : Schéma des systèmes des courants le long du rivage ("Near shore") (J.C, 1966).

I.3.2. Conditions du déferlement :

Pour localiser le point de déferlement, deux hypothèses sont émises (Bougis, 1993):

- La vague déferlante est la plus haute possible :
- Le déferlement survient quand la vitesse orbitale maximale des particules d'eau est égale à la célérité de la vague (limite des tensions superficielles).

I.4 Les différents modes de transport

Le transport littoral se déroule en deux modes : le transport par charriage ; et le transport par suspension :

a. le transport par charriage : le mouvement des grains roulés sur le fond par le cisaillement de l'eau se déplaçant au-dessus du lit de sédiments .Ceci inclut essentiellement les grains qui roulent, glissent ou rebondissent le long de l'interface lit-fluide.

b. le transport par suspension est un processus de transport de sédiment par l'eau ou par le vent. Les particules sont emportées, sans se redéposer, sur de longues distances. Les particules transportées en suspension sont appelées des matières en suspension.

En fonction de l'écoulement et principalement la contrainte exercée sur le fond, il y aura soit du charriage soit de la suspension. Ces deux modes de transport sont généralement présents en même temps.

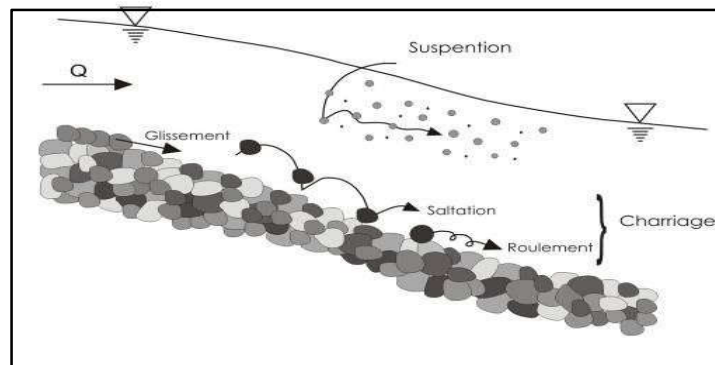


Figure I.6 : Représentation schématique des modes de transport (Degoutte G., 2004)

CHAPITRE II

Présentation de la zone d'étude

Introduction :

Notre recherche est réalisée dans la zone de Bordj El-Bahri localisé à l'ouest de la Baie d'Alger. Plusieurs raisons ont déterminé le choix de Bordj El Bahri comme lieu d'étude ; la localisation à côté de l'embouchure d'Oued El Hamiz, qui est déjà été l'objet de nombreuses études dans le domaine d'aménagement et transport côtier. Dans ce chapitre on va faire une description globale de la zone plus précisément dans les différentes plages entamées à la sortie notamment la plage Frégate, Alger plage, Ondine Sud et Ondine Nord ; la situation géographique ainsi que les caractéristiques géologiques, géomorphologiques, océanographiques et climatologiques de chaque une des plages de la zone d'étude.

II.1. Situation géographique

II.1.1 Baie d'Alger

La Baie d'Alger est située dans la partie centrale de la côte algérienne, Ces coordonnées Lambert sont comme suit :

- Longitude : Est $03^{\circ}01'00''$ E à $03^{\circ}14'30''$ E
- Latitude : Nord $36^{\circ}44'30''$ N à $36^{\circ}49'15''$ N

Elle est caractérisée par une forme semi-circulaire et avec une superficie approximative de l'ordre de 180 km^2 , elle s'inscrit en creux dans la plaine de la Mitidja. Elle est délimitée par deux caps, la Pointe Pescade (Rais Hamidou) à l'Ouest et le cap Matifou (Tamentfoust) à l'Est ainsi que par la Méditerranée occidentale au Nord.



Figure II.1 : La situation géographique de la Baie d'Alger (Google earth Pro.2020)

Chapitre II. Présentation de la zone d'étude

II.1.2 La commune de Bordj El Bahri :

Bordj El Bahri est une commune de la wilaya d'Alger en Algérie, située dans la banlieue Est d'Alger à environ 20 km, sur la rive Est de la baie d'Alger à l'est de la zone se trouve l'embouchure du Hamiz. Ce fleuve n'a plus l'importance de jadis depuis l'édification de nombreux barrages tout au long de son cours.

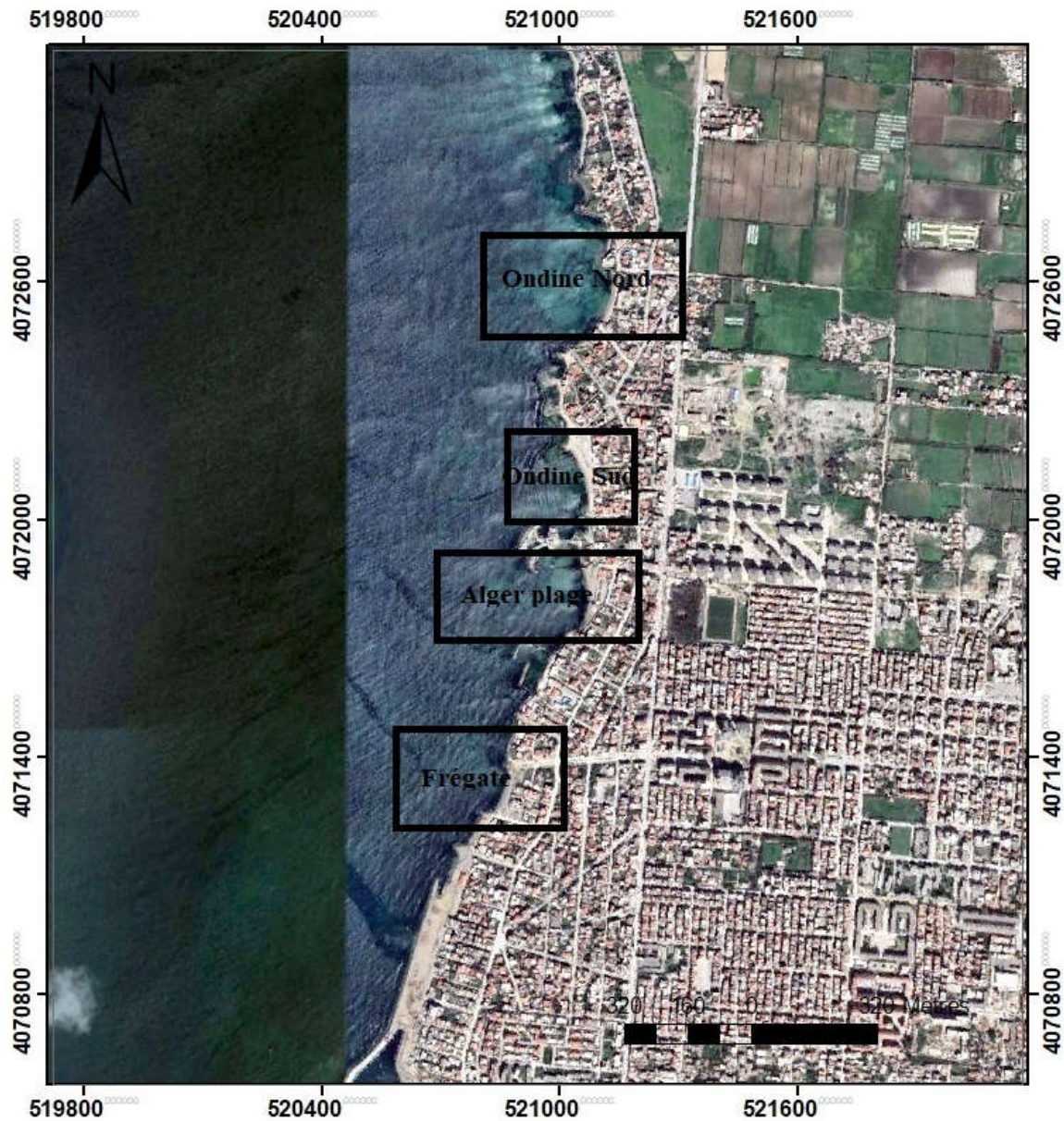


Figure II.2 : La situation géographique des plages de la zone d'étude (Google earth Pro.2020)

Chapitre II. Présentation de la zone d'étude

A. La Plage Frégate :

La frégate se situe à la commune de Bordj el Bahri, elle se localise à la gauche d'Alger plage ; La plage s'étend sur 15m de largeur et 75 m de longueur. La Frégate présente une plage sableuse moins agitée.



Figure II 3 : Illustration de la Plage Frégate à la sortie sur terrain (01/07/2021)



Figure II.4: La situation géographique de la plage Frégate (Google Earth Pro, 2020)

B. Alger Plage :

C'est une plage sableuse située entre La Frégate et les Ondines sud, elle est d'une longueur de 175m sur une largeur de 5 à 24 m, Elle présente un lieu touristique important dans la commune de Bordj-El- Bahri.



Figure II.5 : Illustration de la Plage D'Alger à la sortie sur terrain



Figure II.6 : La situation géographique D'Alger plage (Google earthPro.2021)

Chapitre II. Présentation de la zone d'étude

C. La plage Ondines Sud :

La plage Les Ondines Sud est située sur la commune de Bordj El Bahri, dans la wilaya D'Alger de type sableuse, la plage s'étale sur une longueur de 285 mètres et sur une largeur de 21 mètres.



Figure II.7 : Illustration de plage Ondine Sud à la sortie sur terrain



Figure II.8 : La situation géographique de plage Ondine Sud, Google Earth Pro 2021

D. La plage Ondines Nord :

Haut du formulaire

La plage est constituée de sable moyen et s'étale sur une longueur de 130 mètres et sur une largeur de 10 mètres, elle occupe 1200 m².



stration de pla;
la plage à la sortie sur

Figure II.9 : Illustration de la Plage Ondine Nord à la sortie sur terrain



Figure II.10 : La situation géographique de la plage Ondine Nord Google Earth Pro, 2020

II.2 Caractéristiques géomorphologiques et géologiques de la zone

II.2.1. Description géomorphologique de la Baie d'Alger :

On peut subdiviser la baie d'Alger en plusieurs ensembles géomorphologiques de nature et d'âges distincts, en commençant de l'ouest vers l'est (carte géologique), le massif d'Alger, le Sahel d'Alger, la plaine de la Mitidja et le cordon Littoral.

Le cordon Littoral :

Une petite barrière sablo-gréseuse allongée parallèlement au rivage, et, se développe entre la rive droite d'Oued El-Harrach et Bordj-El-Bahri, bordant au Nord la partie des zones basses septentrionales de la Mitidja (Figure II.11). La zone littorale étudiée fait partie de cet ensemble, elle est caractérisée par des plages réduites de largeurs variables (0 à 20 mètres), limitées par des affleurements gréseux à gréseux-sableux peu étendus creusées par l'érosion marine, le profil de la plage épouse la forme concave permettant, l'accumulation des sables et l'existence d'une plage de sables grossiers et galets avec présence de débris de coquilles (Handis, 1993).

Elle couvre la partie supérieure de la plate d'abrasion qui est très étendue et à pente faible, par contre dans le secteur central de la zone on remarque un profil convexe ouvert aux attaques des houles frontales (Handis, 1993).

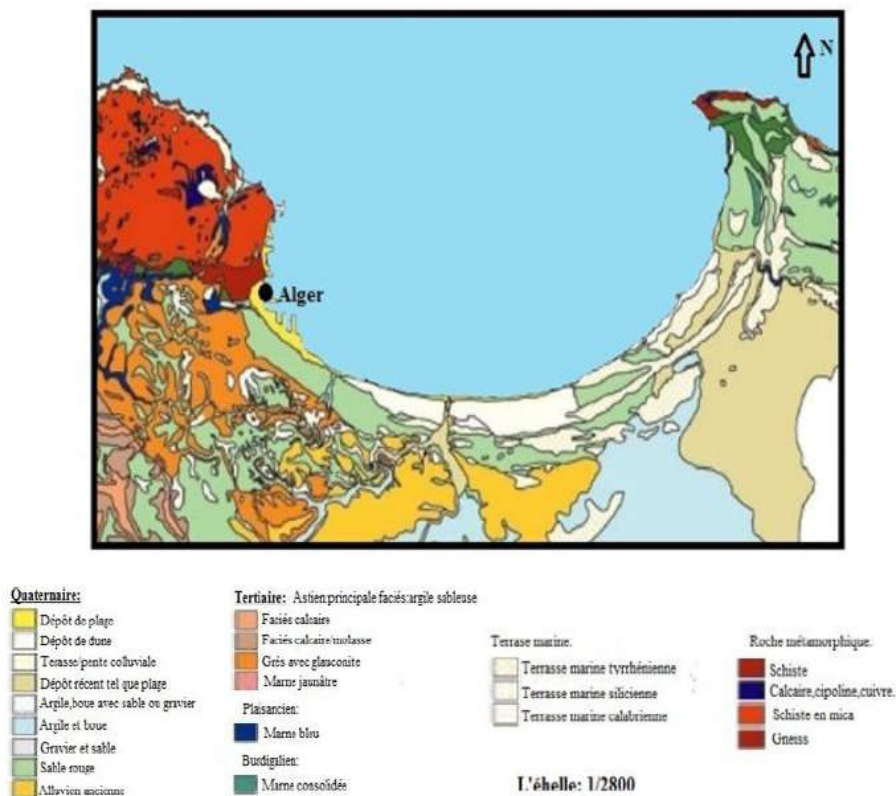


Figure II.11 : Carte géologique de la région d'Alger (JICA, 2006)

II.2.2. Description de la géologie de la zone d'étude :

La bordure littorale de la zone étudiée se joint au bassin de la Mitidja, elle est représentée du Sud au Nord par des dunes actuelles au Sud de Oued-El-Hamiz puis d'alluvions récentes au niveau de ce dernier. Le long du trait de côte, les plages sont réduites et formées de sables grossiers et galets avec présence de débris de coquilles (Handis, 1993).

Plus on avance vers les Ondines au Nord on remarque l'existence des sables plus au moins argileux et rubéfiés en alternance avec des lumachelles poudingues et grés marins et parfois d'alluvions récentes, avant les ondines, on remarque l'existence de roches cristallophylliennes (les gneiss, les schistes et les micaschistes), des dépôts marins à sables rouges poudingues et grés grossiers et des dunes consolidées, au Sud, on rencontre la partie de la Mitidja anciennement marécageuse et aucun dépôt ante-quaternaire n'apparaît dans la zone (Handis, 1993).

II.3. Données climatologique et hydrographique de la zone

II.3.1 Température et Précipitation :

Le climat d'Alger est chaud et tempéré. L'été, les pluies sont moins importantes qu'elles ne le sont en hiver. La température moyenne annuelle à Alger est de 18°C. Chaque année, les précipitations sont en moyenne de 650 mm par ans.

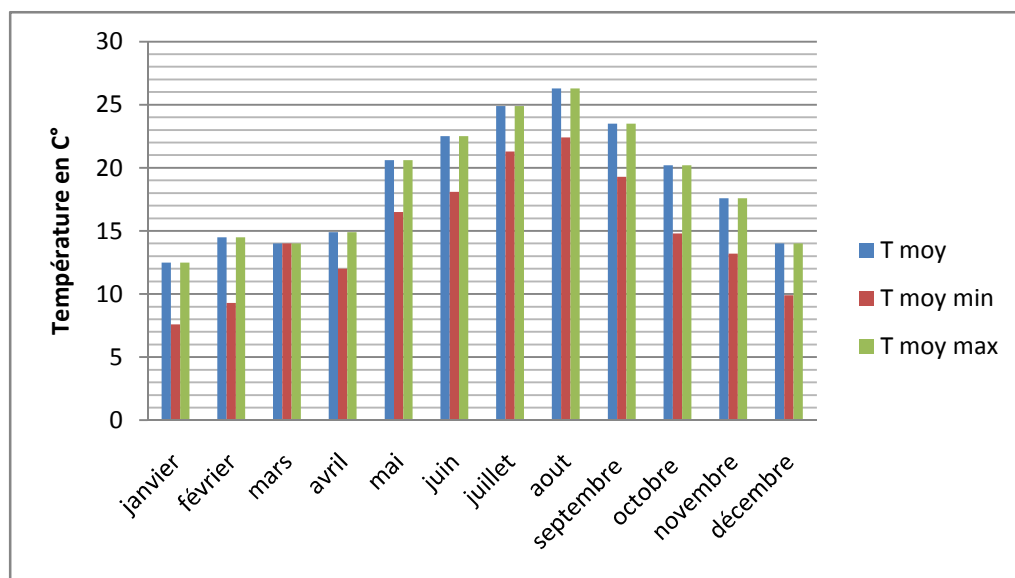


Figure II.12 : Histogramme de température moyenne annuelle 2020 (infoclimat.fr, 2021)

Interprétation :

Due à l'approche du climat humide (Figure II.12) on remarque une stabilité de température moyenne mensuelle durant toute l'année qui varie entre (12°C et 18°C) légèrement élevée pendant la période estivale jusqu'à 28°C.

Chapitre II. Présentation de la zone d'étude

Tableau II.1 : Représentation d'évolution au cours d'année 2020 des températures moyennes mensuelles et des précipitations totales mensuelles pour Bordj El-Bahri.

| | janv. | fév. | mars | avr. | mai | juin | juil. | août | sept. | oct. | nov. | déc. |
|-----------------|-------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|
| P(mm/an) | 29 | 5,8 | 16 | 18,1 | 14 | 11,7 | 2,3 | 5,9 | 25,6 | 10 | 136 | 102 |
| T (°C) | 12,5 | 14,5 | 15 | 16 | 20,6 | 22,5 | 24,9 | 27 | 23,7 | 21 | 17 | 15 |

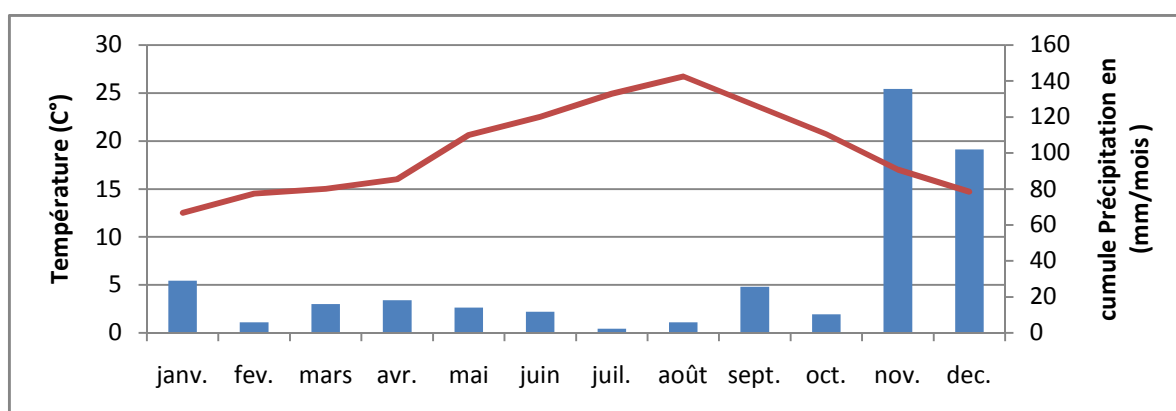


Figure II.13: Diagramme ombrothermique d'évolution au cours de l'année 2020 des températures moyennes et des précipitations à Bordj El-Bahri (infoclimat.fr, 2021)

Interprétation :

D'après la courbe (**Figure II.13** et **Tableau II.1**) ci-dessus, on distingue une hausse de température pendant la période estivale caractérisée par des températures relativement élevées, nous avons enregistré une valeur de 28°C en mois d'Aout, avec un très faible taux de concentration de pluie en mois du Juillet. En mois d'Aout la concentration des précipitations enregistrée est de l'ordre de 2.3 mm, cela peut expliquer le climat sec.

De faibles concentrations des précipitations pendant l'année qui varie entre 2.3mm/mois et 18.7mm/mois. Les concentrations importantes de précipitations sont enregistrées durant la période hivernale avec un taux de concentration de 136 mm par an, tandis que la concentration minimale est enregistrée durant le mois de février, Juillet et Aout qui ne dépasse pas 6mm. Ce explique un climat sec en été et climat doux en hiver grâce à l'analyse des données du diagramme ombrothermique.

II.3.2 Réseau hydrographique :

En ce qui concerne l'Oued EL Hamiz, la présence d'un barrage portant le même nom a largement réduit les apports solides vers la mer actuellement, l'Oued EL Hamiz se jette en mer par une ouverture étroite d'une trentaine de mètre de large. (**LEM. 1996**)

Chapitre II. Présentation de la zone d'étude

Tableau II.2 : Descriptif de l'affluent Oued El Hamiz. (ANRH. 2014)

| <i>Caractéristiques</i> | <i>El Hamiz</i> |
|--|---|
| <i>Superficie (km)</i> | 86 |
| <i>Orientation</i> | Nord-Ouest |
| <i>Apports solides (m³/s)</i> | 100226 |
| <i>Apports liquides (m³/an)</i> | 11000000 |
| <i>Affluents</i> | Oued Bouera et Oued Barek |
| <i>Communes traversées</i> | Bordj El Bahri, Bordj El Kiffan, Rouiba, El Hamiz, Ain Taya, Bab Ezzouar, Oued Essemar, Dar El Beida... |

Le fleuve Hamiz (oued el Hamiz) est un fleuve qui s'écoule d'ouest en est au nord de l'Algérie sur une longueur de 60km, il vient du mont Djebel-Tamesguida, dans la chaîne de l'Atlas, il draine l'extrémité orientale. Le fleuve se jette dans la Méditerranée à Bordj El Bahri à l'ouest de notre zone d'étude ce qui présente une source d'apports terrigènes très importants à la zone (Talbi et Handis, 1993).

II.4. Données Océanographiques

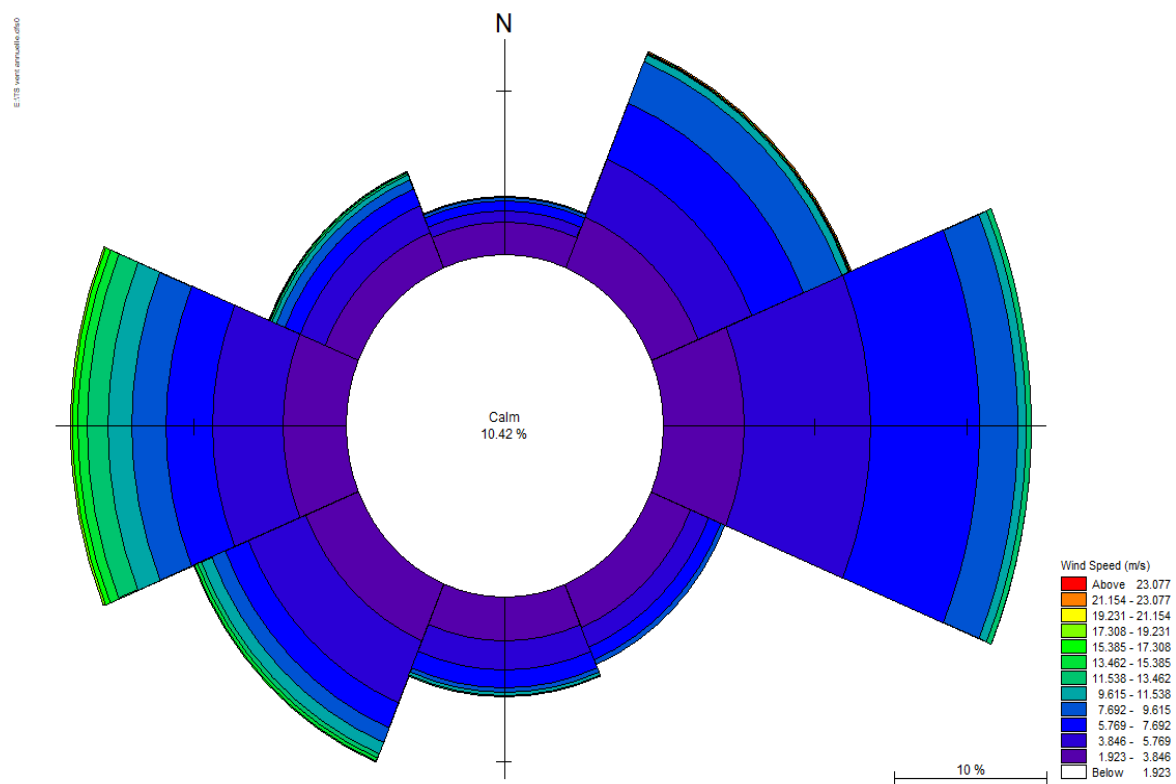
II.4.1 le Vent :

Le vent est un paramètre anémométrique très important pour une étude hydrodynamique et la morphodynamique de la zone côtière. Par leurs fréquences, leurs forces, et en cas d'absence d'obstacles topographiques, les vents ont des actions morphogéniques importantes sur les littoraux.

Tableau II.3 : Les coordonnées géographiques d'enregistrements

| | | | |
|-----------|-------|------------------------|----------------------|
| Longitude | 37° | Début d'enregistrement | Fin d'enregistrement |
| Latitude | 3.25° | 01/01/2020 | 31/12/2020 |

Chapitre II. Présentation de la zone d'étude



Chapitre II. Présentation de la zone d'étude

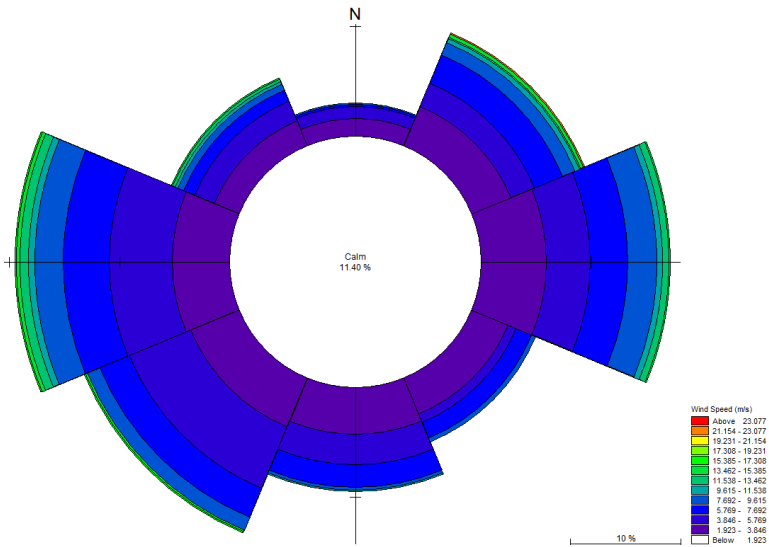


Figure A Rose des vents saisonniers du 01/01 au 31/03, 2020 (Hiver)

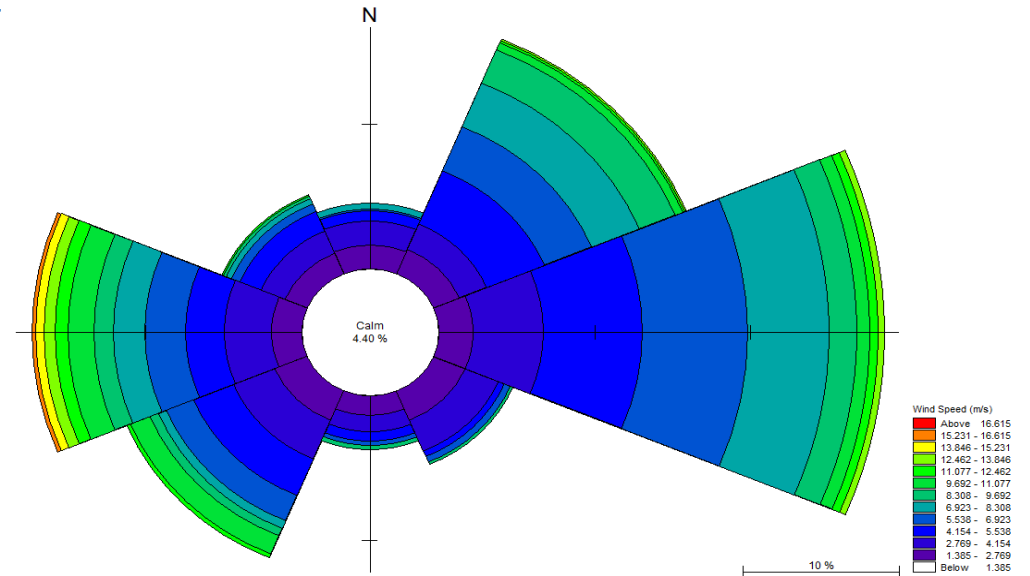


Figure B: Rose des vents saisonniers du 01/04 au 30/06, 2020 (Printemps)

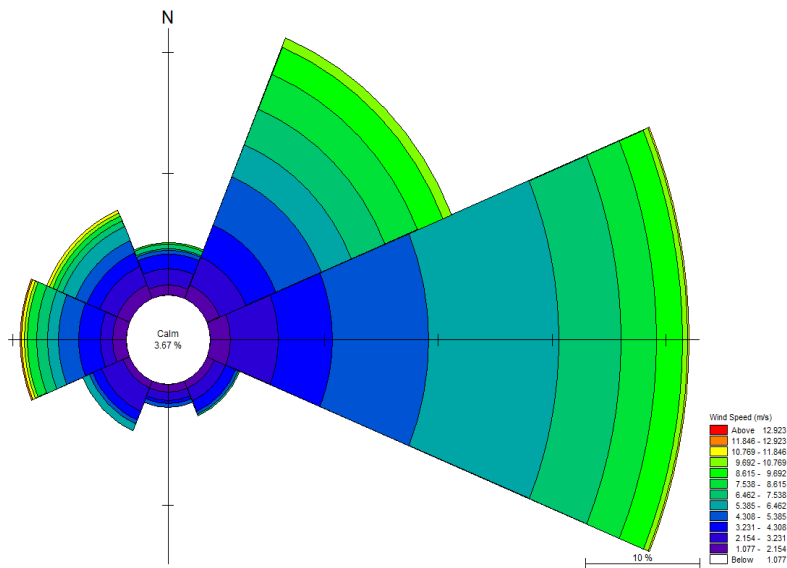


Figure C: Rose des vents saisonniers du 01/07

Page | 20 au 30/09, 2020 (Eté)

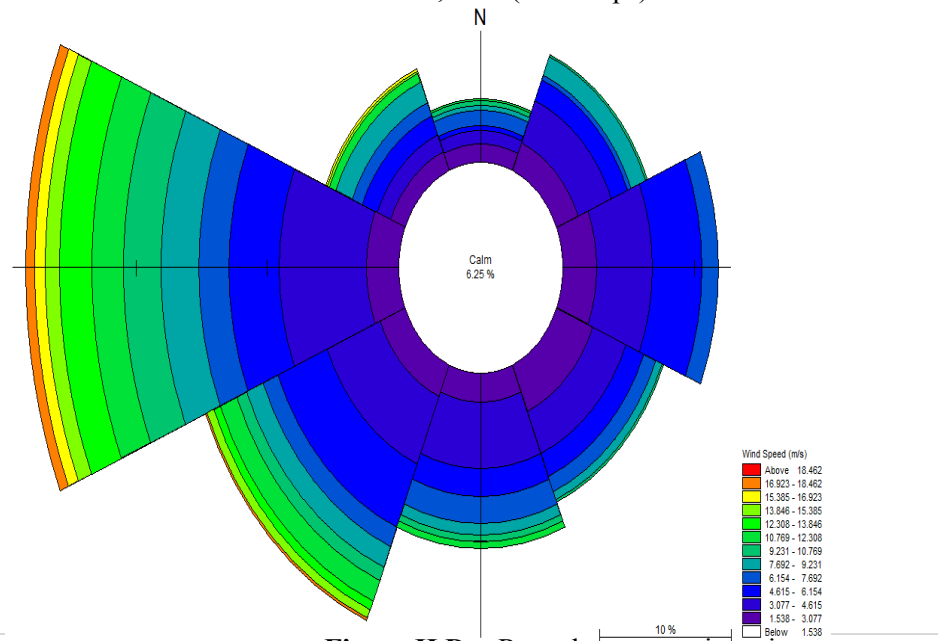


Figure D : Rose des vents saisonniers du 01/10 au 31/12 (Automne)

Interprétation :

En hiver : Les vents du secteur Ouest dominant avec des vitesses pouvant atteindre 17.30 m/s (Figure II.14).

En été : Les vents les plus dominantes sont issues du secteur Est avec des vitesses pouvant atteindre 11,84 m/s. (Figure II.14)

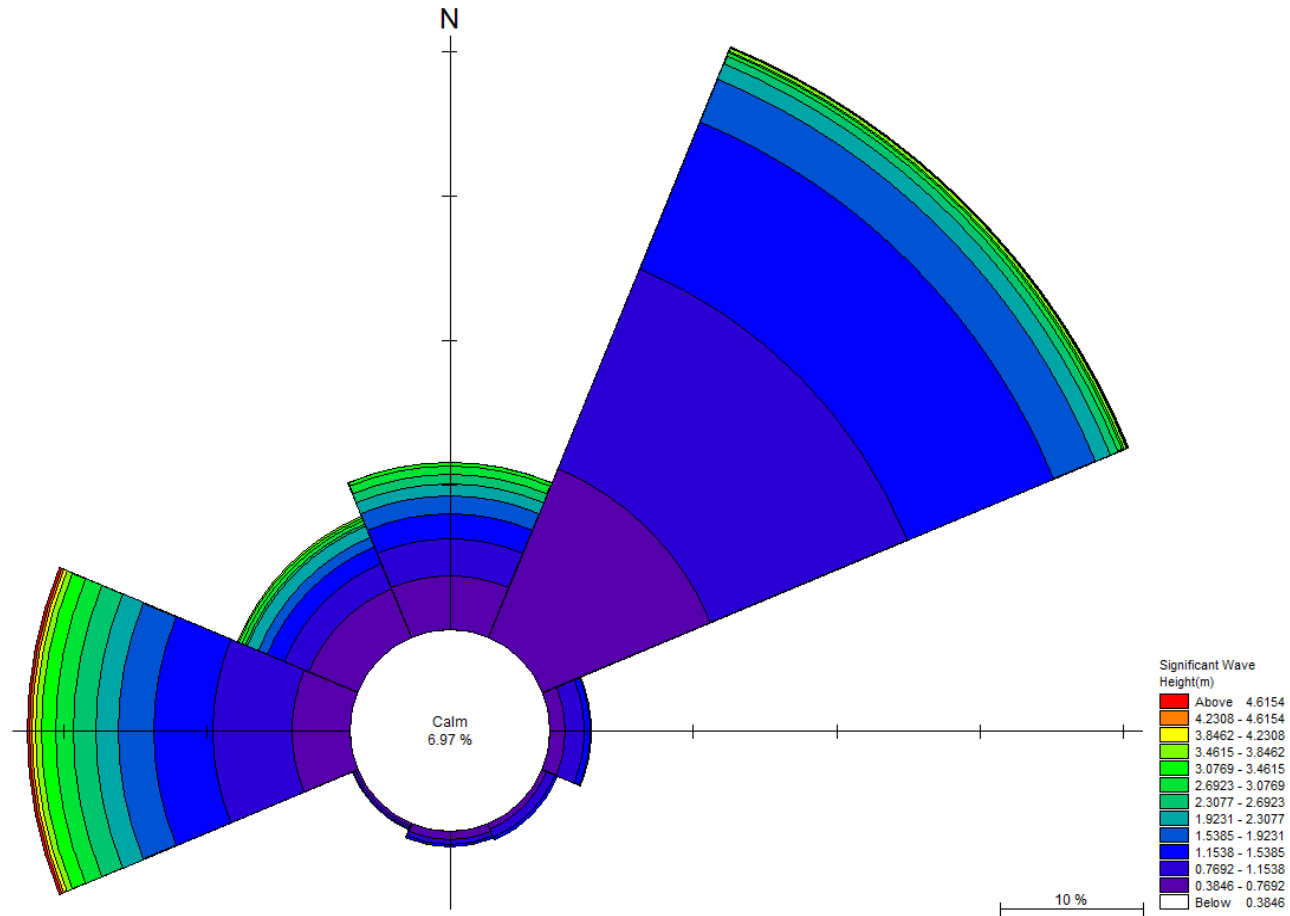
L'observation et l'analyse des statistiques des vents annuels montrent une prédominance du vent dans l'intervalle des directions Est (E), Ouest (O) et Nord-Est (NE). La plus élevée est enregistrée dans la direction Est (Figure II.14).

II.4.2. Les courants :

Le courant atlantique (pénétration des eaux par le détroit de Gibraltar) longe d'Ouest en Est les côtes d'Afrique du Nord, sa vitesse est de l'ordre de 3 à 4 km/h. Ce courant s'étale sur plusieurs milles nautiques. Encore très sensible au large de l'Algérois (vitesse = 0,7 nœud), son action va en diminuant vers l'Est du bassin occidental de la Méditerranée (LEM, 2009).

II.4.3. La houle :

Les données de la houle au large de la zone d'étude durant l'année 2020 (waveclimate, 2020) ; nous permet d'établir les roses des houles ci-contre :



Chapitre II. Présentation de la zone d'étude

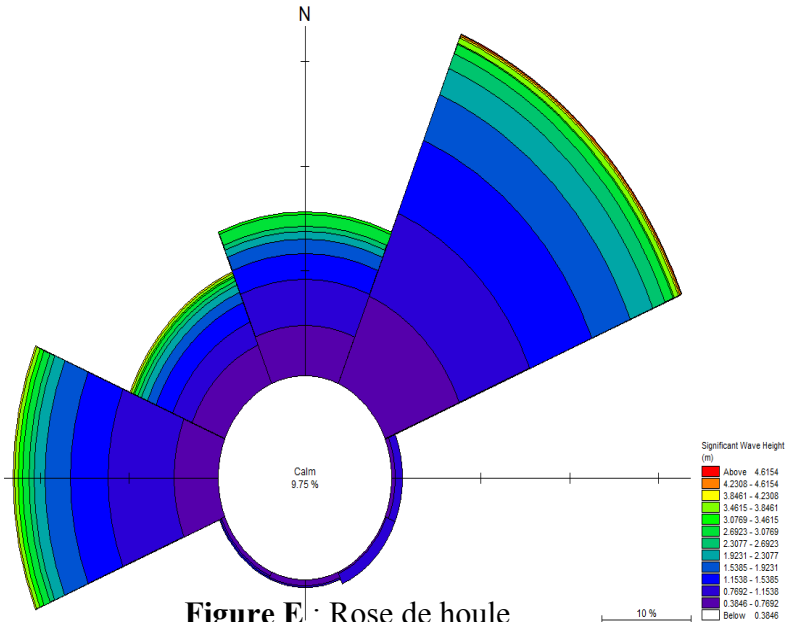


Figure E : Rose de houle saisonnière du 01/01 au 31/03, 2020 (Hiver)

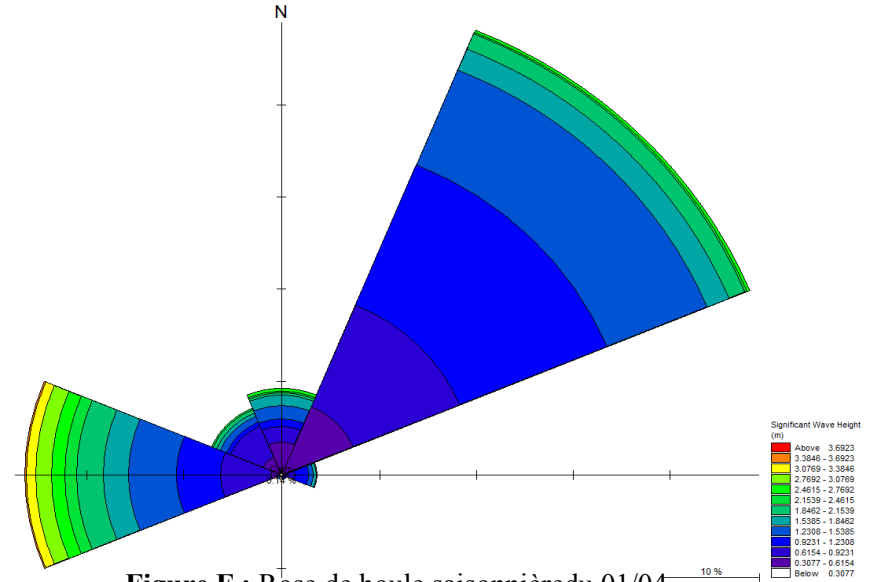


Figure F : Rose de houle saisonnière du 01/04 au 30/06, 2020 (Printemps)

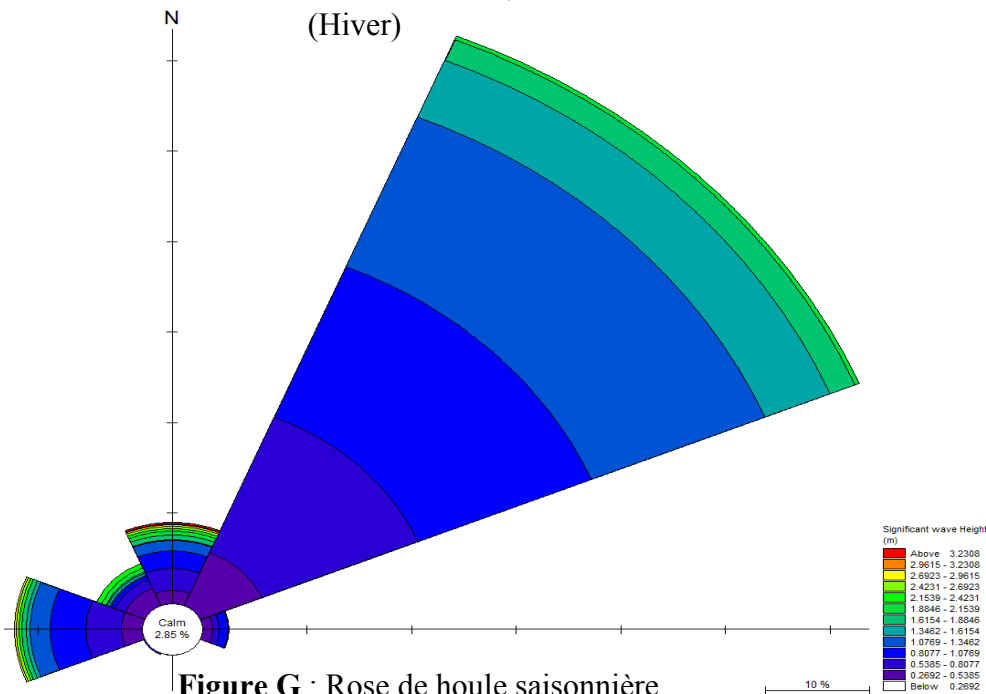


Figure G : Rose de houle saisonnière du 01/07/2020 au 30/09 (Eté)

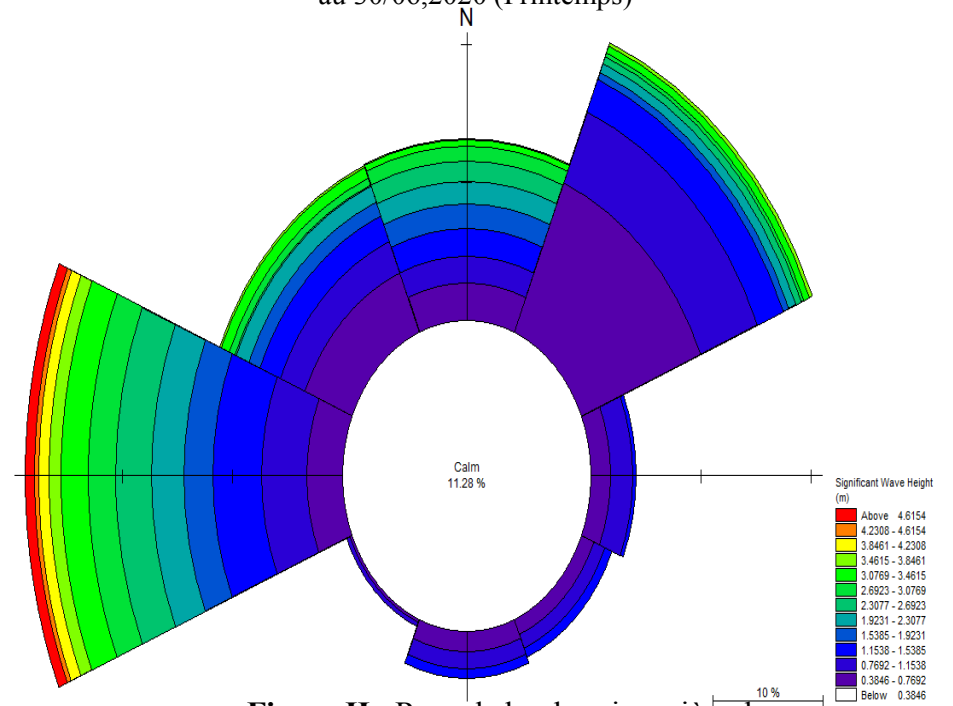


Figure H : Rose de houle saisonnière du 01/10 au 30/12 (Automne)

Interprétation :

La rose des houles au large de Bordj El-Bahri issue des enregistrements de la série susmentionnée (entre 01 Janvier 2020 et 31 Décembre 2020) montrent un régime de houle annuelle dominé par une direction principale Nord-Est et une secondaire Ouest (**Figure II.15**). On remarque à partir de ces données que les vagues au large sont caractérisées par des périodes modales inférieures ou égales à 13.43 s correspond à des hauteurs significatives inférieures ou égales 4.91m (**Figure II.15**).

En période hivernale, les houles d'Ouest et Nord-est sont les plus dominantes, Alors qu'en période estivale les houles du Nord sont les plus dominantes, Leurs hauteurs significatives varie de 0.38 m à 4.61 m(**Figure II.15**).

II.5. Données marégraphique :

La différence générale entre marée basse et marée haute pour l'ensemble de la zone maritime algérienne est d'environ 0,30 m d'après (Plot, 1978).

Le niveau de la mer varie avec la direction des vents et la différence des niveaux atteint 75 à 80 cm aumaximum. (Portalger.com.dz, 2020)

Conclusion :

- Annuellement, La zone est soumise à des vents dominantes de secteur Est, Ouest et Nord-Est avec des fréquences d'apparition respectivement, 22%, 20% et 14%.
- Des houles dominantes qui proviennent principalement des secteurs Nord-Est et Ouest avec des fréquences d'apparition respectivement, 40% et 23%.
- Les vents les plus fréquents et les plus violents sont les vents d'Ouest et Nord-ouest, ils peuvent atteindre 19 m/s à 21.2 m/s en Hiver et en Automne.

Tableau II.4: Tableau récapitulatif des valeurs maximales de T_p , H_s , et U_{10} selon les deux directions dominantes durant l'année 2020

| Direction | Période T(s) | Hauteur significative H_s (m) | Vitesse du vent u(m/s) |
|---------------------|--------------|---------------------------------|------------------------|
| Nord-Est 45° | 9.06 | 3.85 | 23.07 |
| Ouest 270° | 9.02 | 4.62 | 21.19 |

Chapitre III.

Etude granulo-sédimentaire

Introduction :

Lors de notre étude nous avons effectué une mission sur terrain, elle consiste à prélever des échantillons en mer de la couche superficielle du sédiment au niveau des plages (Frégate, Alger plage, Ondine Sud, Ondine Nord) de Bordj El-Bahri.

Dans cette étude de ces sédiments au laboratoire de ENSSMAL que nous avons effectué suivant une approche qui consiste une étude granulométrique classique comportant généralement deux phases, une phase technique expérimentale conduisant à l'évaluation en pourcentage de chaque dimension de grains à la masse totale du sédiment et une deuxième phase d'interprétation des résultats sous forme de tableau Excel traité et calculer par le logiciel MATLAB. Les coefficients et les indices granulométriques ont été établis afin de réaliser des cartes de répartition granulométrique sur notre zone d'étude.

III.1. Travaux sur terrain :

III.1.1 Matériels utilisés

- ❖ GPS en mode RTK L1/L2 (mode bi fréquence)
- ❖ L'écho-teste (mesure de profondeur)
- ❖ Un Courantomètre de type « *Fp 101* ».

III.1.2 Description du déroulement de la sortie

Le 01/07/2021 à 10h du matin, on a effectué notre sortie à Bordj El-Bahri situé A 36° 47' 26" Nord, 3° 14' 59" Est. Notre zone d'étude est subdivisée en quatre plages : la plage Frégate, Alger plage, les Ondine Sud, les Ondine Nord).

Dans chaque une des plages, les stations que nous avons choisies étaient divisées en trois transects perpendiculaires à la cote, chaque transect est composé de deux stations terrestres et une station marine.

On a effectué 09 prélèvements d'échantillons dans chaque plage, en notant sur chaque point les coordonnées géographiques et la vitesse du courant (pour les échantillons marins) à l'aide du GPS.

Par la suite, les échantillons sont ensuite placés dans des sacs en plastique étiquetés puis transférés au laboratoire de l'ENSSMAL pour effectuer des analyses granulométriques.

III.1.3. Le positionnement des points de prélèvement : L'objectif de cette étude et la recherche de la répartition des sédiments dans la partie terrestre et marine dans la zone d'étude(**FigureIII.1**), et par conséquent d'établir la carte de répartition spatiale des sédiments.

Chapitre III. Etude granulo-sédimentaire

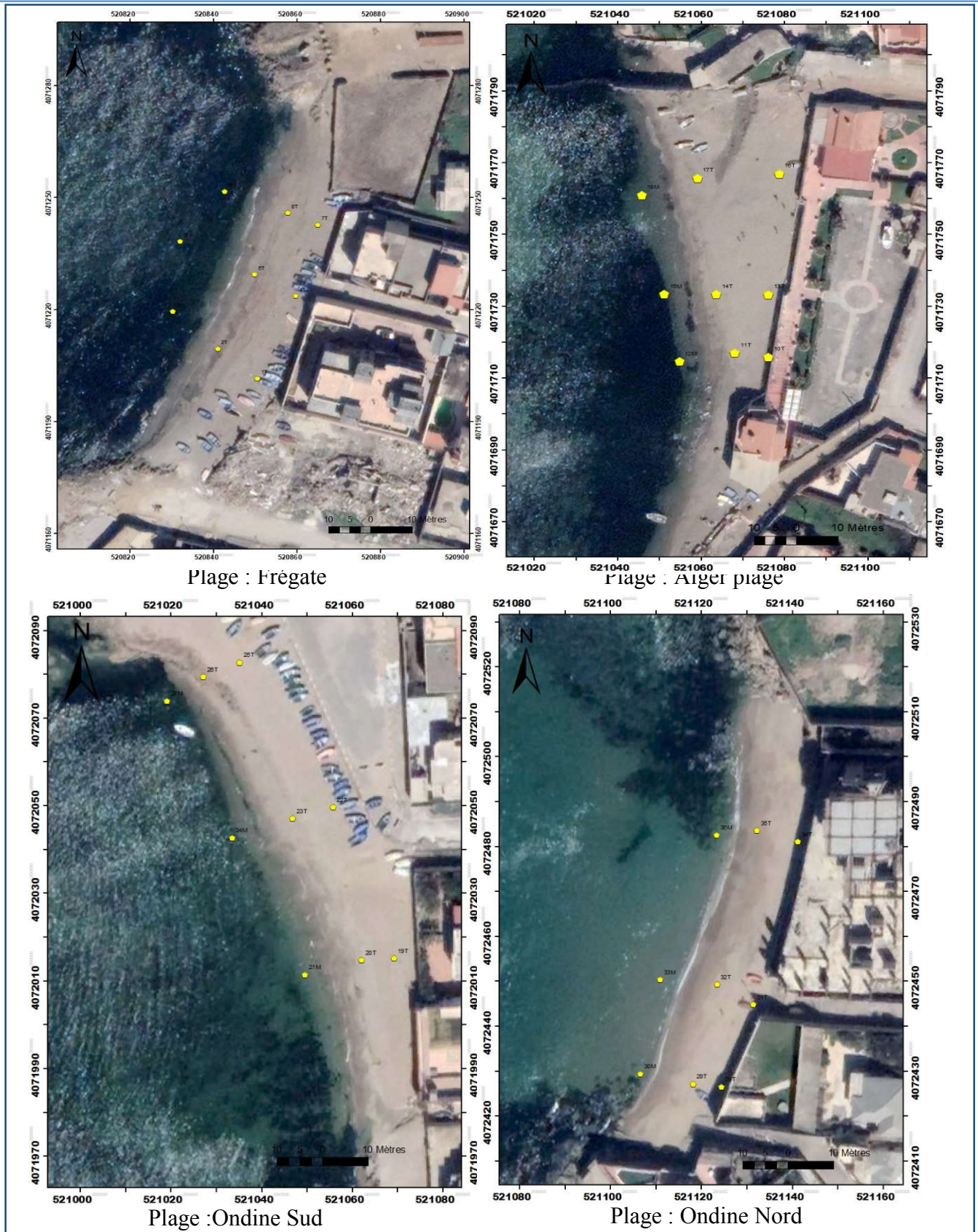


Figure III.1 : Le positionnement des points de prélèvement des plages dans la partie terrestre et marine de la zone d'étude

III.2. Etude au laboratoire :

Un grain de sédiment est caractérisé par sa dimension, sa forme, son état de surface et sa masse volumique.

Un échantillon sédimentaire est caractérisé par sa répartition en masse en fonction du diamètre des particules qui le constituent. Cette répartition obtenue à partir l'analyse granulométrique (DahmaniA., 2020).

III.2.1. Principe de l'essai

L'essai consiste à classer les différents grains constituant l'échantillon en utilisant une série des tamis, emboîtées les uns sur les autres, dont les dimensions sont décroissantes du haut vers le bas. Le matériau étudié est placé en partie supérieur des tamis et le classement des grains s'obtient par vibration de la colonne de tamis.

- **Refus sur un tamis** : partie du matériau retenu sur un tamis.
- **Tamisas ou passant** : partie du matériau passant à travers les mailles d'un tamis.
- **Refus cumulé** : c'est la somme de tous les refus, celui du tamis lui-même plus tous les refus des tamis de maille plus grande. Il peut être exprimé en gramme ou en % de refus cumulés.
- **Pourcentage massique de refus** : c'est le rapport, exprimé en pourcentage, de la masse de matériau sec retenu par un tamis d'ouverture d , à la masse totale initiale de matériau sec passant à travers le tamis de maille.
- **Pourcentage massique d'un tamisas** : c'est le rapport, exprimé en pourcentage, de la masse sèche du passant à travers un tamis d'ouverture d , à la masse totale initiale de matériau sec passant à travers le tamis de maille.
- **Courbe granulométrique** : représentation du pourcentage massique p des différents tamisas en fonction de la dimension nominale d'ouverture des tamis sous forme d'une courbe logarithmique.

III.2.2. Matériels et équipements utilisés :

- Des échantillons de sable sec (36 échantillons) ;
- Une Spatule et un pinceau ;
- Une série de tamis d'ouvertures de mailles normalisées de (2000 à 40 μm) ;
- Une machine à tamiser (Vibrotamis) ;
- Un couvercle qui évite la perte de matériau pendant le tamisage et un réceptacle de fond pour recueillir le dernier tamisât,

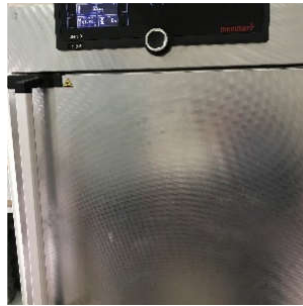
- Des boites de pétris ;
- Une balance de précision 0.01 g ;
- Une étuve réglée à 105 °C 24 h ;

Chapitre III. Etude granulo-sédimentaire

La balance



L'étuve



Les spatules



Les pinceaux



La série de tamis +La tamiseuse



Le tamis a 40 µm



Figure III.2 : Des illustrations des appareils et matériels utilisés

III.2.3. Description de l'essai Analyse granulométrique :

La séparation de la fraction fine (pélite) : L'ensemble des prélèvements sédimentaires a été analysé au laboratoire (Figure III.2 et Figure III.3) selon les techniques classiques de tamisage.

- Mise de l'échantillon dans l'étuve, séchage à 105° pendant 24h ;
- Pesage d'une quantité d'échantillon de 150g pour chaque station ;
- Rinçage de l'échantillon dans un tamis de 40µm pour soustraire les fractions fines ;
- Séchage de la fraction grossière à l'étuve à 105° pendant 24heures ;

Tamisage de la fraction grossière :

- Peser la masse (M) de chaque échantillon
- Le matériau séché, puis repeser de masse M , est versé sur une série de tamis dont le diamètre des mailles en microns des tamis est dans l'ordre décroissant : 2000-1600-1250-1000-800-630-500-400-315-250-200-160-125-100-80-63-50-40 « en µm » ; choisis de telle manière que la progression des ouvertures soit croissante du bas de la colonne vers haut. En partie inférieur, on dispose un tamis de 40µm sur montant un fond étanche afin de récupérer les éléments fins qui passent à travers ces tamis.
- Fixer la série de tamis sur la une tamiseuse de type AFNOR et la soumettre aux vibrations pendant 10 minutes à une fréquence de 60 Hz. Terminer par des secousses manuelles horizontales et verticales.

Chapitre III. Etude granulo-sédimentaire

- Prendre le tamis supérieur seul avec son contenu et l'agiter sur une boîte de pétries propre.
- Tamiser de même jusqu'au dernier tamis. En pesant le tamisât contenu dans le fond avec la somme des refus cumulés nous avons retrouvé la masse pesée au départ. Puis nous avons Tracer la courbe granulométrique sur un graphique comportant en ordonnée le pourcentage des tamisas sous les tamis dont les mailles D sont indiquées en abscisse selon une graduation logarithmique.

Les échantillons dans des sacs en plastiques étiquetés



Le pesage sur balance



Le rincage et L'élimination de la fraction péllite



Le séchage dans l'étuve



les échantillons après séchage et repesage



Le tamisage

Figure III.3 : Des illustrations des étapes de l'analyse granulométrique.

III.3. Calcul des paramètres granulométriques

Cette phase se traduit par une représentation sous forme de courbes cumulatives représentant le pourcentage des refus cumulés en fonction du logarithme des mailles des tamis utilisés. C'est à partir de ces courbes que les paramètres granulométriques sont déduits.

➤ Les paramètres de position

Les paramètres de position sont déduits à partir de la courbe cumulative en faisant une projection sur l'axe des pourcentages et déterminer le diamètre de tamis qui lui correspond. Ces paramètres vont servir à calculer les différents indices granulométriques :

Les Quartiles

- D25 : diamètre du grain à l'ordonnée 25%, c'est le premier quartile.
- D50 : diamètre du grain à l'ordonnée 50%, c'est la médiane.
- D75 : diamètre du grain à l'ordonnée 75%, c'est le second quartile.

Les Centiles

- D5 : diamètre du grain à l'ordonnée 5%
- D16 : diamètre du grain à l'ordonnée 16%,
- D30 : diamètre du grain à l'ordonnée 30%,
- D60 : diamètre du grain à l'ordonnée 60%,
- D84 : diamètre du grain à l'ordonnée 84%,
- D95 : diamètre du grain à l'ordonnée 95%,

III.4. Calcul des indices granulométriques :

Dans notre cas d'étude, nous avons utilisé le programme MATLAB pour effectuer le calcul de 36 stations d'échantillonnage de ces paramètres granulométriques.

➤ La fraction grossière :

La granulométrie est déterminée par les diamètres des grains déduits à l'aide des indices (Q16, Q25, Q50, Q75, Q84) calculée directement sur le logiciel MATLAB ;

Q50 : Indice de taille (médiane)

Les quartiles inférieur et supérieur : Q25 et Q75, Ils représentent le diamètre du grain dont les ordonnées sont respectivement à 25 et à 75 % des poids des refus du sédiment.

Toujours à partir des courbes cumulatives, Les indices granulométriques sont exprimés en unité (ϕ). L'échelle ϕ est une unité de mesure définie par la relation suivante. $\phi = -\log(D)$, où D : représente le diamètre des grains en (mm).

III.4.1. La moyenne granulométrique (Mz)

Elle représente la distribution granulométrique moyenne des sédiments et permet l'individualisation d'un certain nombre de faciès. Permet la disposition globale d'échantillons sur l'échelle des dimensions des sédiments (Folk et W.C Ward, 1957) La formule est la suivante :

$$Mz = \frac{\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}}{3}$$

Tableau III.3 : classification de la moyenne granulométrique MZ

| <i>La valeur de MZ</i> | <i>La taille moyenne du grain</i> |
|------------------------|-----------------------------------|
| $MZ < -6$ | Galet |

Chapitre III. Etude granulo-sédimentaire

| | |
|-----------------|---------------------|
| $-6 < Mz < -2$ | Granule |
| $-2 < Mz < -1$ | Sable très grossier |
| $-1 < Mz < 0$ | Sable grossier |
| $0 < Mz < 1$ | Sable moyen |
| $1 < Mz < 2$ | Sable fin |
| $2 < Mz < 3$ | Sable très fin |
| $3 < Mz < 3.98$ | Vase |

III.4.2. Indice de classement « indice de dispersion » So (Folk et Ward)

Il donne une idée de l'étalement de la courbe au tour de son grain moyen, Cet indice nous renseigne sur l'importance du tri lors de transport et de la sédimentation. Il indique la dispersion des tailles par rapport à la moyenne de l'échantillon (Chameley, 1978)

- Le sorting de trasck : $So = \left[\frac{Q_{75}}{Q_{25}} \right]^{1/2}$
- Folk et Ward : $So = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_5}{6.6}$

Tableau III.2: Classification d'indice de dispersion SO

| <i>La Valeur de So</i> | <i>Classement</i> |
|------------------------|--------------------|
| [1 – 1.5] | Très bien classé |
|]1.5 – 2.5] | Bien classé |
|]2.5 – 3.5] | Normalement classé |
|]3.5 – 4.5] | Faiblement classé |
| $So > 4.5$ | Mal classé |

III.4.3 Le coefficient d'asymétrie (SK ; Skewness de Trask):

Il caractérise le degré de symétrie de la courbe par rapport à la médiane. Il est défini par la relation suivante (Trask 1932) :

- Le sorting de trask : $Sk_i = \frac{Q_1 * Q_3}{Q_2}$
- Folk et Ward: $Sk = \left[\frac{(\phi_{16} + \phi_{84} - 2 * \phi_{50})}{2} * (\phi_{84} + \phi_{16}) \right] + \left[\frac{(\phi_5 + \phi_{95} - 2 * \phi_{50})}{2} \right]$

| <i>Indices de SK</i> | <i>Classement</i> |
|----------------------|---------------------------------------|
| $Sk < 1$ | Classement maximum vers les grossiers |
| $Sk = 1$ | Symétrie parfaite |

Tableau III.1 classification d'indice d'asymétrie SK

III.4.4. Le coefficient d'uniformité C_u (Hazen) :

Le coefficient d'uniformité permet de caractériser de façon quantitative l'étalement de la courbe granulométrique.

Il se calcule de la façon suivante :

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

- Si $C_u > 3$, alors la granulométrie est variée ou encore étalée.
- Si $C_u < 3$, alors la granulométrie est uniforme ou encore serrée.

III.4.5. Le coefficient de courbure C_c (Hazen) :

Il permet de décrire la forme de la courbe granulométrique entre D_{10} et D_{60} .

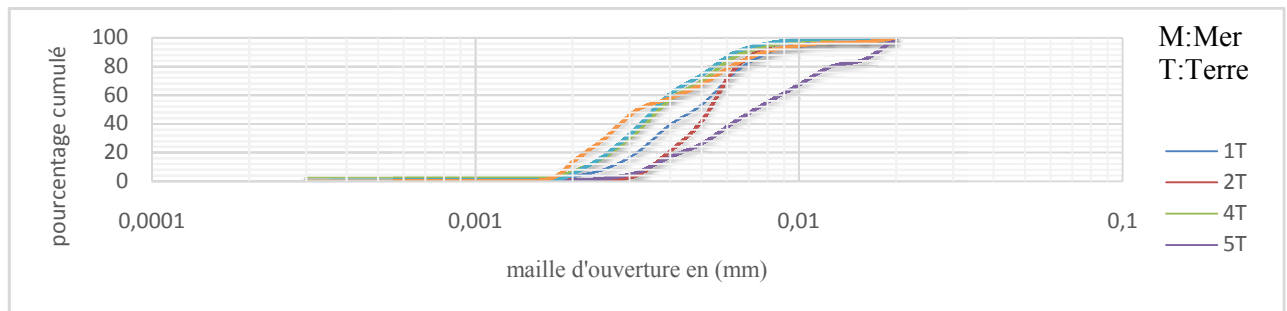
$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \cdot D_{10}}$$

- Si $1 < C_c < 3$, alors les matériaux sont bien gradués
- Si $C_c < 1$ ou $C_c > 3$, alors les matériaux sont mal gradués

III.5. Résultats et Discussion :

III.5.1. L'analyse des courbes granulométriques :

❖ La plage Frégate :



Chapitre III. Etude granulo-sédimentaire

Figure III.4.1: Les courbes cumulatives des 6 échantillons des sédiments terrestres de la plage Frégate

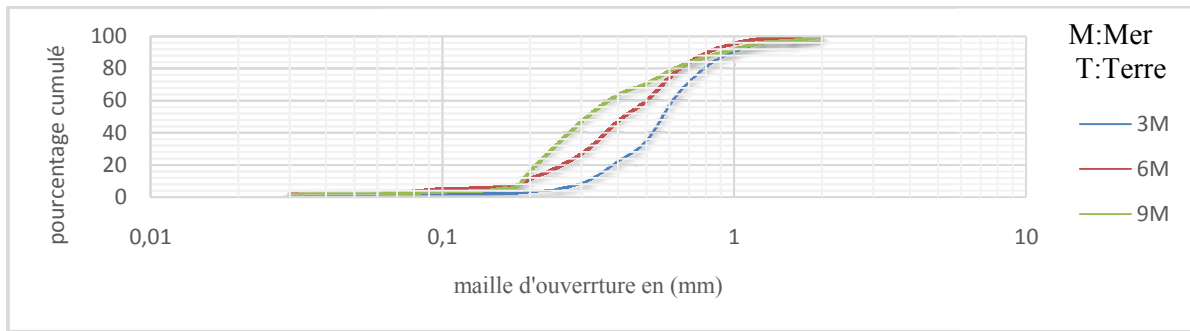


Figure III.4.2: Les courbes cumulatives des 3 échantillons des sédiments marins de la plage Frégate

Tableau III.4 : Le tableau des résultats du coefficient de courbure et d'uniformité de la plage Frégate

| | (Cc) | Degré de classement | (Cu) | Degré de classement |
|-----------|---------|----------------------|--------|----------------------------------|
| 1T | 0,8968 | matériau mal gradué | 2,0503 | granulométrie uniforme ou serrée |
| 2T | 0,97407 | matériau mal gradué | 1,573 | granulométrie uniforme ou serrée |
| 3M | 1,0922 | matériau bien gradué | 1,959 | granulométrie uniforme ou serrée |
| 4T | 1,0027 | matériau bien gradué | 1,8817 | granulométrie uniforme ou serrée |
| 5T | 0,9499 | matériau mal gradué | 2,4737 | granulométrie uniforme ou serrée |
| 6M | 1,08 | matériau bien gradué | 2,6723 | granulométrie uniforme ou serrée |
| 7T | 0,99035 | matériau mal gradué | 1,7917 | granulométrie uniforme ou serrée |
| 8T | 0,81821 | matériau mal gradué | 2,2709 | granulométrie uniforme ou serrée |
| 9M | 0,8689 | matériau mal gradué | 2,0703 | granulométrie uniforme ou serrée |

Le commentaire :

Après l'examinations des courbes cumulatives (Tableau III.4 Figures III.4.1 et III.4.2) dans la partie terrestre et marine, nous avons constaté :

- Dans la partie terrestre, la présence des particules grossières et fines est décrite sur la courbe granulométrique ; ainsi, 99,08 % des particules sont comprises entre $0.16 < D \leq 2$ mm.

Chapitre III. Etude granulo-sédimentaire

- Dans la partie marine, nous avons constaté que la présence des particules grossières et fines est décrite sur la courbe granulométrique ; ainsi, 93.27 % des particules sont comprises entre $0.18 < D \leq 2$ mm.

❖ Alger plage

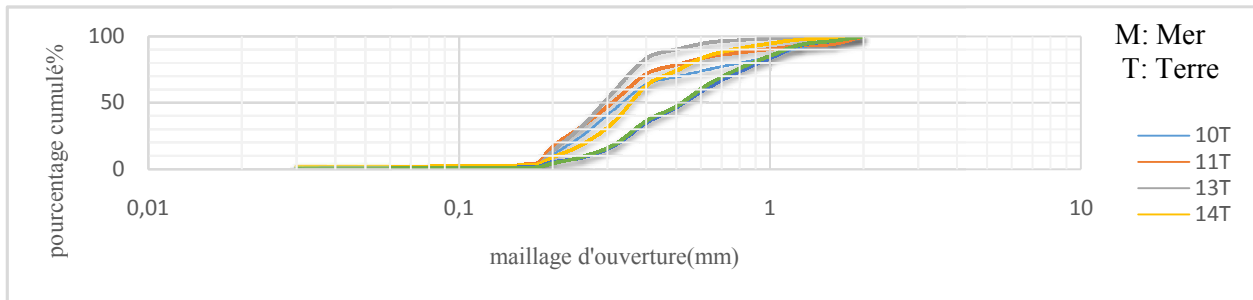


Figure III.5.1 : Les courbes cumulatives des 6 échantillons de sédiments terrestres d'Alger plage

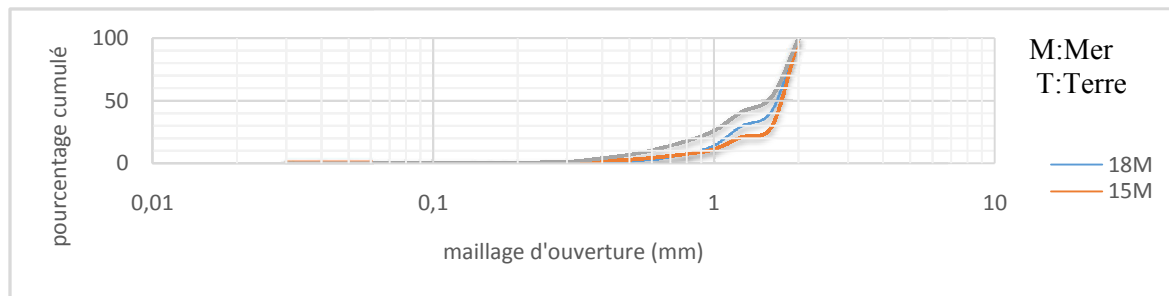


Figure III.5.2 : Les courbes cumulatives des 3 échantillons de sédiments marins d'Alger plage

Tableau III.5 : le tableau des résultats du coefficient de courbure et d'uniformité Alger plage

| | (Cc) | Degré de classement | (Cu) | Degré de classement |
|------------|---------|----------------------|--------|----------------------------------|
| 10T | 0,97866 | matériau mal gradué | 1,9086 | granulométrie uniforme ou serrée |
| 11T | 0,93284 | matériau mal gradué | 1,9001 | granulométrie uniforme ou serrée |
| 12M | 1,3698 | matériau bien gradué | 2,4133 | granulométrie uniforme ou serrée |
| 13T | 0,97198 | matériau mal gradué | 1,7061 | granulométrie uniforme ou serrée |
| 14T | 1,1181 | matériau bien gradué | 1,877 | granulométrie uniforme ou serrée |
| 15M | 1,2872 | matériau bien gradué | 1,6341 | granulométrie uniforme ou serrée |
| 16T | 0,84829 | matériau mal gradué | 2,3776 | granulométrie uniforme ou serrée |
| 17T | 0,89145 | matériau mal gradué | 2,4105 | granulométrie uniforme ou serrée |
| 18M | 1,2555 | matériau bien gradué | 1,6886 | granulométrie uniforme ou serrée |

Le Commentaire :

Après l'examinassions des courbes cumulatives (Tableau III.5 Figures III.5.1 et III.5.2) dans la partie terrestre et marine, nous avons constaté :

- Dans la partie terrestre, la présence des particules grossières et fines est décrite sur la courbe granulométrique ; ainsi, 95.59 % des particules sont comprises entre $0.2 < D \leq 2$ mm .
- Dans la partie marine, nous avons constaté que la présence des particules grossières et fines est décrite sur la courbe granulométrique ; ainsi, 93.07 % des particules sont comprises entre $0.5 < D \leq 2$ mm.

❖ La plage Ondine Sud

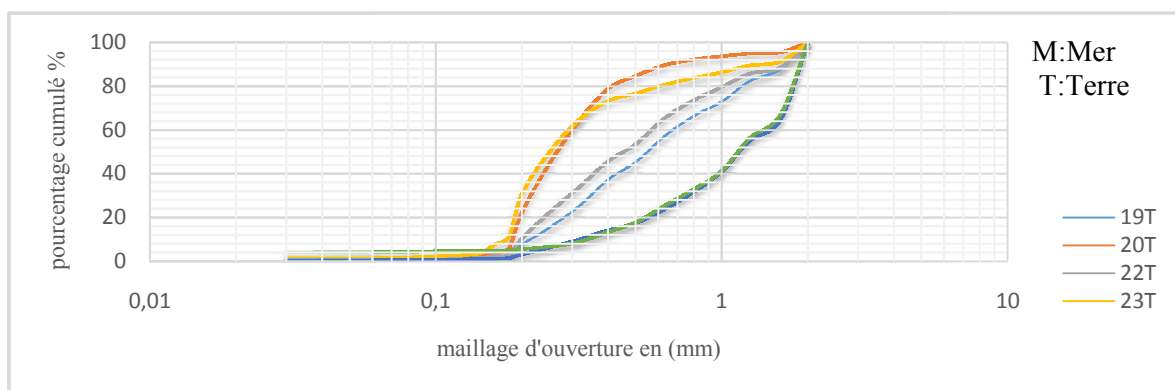


Figure III.6.1 : Les courbes cumulatives des 6 échantillons de sédiments terrestres de la plage Ondine Sud

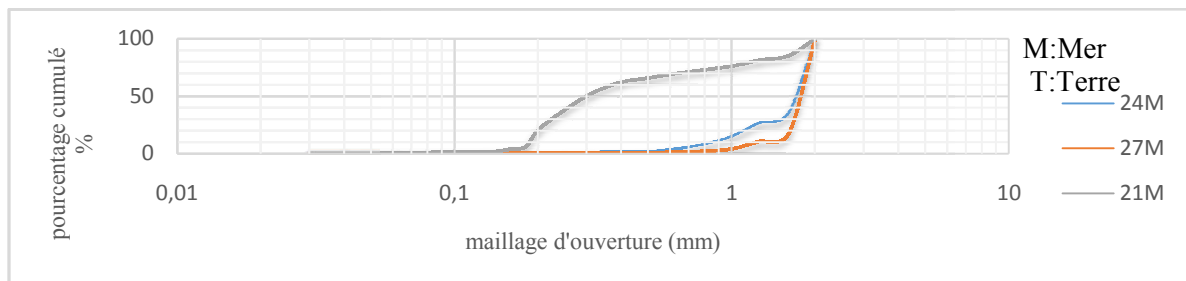


Figure III.6.2 : La courbe cumulative des 3 échantillons de sédiments marins de la plage Ondine Sud

Chapitre III. Etude granulo-sédimentaire

Tableau III.6 : Le tableau des résultats du coefficient de courbure et d'uniformité de la plage Ondine Sud

| | (Cc) | Degré de classement | (Cu) | Degré de classement |
|-----|---------|----------------------|--------|----------------------------------|
| 19T | 0,82747 | matériau mal gradué | 3,1365 | granulométrie étalée |
| 20T | 0,88713 | matériau mal gradué | 1,7459 | granulométrie uniforme ou serrée |
| 21M | 0,77946 | matériau mal gradué | 2,117 | granulométrie uniforme ou serrée |
| 22T | 0,77402 | matériau mal gradué | 2,9041 | granulométrie uniforme ou serrée |
| 23T | 0,86095 | matériau mal gradué | 1,9062 | granulométrie uniforme ou serrée |
| 24M | 1,318 | matériau bien gradué | 1,7377 | granulométrie uniforme ou serrée |
| 25T | 1,3582 | matériau bien gradué | 4,1624 | granulométrie étalée |
| 26T | 1,1779 | matériau bien gradué | 3,8407 | granulométrie étalée |
| 27M | 1,0229 | matériau bien gradué | 1,2125 | granulométrie uniforme ou serrée |

Le commentaire :

Après l'examinassions des courbes cumulatives (Tableau III.6 Figures III.6.1 et III.6.2) dans la partie terrestre et marine, nous avons constaté :

- Dans la partie terrestre, la présence des particules grossières et fines est décrite sur la courbe granulométrique ; ainsi, 94.34% des particules sont comprises entre $0.18 < D \leq 2$ mm.
- Dans la partie marine, nous avons constaté que la présence des particules grossières et fines est décrite sur la courbe granulométrique ; ainsi, 92.08 % des particules sont comprises entre $0.8 < D \leq 2$ mm.

❖ **La plage Ondine Nord**

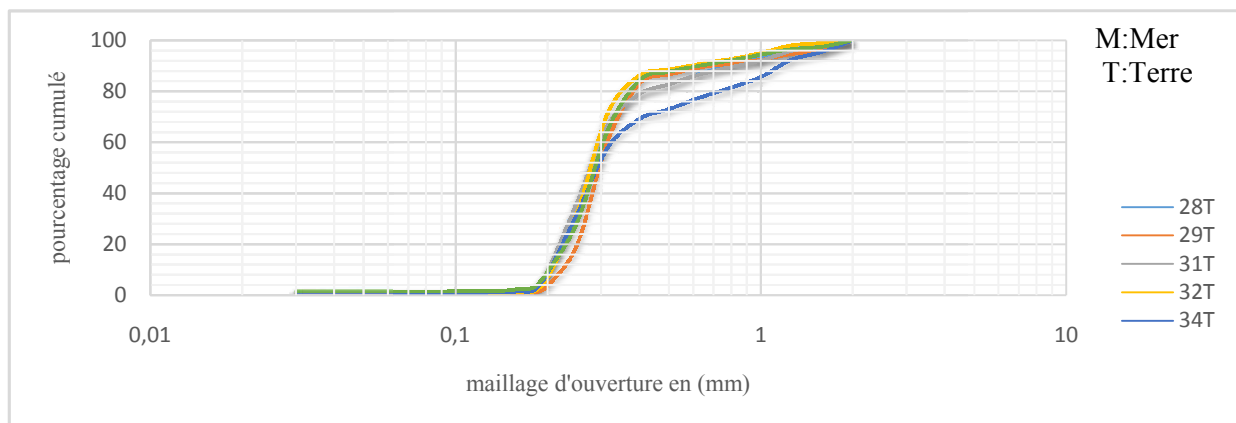


Figure III.7.1 : Les courbes cumulatives des 6 échantillons de sédiments terrestres de la plage Ondines Nord

Chapitre III. Etude granulo-sédimentaire

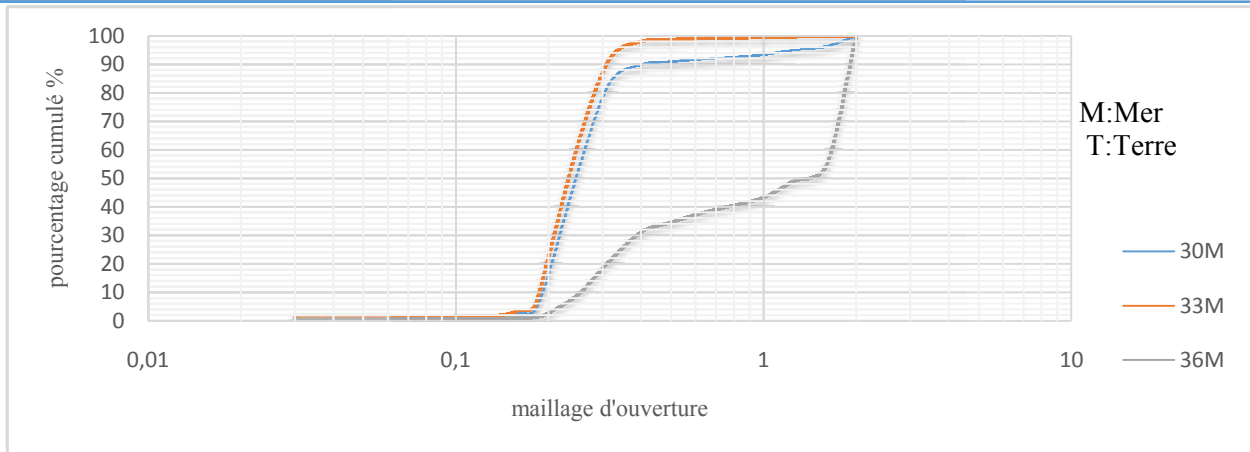


Figure III.7.2 : Les courbes cumulatives des 3 échantillons de sédiments marins de la plage Ondine Nord

Tableau III.7 : Le tableau des résultats du coefficient de courbure et d'uniformité de la plage Ondine Nord

| | (Cc) | (Cu) | Degré de classement | Degré de classement |
|------------|---------|--------|----------------------|----------------------------------|
| 28T | 0,94973 | 1,4778 | matériau mal gradué | granulométrie uniforme ou serrée |
| 29T | 1,0088 | 1,3951 | matériau bien gradué | granulométrie uniforme ou serrée |
| 30M | 0,99787 | 1,4015 | matériau mal gradué | granulométrie uniforme ou serrée |
| 31T | 0,95652 | 1,4856 | matériau mal gradué | granulométrie uniforme ou serrée |
| 32T | 0,99074 | 1,3976 | matériau mal gradué | granulométrie uniforme ou serrée |
| 33M | 1,017 | 1,4 | matériau bien gradué | granulométrie uniforme ou serrée |
| 34T | 0,91115 | 1,6078 | matériau mal gradué | granulométrie uniforme ou serrée |
| 35T | 1,0354 | 1,5121 | matériau bien gradué | granulométrie uniforme ou serrée |
| 36M | 0,40896 | 5,5196 | matériau mal gradué | granulométrie étalée |

Interprétation :

Après l'examinations des courbes cumulatives (Tableau III.7 Figures III.7.1 et III.7.2) dans la partie terrestre et marine, nous avons constaté :

- Dans la partie terrestre, la présence des particules grossières et fines est décrite sur la courbe granulométrique ; ainsi, 96% des particules sont comprises entre $0.18 < D \leq 2$ mm.

Chapitre III. Etude granulo-sédimentaire

- Dans la partie marine , nous avons constaté que la présence des particules grossières et fines est décrite sur la courbe granulométrique ; ainsi, 94.71 % des particules sont comprises entre $0.18 < D \leq 2 \text{ mm}$.

Les paramètres de position sont déduits à partir de la courbe cumulative par le logiciel « MATLAB.2016R ». Ces paramètres nous ont servi à calculer les différents indices granulométriques (Mz, Ski,So) synthétisés appropriés à chaque plage dans les tableaux ci-dessous :

➤ La plage Frégate :

Tableau III.8 : Un tableau récapitulatif des Indices et leurs classements au niveau
De la plage Frégate.

| Stations | Mz | Classement | indice (So) | Classement (So) | indice(ski) | Classement ski |
|-----------|---------|-------------|-------------|------------------|--------------|---------------------------------------|
| 1T | 0,59089 | Sable moyen | 1.6833 | bien classé | 0,15073567 | Classement maximum vers les fins |
| 2T | 0,64678 | Sable moyen | 1.3526 | très bien classé | 0,12460928 | Classement maximum vers les fins |
| 3M | 0,70202 | Sable moyen | 1.6128 | bien classé | 0,13275159 | Classement maximum vers les fins |
| 4T | 0,47771 | Sable moyen | 1.6068 | bien classé | -0,34369705 | Classement maximum vers les fins |
| 5T | 0,9128 | Sable moyen | 1.7866 | bien classé | 0,04759945 | Asymétrie |
| 6M | 0,51077 | Sable moyen | 1.9131 | bien classé | 1,14141894 | Classement maximum vers les grossiers |
| 7T | 0,46036 | Sable moyen | 1.6591 | bien classé | -0,34897712 | Classement maximum vers les fins |
| 8T | 0,44567 | Sable moyen | 1.8293 | bien classé | -1,16291581 | Classement maximum vers les fins |
| 9M | 0,44381 | Sable moyen | 1.9708 | bien classé | -1,22018349 | Classement maximum vers les fins |

Chapitre III. Etude granulo-sédimentaire

➤ Alger plage :

Tableau III.9: Un tableau récapitulatif des Indices et leurs classements au niveau D'Alger
plage

| Stations | Mz | Classement Mz | indice (So) | classement (So) | indice(ski) | classement ski |
|------------|---------|---------------|-------------|------------------|--------------|----------------------------------|
| 10T | 0,52468 | Sable moyen | 2.0558 | bien classé | -1,48826901 | Classement maximum vers les fins |
| 11T | 0,42487 | Sable moyen | 1.9135 | bien classé | -1,25127742 | Classement maximum vers les fins |
| 12M | 1,4636 | Sable fin | 1.4978 | très bien classé | -0,35714275 | Classement maximum vers les fins |
| 13T | 0,36457 | Sable moyen | 1.4683 | très bien classé | -0,28588549 | Classement maximum vers les fins |
| 14T | 0,46858 | Sable moyen | 1.7055 | bien classé | -0,67144076 | Classement maximum vers les fins |
| 15M | 1,7508 | Sable fin | 1.2578 | très bien classé | -0,55722961 | Classement maximum vers les fins |
| 16T | 0,68849 | Sable moyen | 1.8574 | bien classé | 0,01256986 | Asymétrie |
| 17T | 0,66604 | Sable moyen | 1.8399 | bien classé | -0,01353223 | Classement maximum vers les fins |
| 18M | 1,666 | Sable fin | 1.2682 | très bien classé | -0,5648482 | Classement maximum vers les fins |

Chapitre III. Etude granulo-sédimentaire

➤ La plage Ondine Sud :

Tableau III.10 : Un tableau récapitulatif des Indices et leurs classements au niveau de la plage Ondines Sud

| Stations | Mz | classement Mz | indice (So) | classement (So) | indice(ski) | classement ski |
|------------|---------|---------------|-------------|------------------|--------------|---------------------------------------|
| 19T | 0,71821 | Sable moyen | 2.1479 | bien classé | 0,03379593 | Asymétrie |
| 20T | 0,36288 | Sable moyen | 1.8167 | bien classé | -1,94801573 | Classement maximum vers les fins |
| 21M | 0,53489 | Sable moyen | 2.4114 | bien classé | 0,56046222 | Classement maximum vers les grossiers |
| 22T | 0,62161 | Sable moyen | 2.1863 | bien classé | -0,48546178 | Classement maximum vers les fins |
| 23T | 0,40949 | Sable moyen | 2.2065 | bien classé | -2,64412727 | Classement maximum vers les fins |
| 24M | 1,673 | Sable fin | 1.2768 | très bien classé | -0,61800853 | Classement maximum vers les fins |
| 25T | 1,1824 | Sable fin | 1.8738 | bien classé | 0,70872402 | Classement maximum vers les grossiers |
| 26T | 1,1807 | Sable fin | 1.9884 | bien classé | 1,58599618 | Classement maximum vers les grossiers |
| 27M | 1,8467 | Sable fin | 1.1146 | très bien classé | -0,40146845 | Classement maximum vers les fins |

Chapitre III. Etude granulo-sédimentaire

➤ La plage Ondine Nord :

Tableau III.11 : Un tableau récapitulatif des Indices et leurs classements au niveau De la plage Ondines Nord

| Stations | Mz | Classement Mz | Indice (So) | Classement (So) | Indice(ski) | Classement ski |
|----------|---------|---------------|-------------|------------------|--------------|----------------------------------|
| 28T | 0,40138 | Sable moyen | 1.7055 | bien classé | -1,91733901 | Classement maximum vers les fins |
| 29T | 0,3904 | Sable moyen | 1.5552 | bien classé | -1,22115828 | Classement maximum vers les fins |
| 30M | 0,31461 | Sable moyen | 1.5828 | bien classé | -1,55814302 | Classement maximum vers les fins |
| 31T | 0,39945 | Sable moyen | 1.7255 | bien classé | -1,87145753 | Classement maximum vers les fins |
| 32T | 0,35868 | Sable moyen | 1.4965 | très bien classé | -1,32692687 | Classement maximum vers les fins |
| 33M | 0,29345 | Sable moyen | 1.2644 | très bien classé | 0,04197311 | Asymétrie |
| 34T | 0,48848 | Sable moyen | 1.9991 | bien classé | -2,06174413 | Classement maximum vers les fins |
| 35T | 0,36916 | Sable moyen | 1.5547 | bien classé | -1,15835096 | Classement maximum vers les fins |
| 36M | 1,616 | Sable fin | 2.1189 | bien classé | 1,40055143 | Classement maximum vers les fins |

III.5.2 La distribution spatiale des sédiments analysés

III.5.2.1. La distribution spatiale de la fraction pélitique :

L'étude de la fraction fine consiste à évaluer pour chaque échantillon le pourcentage de cette fraction fine inférieur à $<40\mu\text{m}$ dans un poids considéré, ensuite une carte des pélites qui nous montre la répartition de cette fraction au sein de notre zone d'étude Bordj El-Bahri.

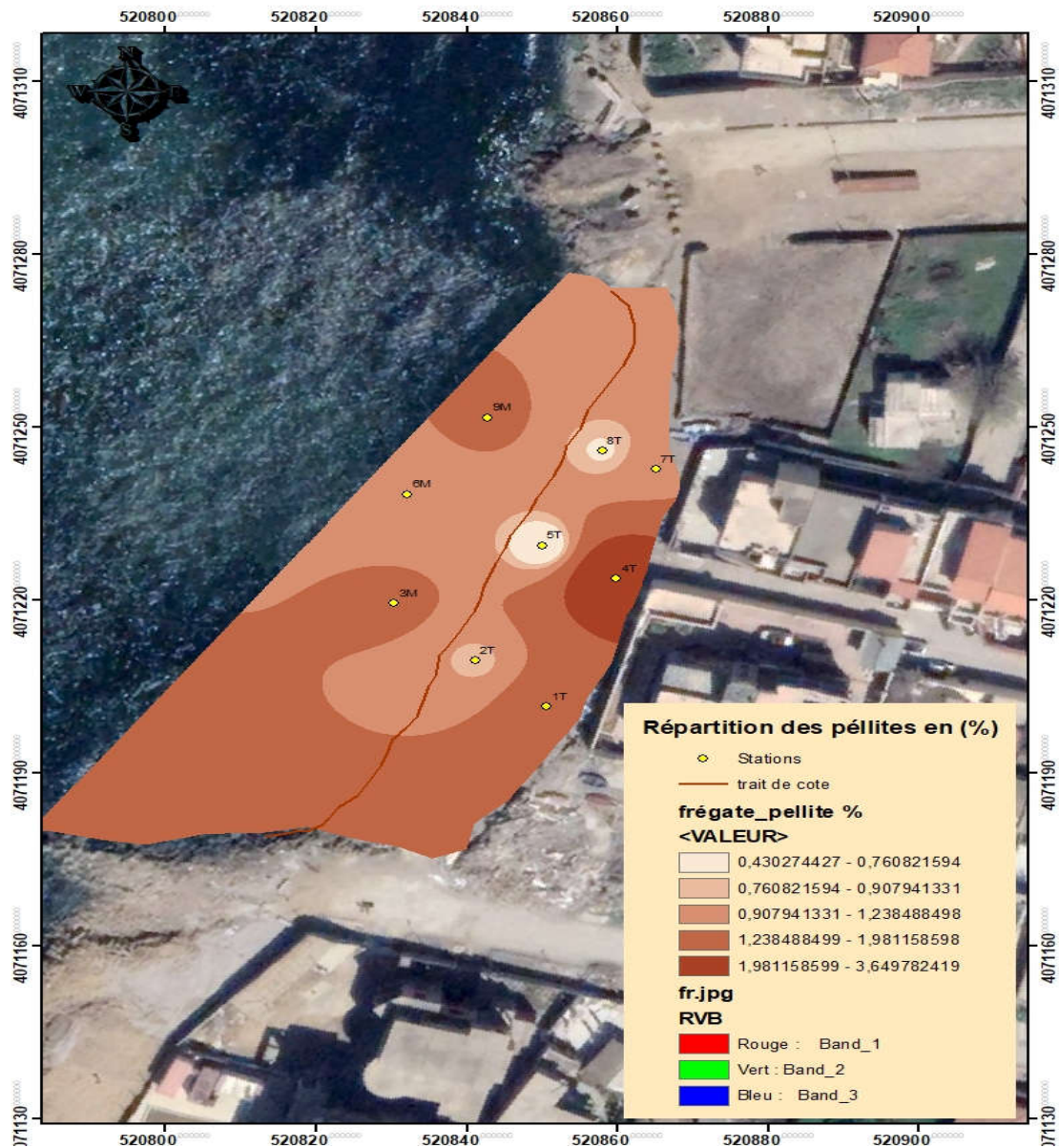


Figure III.8 : la carte de la répartition des pélites au niveau de la plage Frégate

Interprétation :

La distribution spatiale de pourcentage des pélites(**Figure III.8**) dans la partie terrestre au niveau de la plage “Frégate” montre une augmentation de 3.64 % dans la station 4T. En allant vers la mer à l’approche du trait de côte le pourcentage de cette fraction fine diminue jusqu’à 0.43%.

Concernant la partie marine une prédominance de la fraction fine dans la station marine 3M et 9M.

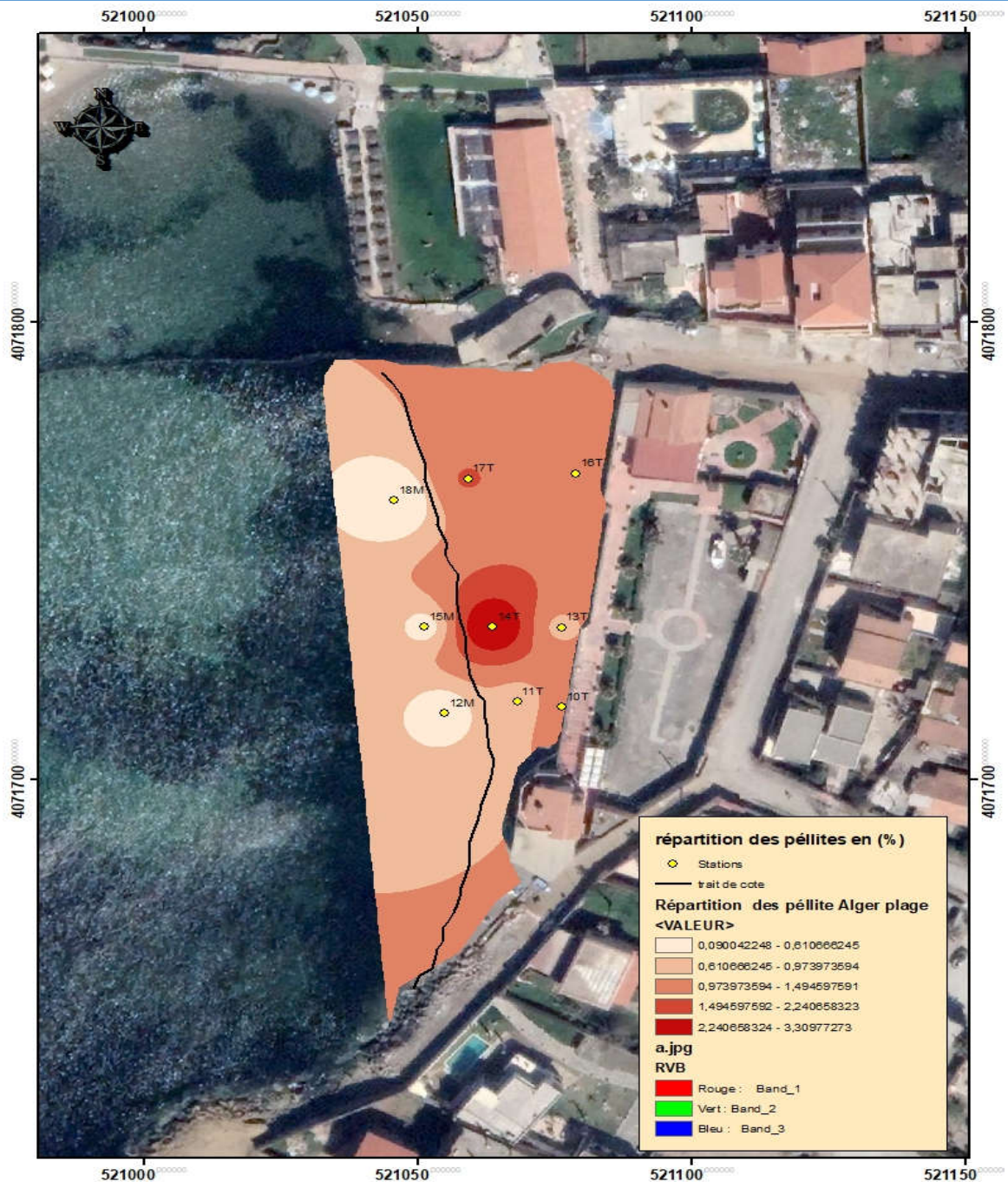


Figure III.9 :La carte de la répartition des pélites au niveau D' Alger plage

Interprétation :

Au niveau d'Alger plage la distribution de pourcentage des pélites(**Figure III.9**) dans la partie terrestre montre une concentration très remarquable de la partie pélitique de 3.30 % spécifiquement dans la station **14T**, cette concentration diminue jusqu'à 0.76% en allant vers l'Est et l'Ouest de la plage. Concernant la partie marine une prédominance de la fraction fine à l'Ouest de la plage.

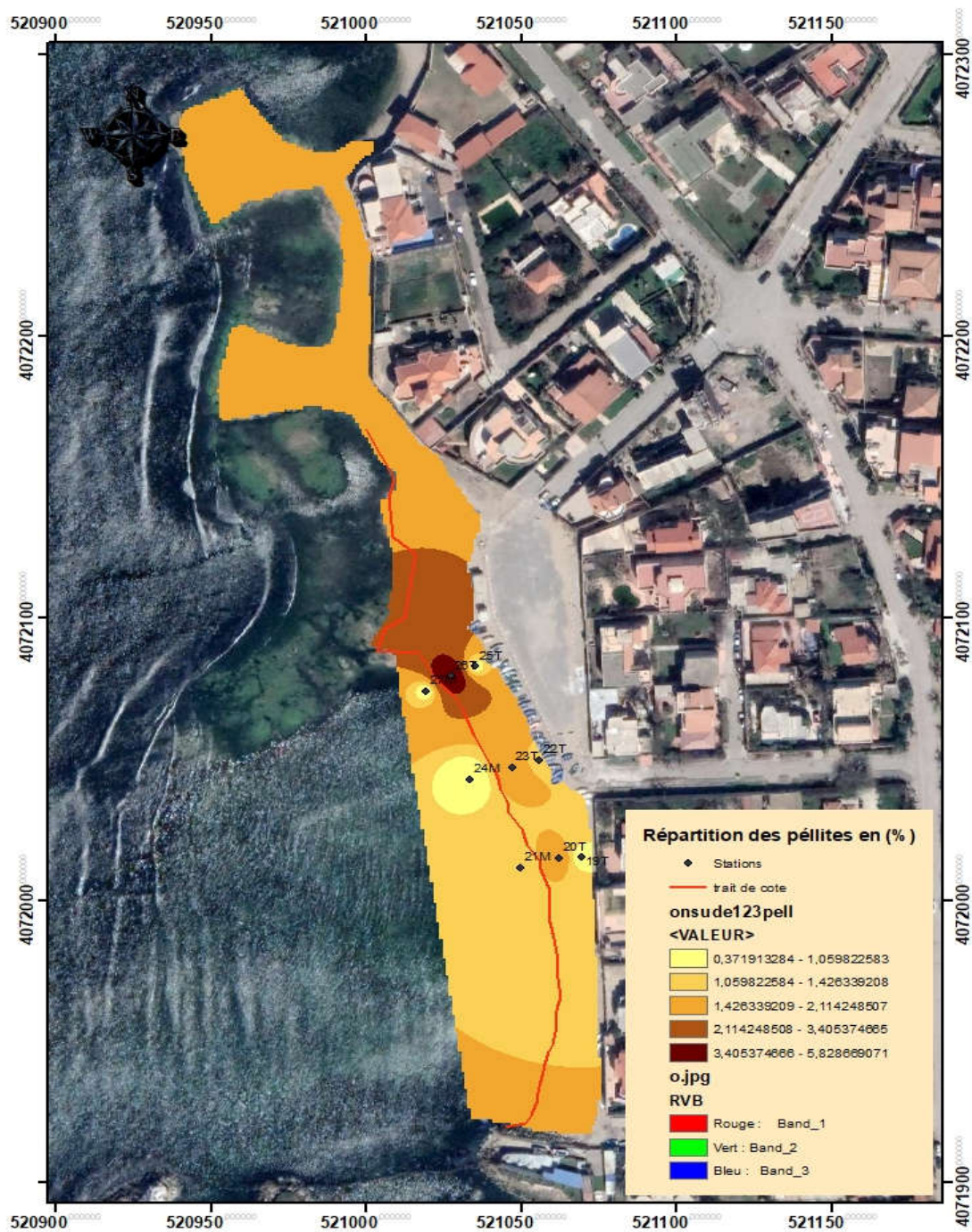


Figure III.10 : La carte de la répartition des pélites au niveau de la plage Ondine Sud

Interprétation :

La distribution spatiale des pélites dans la partie (Figure III.10) terrestre au niveau de la plage “Ondine Sud” présente une dominance de la fraction pélitique à l’Est de 2.3 % contrairement à l’Ouest représente un pourcentage moins élevé de l’ordre de 0.72%. Contrairement à la partie marine qui présente une prédominance de la fraction à l’Est de la plage.

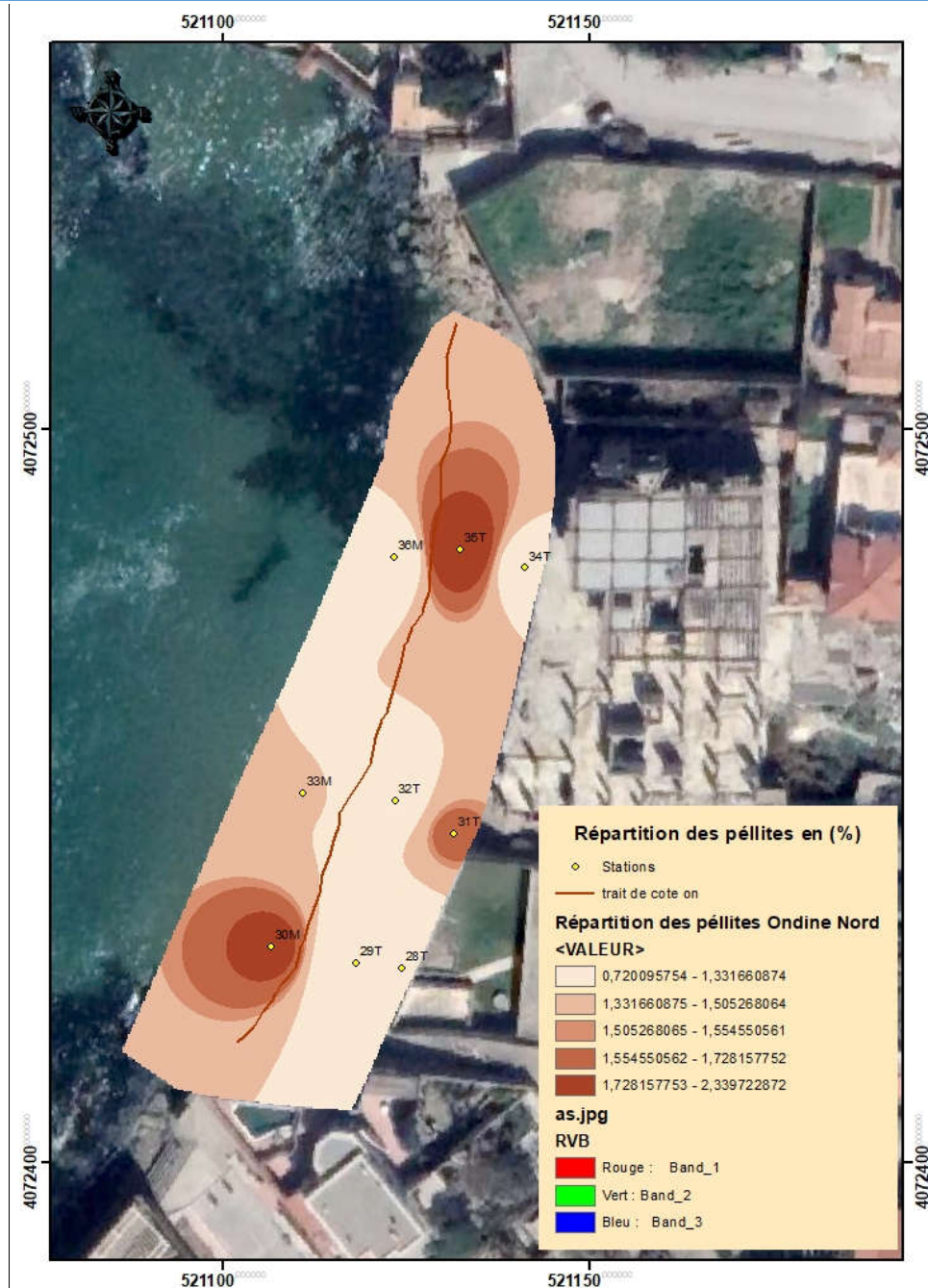


Figure III.11 : La carte de la répartition des pélites au niveau de la plage Ondine Nord

Interprétation :

La distribution spatiale des pélites dans la partie terrestre au niveau de la plage “Ondine Nord” présente une dominance de la fraction pélitique à l’Est de 2.33 %, contrairement à l’Ouest qui représente un pourcentage faible de l’ordre de 0.72%. La partie marine présente une prédominance de la fraction fine dans la station marine **30M**, et le pourcentage des pélites augmente en se déplaçant vers l’ouest de la plage.

III.5.2.2. La distribution spatiale de la fraction Grossière :

Chapitre III. Etude granulo-sédimentaire

L'étude de la fraction moyenne consiste à évaluer pour chaque échantillon le pourcentage de cette fraction supérieure à $40\mu\text{m}$ dans un poids considéré, ensuite une carte des diamètres des grains nous montre la répartition de cette fraction au sein de notre zone d'étude des plages de Bordj El-Bahri.

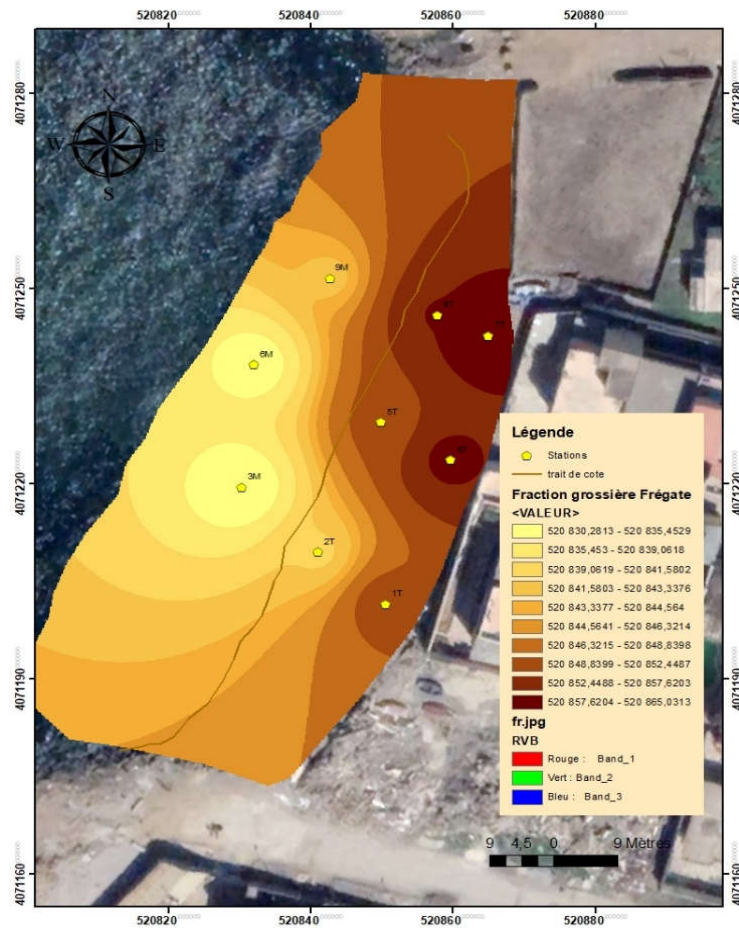


Figure III.12 : La carte de la répartition des grains moyens au niveau de la plage Frégate

Interprétation :

La distribution spatiale des grains moyens dans la partie terrestre représentés dans la (**Figure III.12**) a montré une gamme de sable de l'ordre (0.627mm-0.917mm).

Dans la partie centrale qui s'étend vers le rivage, une prédominance remarquable de sable moyen a fin le haut de plage de l'ordre de 0.402mm à 0.627mm. La teneur la plus élevée (0.917mm) est enregistrée au niveau de la station **5T**.

La distribution spatiale des grains moyens dans la partie marine représente une gamme de sable qui augmente de l'Est vers l'Ouest de l'ordre de (0.396mm-0.623mm), et (0.623mm-0.805mm), respectivement. Cela peut être dû au sens de transit sédimentaire dominant dans la zone d'étude qui transporte les particules charriées par l'oued El Hamiz.

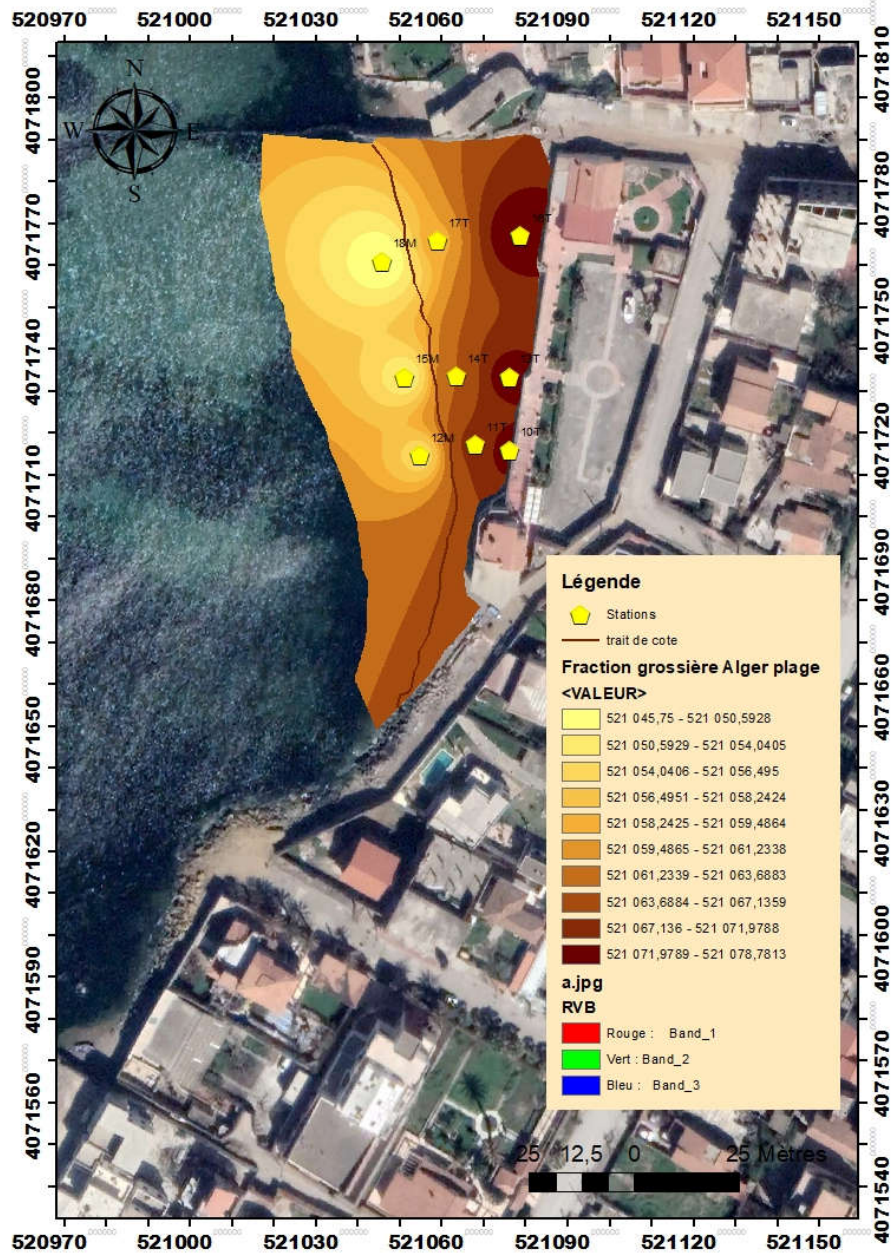


Figure III.13: La carte de la répartition des grains moyens au niveau d'Alger plage

Interprétation

La distribution spatiale des grains moyens dans la partie terrestre représentée dans la (**Figure III.13**) a montré que la teneur en fraction grossière augmente en avançant vers le trait de côte de la plage de la zone d'étude avec une prédominance d'une gamme de sable moyen de l'ordre de (0.370 mm – 0.842mm) au niveau de la partie centrale.

La distribution spatiale des grains moyens dans la partie marine montre une gamme de sable de l'ordre de (0.009mm-0.836mm) au niveau de la plage ; Cette fraction est très élevée surtout au niveau des stations **12M, 15M et 18M.**

Chapitre III. Etude granulo-sédimentaire

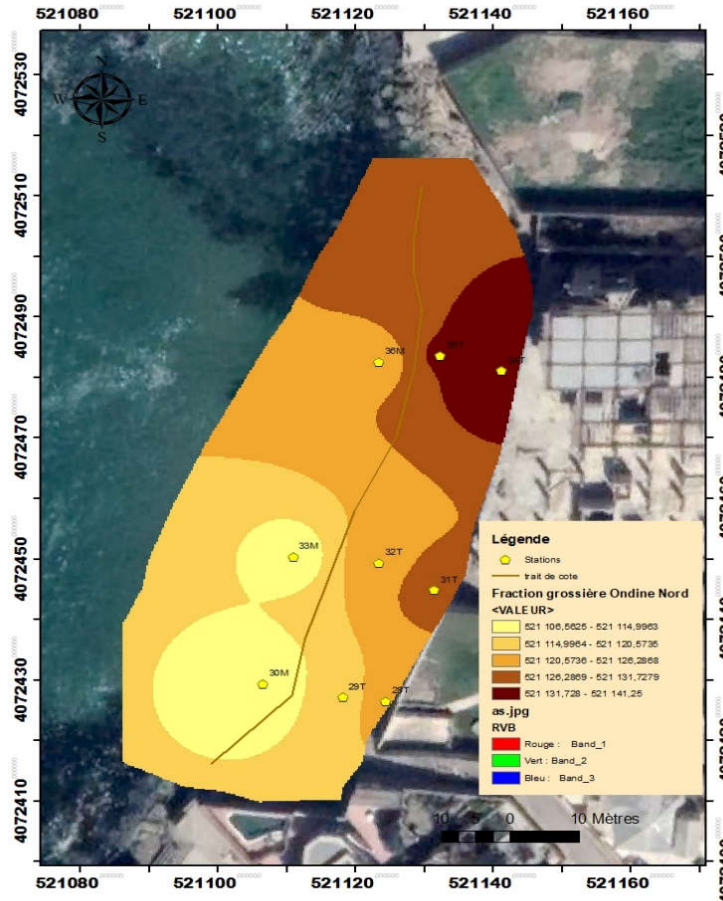


Figure III.15 : La carte de la répartition des grains moyens au niveau de la plage Ondine Nord

Interprétation :

La distribution spatiale des grains moyens dans la partie terrestre est représentée dans la (Figure III.15). Les résultats montrent que le haut de plage de la partie Ouest est caractérisé par une dominance de la fraction fine dont le diamètre varie entre (0.329mm et 0.497 mm) et qui augmente en allant vers l'Est de la plage.

Alors que dans la partie marine, il y a une prédominance d'une gamme de sable de l'ordre de (0.345 mm - 0.442 mm) au niveau de la partie Ouest de la plage. Ces valeurs augmentent en allant vers l'Est où on enregistre les valeurs (0.969mm - 1.615mm).

La teneur la plus élevée (1.615mm) est enregistrée au niveau de la station 36.

Conclusion :

D'un point de vue global des courbes cumulatives obtenues après une analyse granulométrique et à partir des résultats obtenus des indices MZ, So, Ski Par le logiciel MATLAB, on peut conclure ce chapitre par :

Chapitre III. Etude granulo-sédimentaire

- La plage Frégate représente une répartition de sable moyen qui converge vers les fins ($SK < 1$) avec un diamètre $D_{50} = 0.57\text{mm}$
- Alger plage représente une répartition de sable moyen qui converge vers les fins ($SK < 1$) avec un diamètre $D_{50} = 0.92\text{mm}$.
- La plage Ondine Sud représente une répartition de sable moyen qui converge vers les fins ($SK < 1$) avec un diamètre $D_{50} = 0.99\text{mm}$.
- La plage d'Ondine Nord représente une répartition de sable moyen qui converge vers les fins ($SK < 1$) avec un diamètre $D_{50} = 0.48\text{mm}$.
- 27 stations sur 36 ont un sable moyen représenté majoritairement au niveau de la plage Frégate, Alger plage et de la plage Ondine Nord. Alors que 08 stations sur 36 ont un sable fin représenté globalement au niveau de la plage Ondine Sud.
- La distribution spatiale des grains moyens montre majoritairement une concentration élevée de la fraction grossière à l'Est au niveau des trois plages (Alger plage, Ondine Sud et Ondine Nord), contrairement à la plage Frégate, la fraction grossière se localise à l'Ouest.
- La distribution spatiale de la fraction pélitique est localisée dans la partie centrale et Ouest des deux plages : La frégate et Alger plage, d'autre part cette fraction se trouve globalement à l'Est des deux plages : les Ondines Sud et Nord.

Chapitre IV

Etude d'évolution bathymétrique hydrodynamique

Introduction :

Les estimations du transport sédimentaire doivent reposer sur des études analytiques prenant en compte le régime des houles et des courants dans le secteur d'étude à long terme et comme étant une donnée de base pour cette étude hydro sédimentaire, une carte bathymétrique demeure indispensable (**Benallou I., 2020**). L'objectif principal de ce chapitre est de reconstituer le climat hydro-sédimentaire qui domine la zone d'étude dans une échelle de temps précise, en appliquant un modèle numérique calibré par les données acquises au niveau des stations de mesure. Cette étude s'articule autour de trois parties complémentaires :

- En premier lieu les données nécessaires pour la simulation ont été récoltées, en plus d'une étude bathymétrique, qui est une étape basique pour parvenir à une modélisation du fonctionnement hydro-sédimentaire.
- En deuxième lieu une détermination des modules intégrés dans un système de modélisation Mike21 (SW, HD) a été faite, en fonction de nos besoins dans l'objectif d'avoir un aperçu hydro-sédimentaire de la zone.
- Au finale on présente et interprète les résultats issus de la simulation sous le Mike21.

IV.1 Méthodologie :

Aperçu sur les logiciels utilisés :

➤ **Logiciel Arc Gis10.4.1 :**

Arc GIS est un système complet qui permet de collecter, organiser, gérer, analyser, communiquer et diffuser des informations géographiques. Arc GIS permet la publication des informations géographiques afin qu'elles puissent être accessibles et utilisables par quiconque.

Arc Map est la principale application d'Arc GIS, elle représente les informations géographiques sous forme d'un ensemble de couches et les autres éléments sous forme d'une vue de carte. Elle permet d'effectuer un large éventail de tâches SIG courantes, ainsi que des tâches spécialisées spécifiques à l'utilisateur. Il y a deux vues cartographiques principales dans ArcMap : le mode Données et le mode Mise en page (ESRI, 2010).

➤ **Modèle de simulation MIKE 21 :**

MIKE 21 est une suite logicielle professionnelle de modélisation numérique 2D des écoulements à surface libre, développée par DHI Water & Environnement. Il permet la simulation de l'hydraulique et des phénomènes associés dans les rivières, les lacs, les baies, les zones côtières et les océans (DHI, 2014).

La modélisation de la dynamique sédimentaire en milieu côtier, doit tenir compte des courants induits par la marée et les houles. Il s'ensuit que l'approche modélisatrice doit faire appel à un système de modélisation intégré comprenant 3 modèles numériques : un modèle hydrodynamique, un modèle de houle et un modèle de transport sédimentaire de particules non-cohésifs, sous l'effet de l'action combinée des vagues et des courants. Dans ce contexte, le module MIKE21, comprend les calculs suivants (DHI, 2014) :

- MIKE 21-SW (Spectral Waves Flexible Mesh) ;
- MIKE 21-HD (Hydrodynamic model)

a. Modèle numérique spectral Waves (MIKE 21-SW) :

Modèle spectral de vague de 3ème génération similaire au SWAN, avec certaines améliorations. Il simule : la croissance des vagues en présence du vent, l'interaction vague non-linéaire, la dissipation par le déferlement et par la friction sur le fond, la réfraction par les changements de profondeur et l'interaction vague-courant. Les calculs du modèle MIKE21-SW utilisent une grille à maillage flexible (DHI, 2014).

L'équation de base : l'équation de base de ce modèle est l'équation de conservation de l'action de vague (Komen et al, 1996).

L'équation de conservation pour l'action des vagues peut être écrite comme :

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \nabla \cdot (v \vec{N}) = S/\sigma \quad (1)$$

Avec :

- $N(x, \sigma, \theta)$: densité d'action
- σ : densité d'action
- t : le temps ;
- $x = (x, y)$ les coordonnées cartésiennes ;
- $v = (cx, cy, c\sigma, c\theta)$ Est la vitesse de propagation d'un groupe de vagues dans l'espace de phase à quatre dimensions ;
- S est le terme source pour l'équation de l'équilibre énergétique ;

Phase à quatre dimensions, et S est le terme source pour l'équation de l'équilibre énergétique.

∇ Est l'opérateur différentiel à quatre dimensions dans l'espace (x, y, σ, θ) . Les quatre vitesses de propagation caractéristiques sont données par :

$$(cx, cy) = dx/dt = \vec{C}_g + \vec{U} \quad (2)$$

$$c\sigma = \frac{\partial d}{\partial t} = \frac{\partial \sigma}{\partial d} \left[\frac{\partial d}{\partial t} + U \cdot \nabla x d \right] - cgk \cdot \frac{\partial \vec{u}}{\partial s} \quad (3)$$

Ici, S est la coordonnée de l'espace dans la direction de l'onde θ , et m est une coordonnée perpendiculaire à S . ∇_x est l'opérateur différentiel bidimensionnel dans l'espace x, y . (DHI, 2014)

b. Modèle numérique hydrodynamique (MIK 21-HD) :

Le modèle traite le frottement sur le fond, l'effet des événements météorologiques (vents et pression atmosphérique), et la force de Coriolis, etc.... Il nous permet de simuler les courants côtiers dû à l'action de la houle dans la zone de déferlement. Il fournit aussi les conditions hydrodynamiques aux autres modules de ce système tel que le module MIKE 21-ST.

Les équations suivantes, la conservation de la masse et la dynamique intégrée à la verticale, décrivent les variations du débit et de l'eau :

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = \frac{\partial d}{\partial t}$$

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{gp \sqrt{p^2 + q^2}}{C^2 \cdot h^2} - \frac{1}{\rho w} \left[\frac{\partial}{\partial x} (h\tau_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (h\tau_{xy}) \right] - \Omega q - fVVx + \frac{h}{\rho w} \frac{\partial}{\partial x} (P_\alpha) = 0$$

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{q^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{gp \sqrt{p^2 + q^2}}{C^2 \cdot h^2} - \frac{1}{\rho w} \left[\frac{\partial}{\partial y} (h\tau_{yy}) + \frac{\partial}{\partial x} (h\tau_{xy}) \right] + \Omega q - fVVy + \frac{h}{\rho w} \frac{\partial}{\partial y} (P_\alpha) = 0$$

Les symboles suivants sont utilisés dans ces équations (DHI, 2014):

$h(x, y, t)$: Profondeur de l'eau (m).

d : Variation temporelle de la profondeur de l'eau (m).

$\zeta(x, y, t)$: L'élévation de surface (m).

p : Densités de flux dans les directions x ($m^3/s/m$).

q : Densités de flux dans les directions y ($m^3/s/m$).

$C(x, y)$: Coefficient de Chezy ($m^{1/2}/s$).

g : L'accélération de la pesanteur (m/s^2).

$f(V)$: Facteur de frottement de vent.

$V, VY(x, y, t)$: Vitesse et composantes du vent dans les directions x et y (m/s).

$\Omega(x, y)$: Paramètre de Coriolis (s^{-1}).

(x, y, t) : Pression atmosphérique (N).

ρw : Masse volumique de l'eau (kg/m^3).

t : temps (s)

x, y : coordonnées spatiales (m)

$\tau_{xx, y, \tau_{yy}}$: Composantes de l'effort de cisaillement effectif.

IV.1.2 Création de la Mesh :

Le module "MeshGenerator" nous offre un environnement pour la création, l'édition et la présentation de bathymétries numériques 2D détaillées. "MeshGenerator" génère un format souple de maillage (MESH).

Le programme nous fournit les utilitaires pour importer des données du trait de côte, notamment les bathymétries. Pour faciliter le processus d'élaboration manuelle des données et leur présentation, des cartes graphiques des images de fond peuvent être importées et superposées aux données bathymétriques.

Diverses options d'interpolation sont disponibles pour fournir la meilleure méthode possible pour notre

type de données. Lorsque la bathymétrie a été préparée, nous pouvons utiliser les utilitaires d'exportation de données bathymétriques de sortie dans différents formats. La création d'une bathymétrie est généralement divisée en les phases suivantes : le choix du système de projection, le traitement des données bathymétriques XYZ, la génération du maillage et l'interpolation des valeurs bathymétriques sur le maillage (Figure IV.1). L'emprise et le maillage du modèle sont illustrés dans la Figure Le maillage est composé d'éléments triangulaires dont la taille a été ajustée suivant les évolutions bathymétriques et la précision souhaitée.

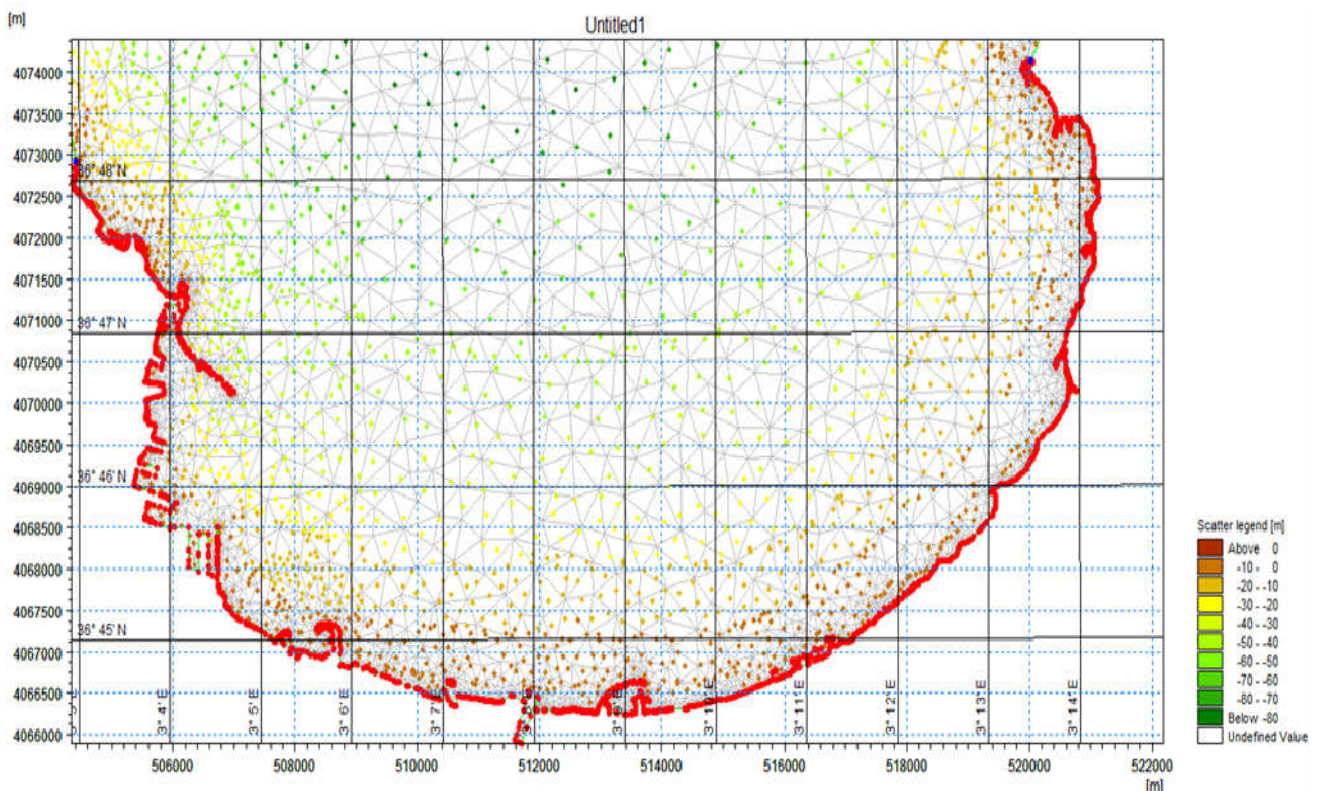


Figure IV.1 : Maillage du domaine de travail de la Baie D'Alger

IV.1.1 Acquisition des données bathymétriques

La bathymétrie est une mesure de profondeur des reliefs sous-marins qui permet de cartographier le fond est mieux comprendre son influence sur la génération de houle en surface.

Les données de la bathymétrie utilisées dans ce travail sont obtenues à partir de la digitalisation de la carte bathymétriques de la Baie d'Alger à partir de la base de données Navionics.com et les mesures in situ des profondeurs dans chaque station de la partie marine à l'aide du logiciel Arc Gis des levés bathymétriques représenter dans les figures ci-dessous (Figure IV.2 et Figure IV.3).

Chapitre IV. Etude d'évolution bathymétrique et hydrodynamique

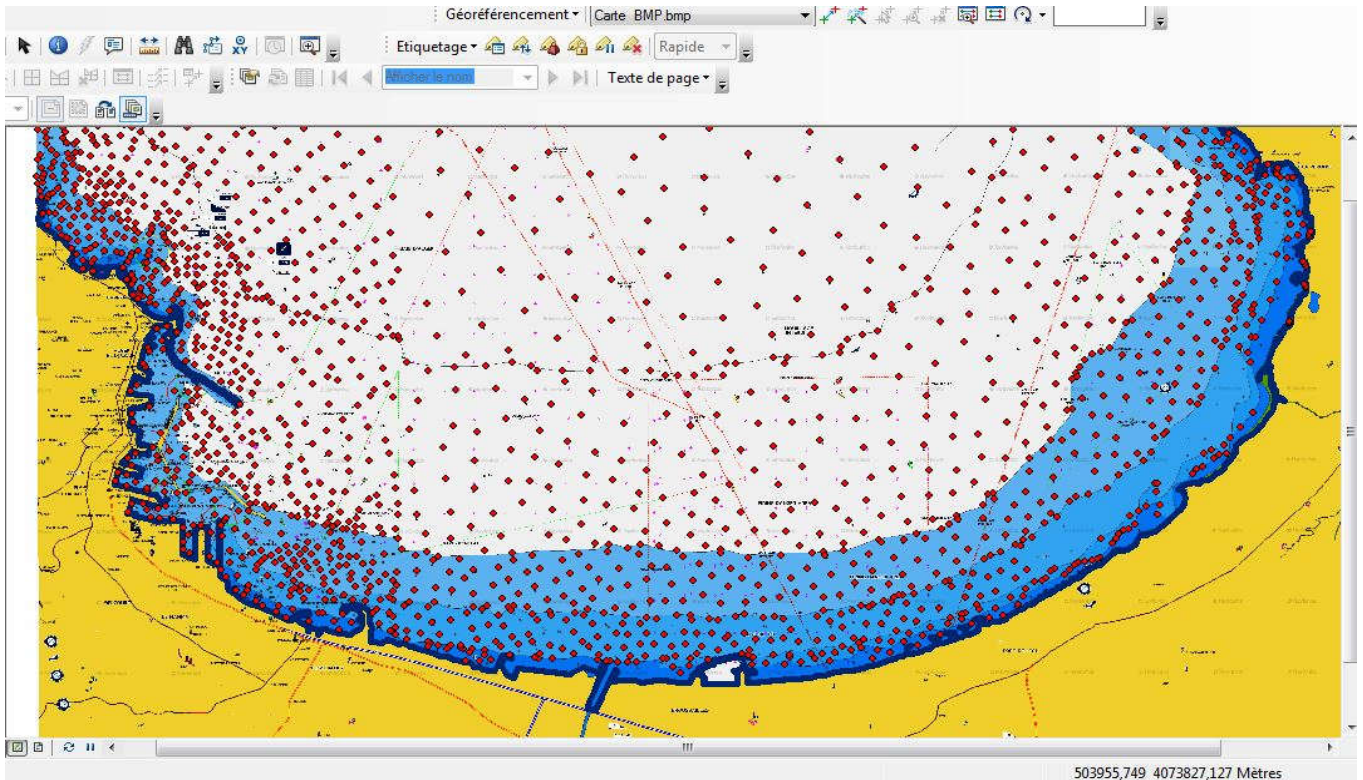


Figure IV.2 : Carte bathymétrique sur le logiciel Arc Gis

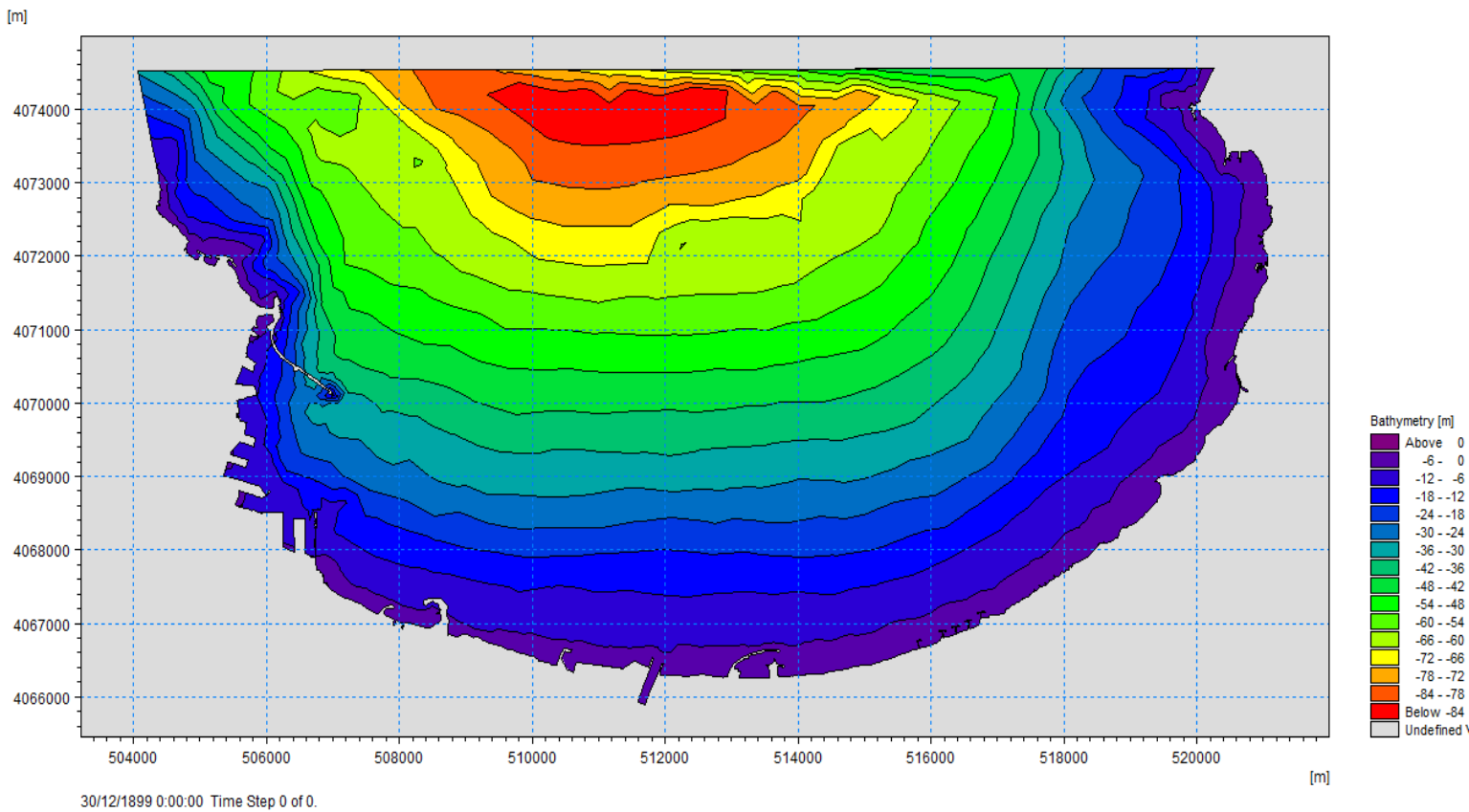


Figure IV.3 : Carte bathymétriques de la Baie d'Alger

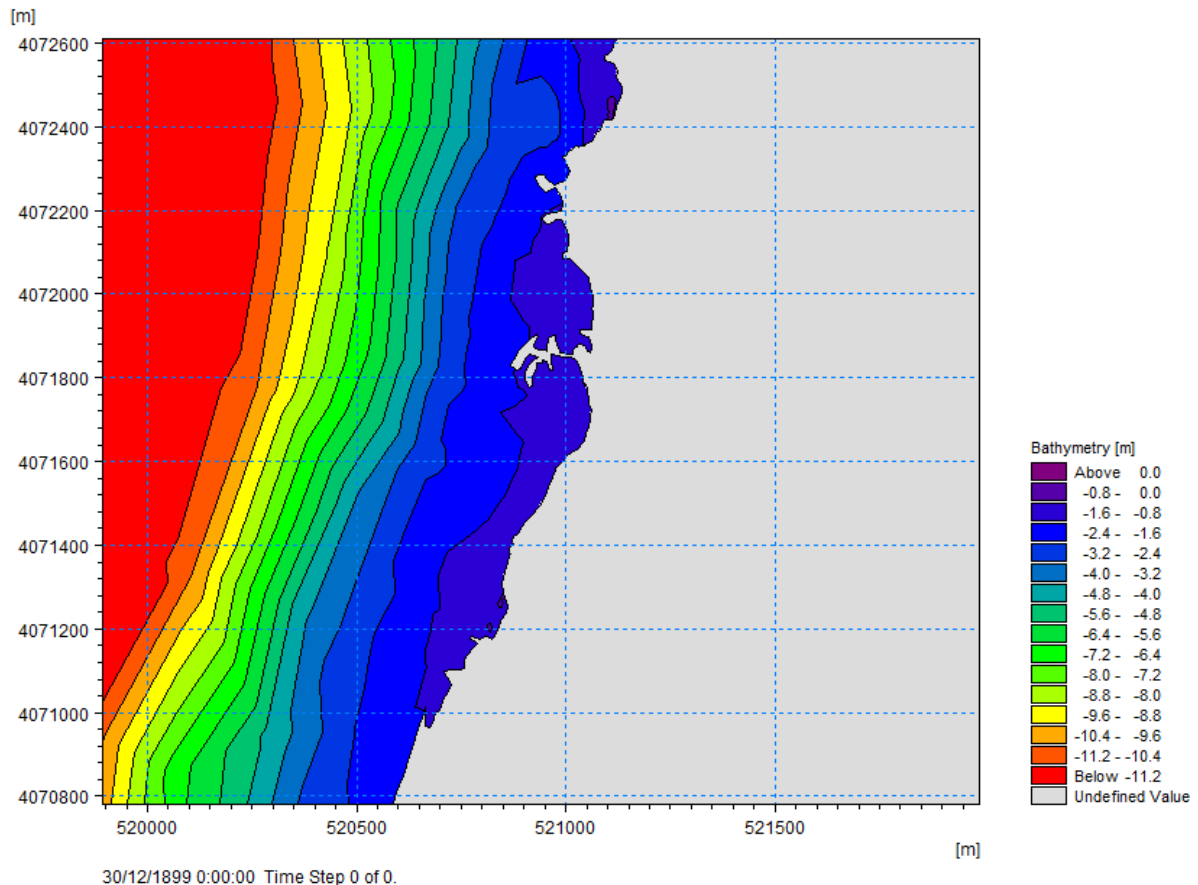


Figure IV.4 : Carte bathymétrique de la zone d'étude.

La carte bathymétrique présente différentes lignes de niveau depuis l'isobathe -84m jusqu'au trait de côte (Figure IV.4).

La houle se propage depuis le large jusqu'à la courbe bathymétrique -6m environ dans la Baie d'Alger et à la courbe bathymétrique -4m de profondeur au voisinage de notre zone côtière Bordj El-Bahri à partir du modèle numérique de Mike 21 (HD)

IV.1.3. Configuration du fichier de simulation « coupled model (FM) » :

La simulation a été lancée avec une direction Nord-Est 45° , une période de 7s et $H_s = 1.16m$.

Avant de lancer la simulation, un certain nombre de paramétrages sont requis afin de bien calibrer le modèle :

- Le choix de l'extension : « Coupled Model FM.mfm »
- Les conditions aux limites.
- Le réglage de la durée de la simulation : 01/07/2021 à 00 :00 h
- La sélection de deux modèles : HD et SW

Chapitre IV. Etude d'évolution bathymétrique et hydrodynamique

Le tableau ci-dessous présente les données d'entrées : la vitesse du vent (U_{10}), La hauteur de la houle au large (H) dans la période estivale (juillet), la période (T), la surface d'élévation et l'indice du déferlement (γ).

Tableau IV.1 : les données d'entrées introduites au modèle
« MIKE 21/3 Coupled Model FM »

| Time Steps | Le temps (s) | H(m) | U10 (m/s) | La direction (°) | La surface d'élévation (m) | γ | Tp (s) |
|------------|--------------|------|-----------|------------------|----------------------------|----------|--------|
| 6 | 600 | 1,16 | 5,23 | 45 | 0,34 | 0,8 | 7 |

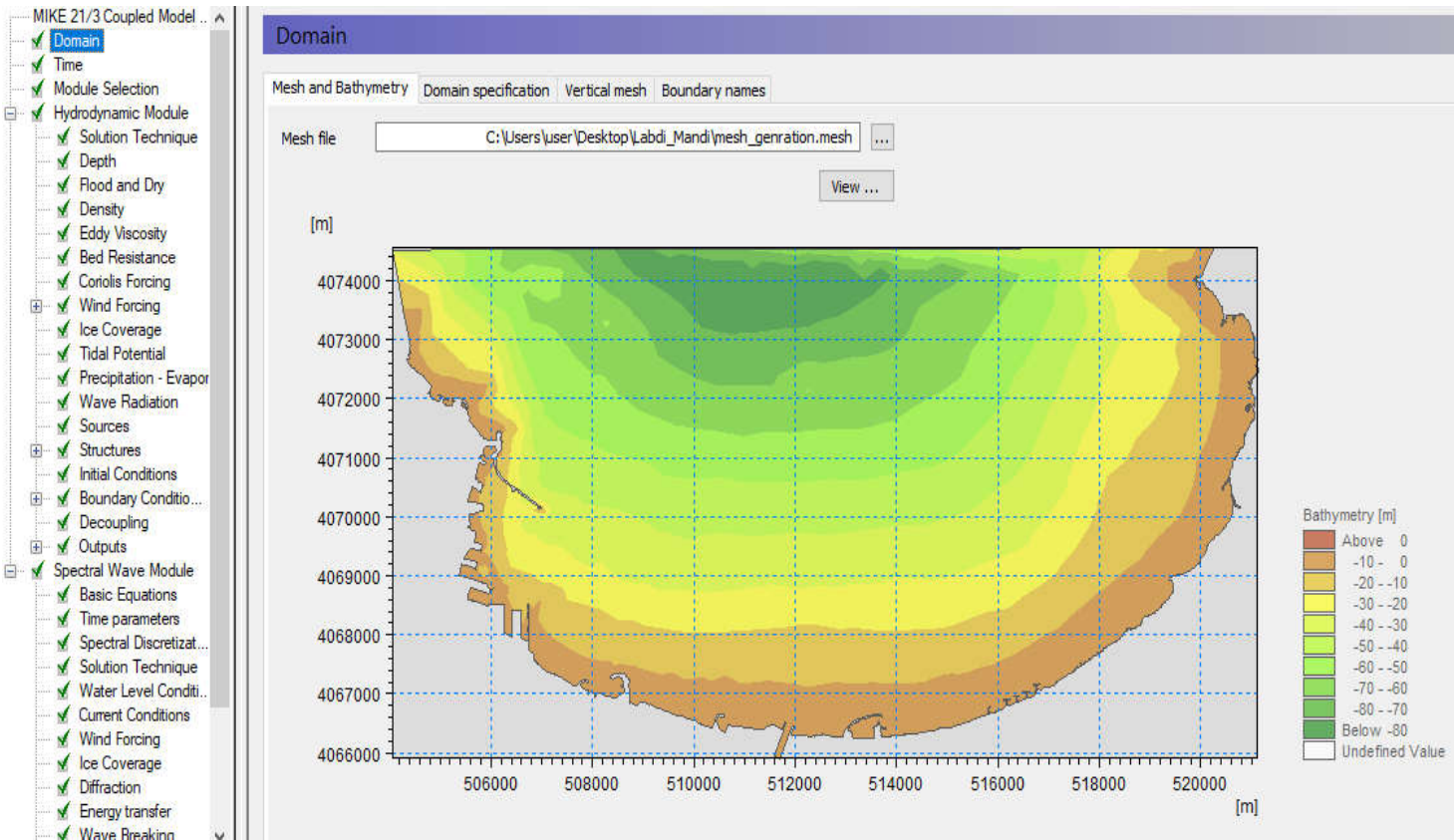


Figure IV.5 : Paramètres du modèle « MIKE 21/3 Coupled Model FM ».

IV.2. Résultats et discussion :

IV.2.1 La modélisation de la réfraction de la houle par le modèle SW :

❖ La zone d'étude :

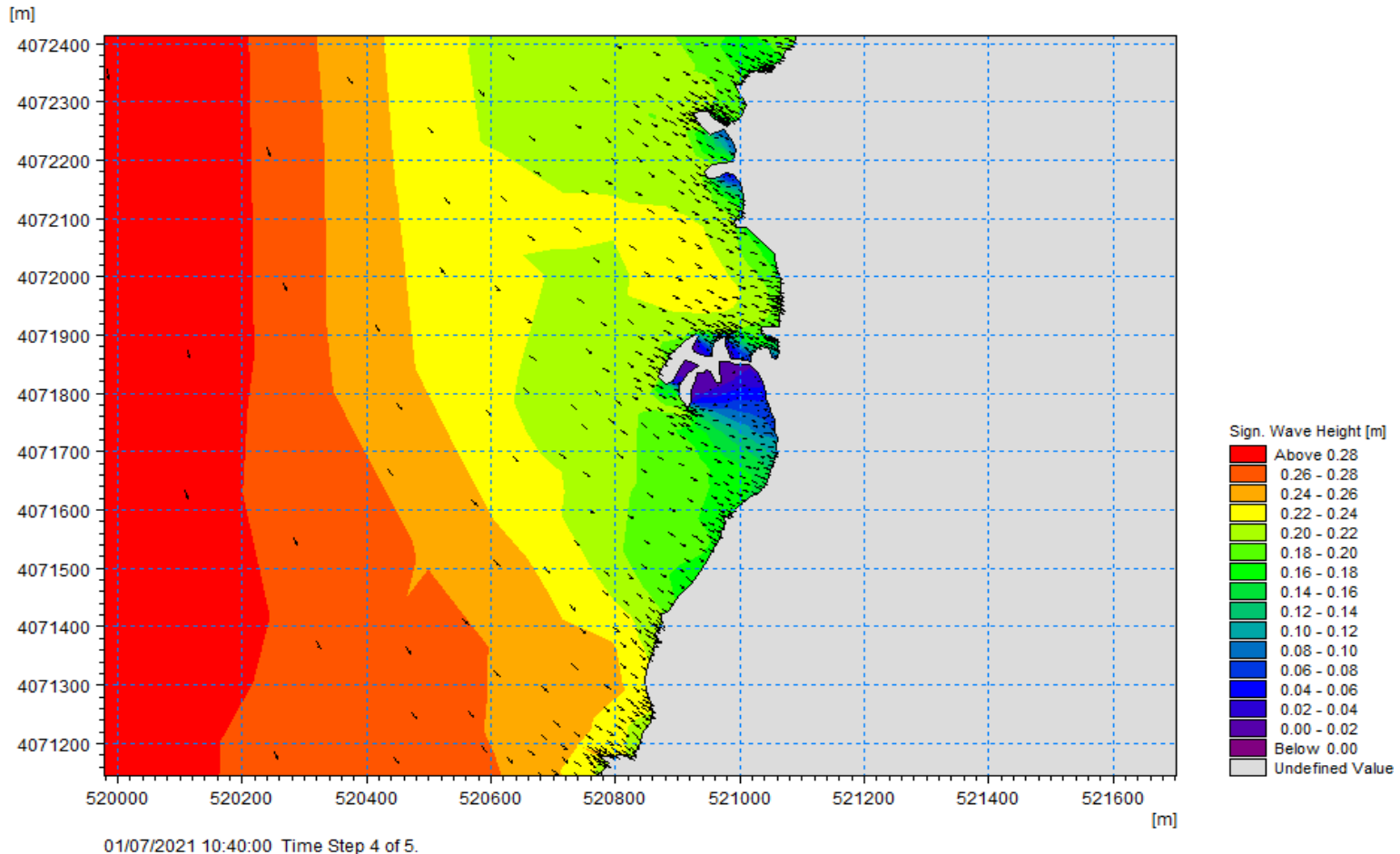


Figure IV.6 : La distribution spatiale de la hauteur significative H_s de la zone d'étude Bordj El-Bahri.

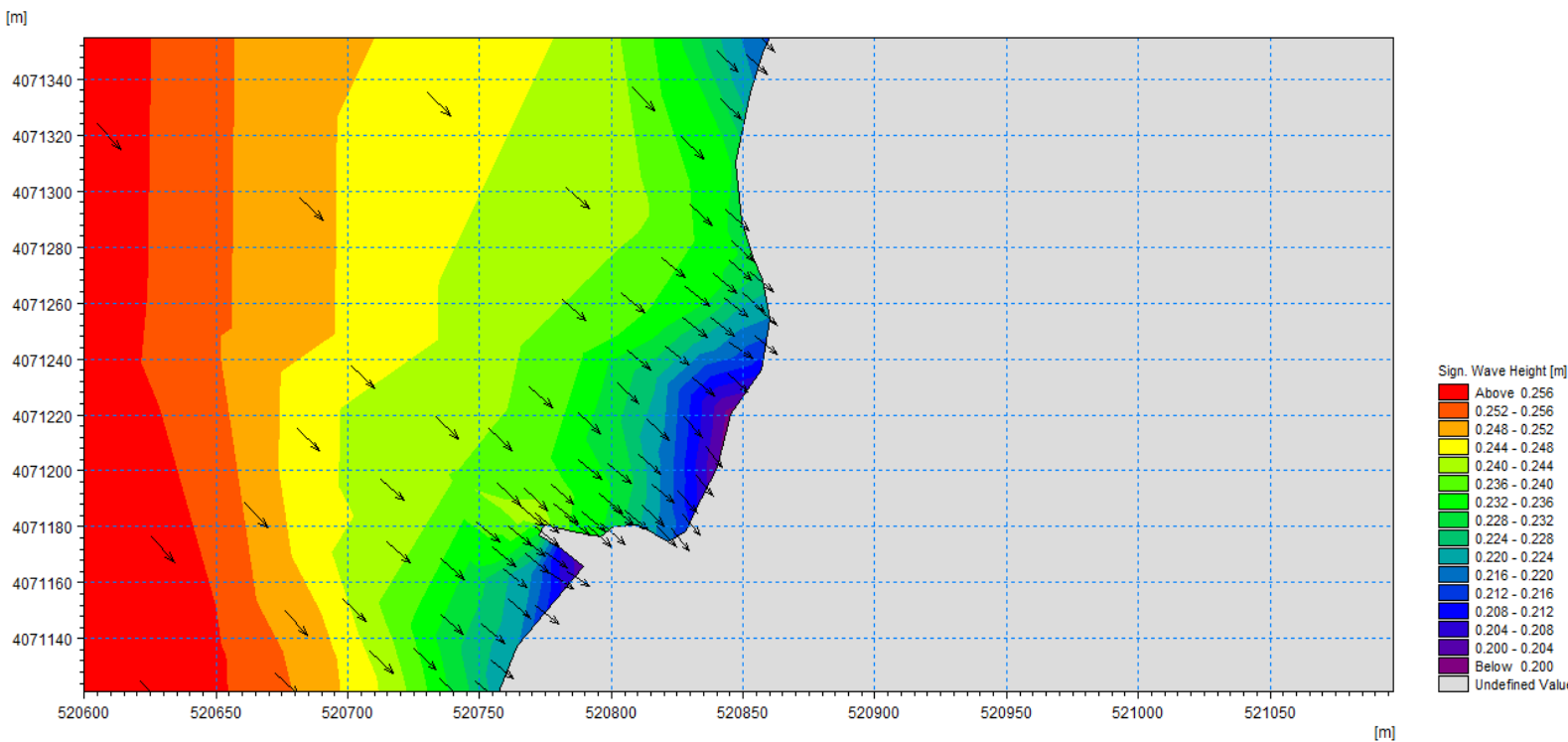
Commentaire :

La **Figure IV.6** représente les résultats de la simulation numérique de la propagation de la houle pour la direction 45° Nord-Est et cela pour une période de 7s. la longueur des flèches représente l'intensité de la houle.

L'analyse indique que les hauteurs significatives varient entre 0,05 à 0.75m pour une période de 7s.

La houle atteint la cote avec une légère déformation et conserve partiellement son énergie jusqu'à son arrivé au voisinage de la zone d'étude. On observe un pivotement de direction qui peut être due à la morphologie de la côte. Les orthogonales commencent à se réorienter de l'Ouest vers l'Est dans le domaine de la zone d'étude.

❖ La plage Frégate :



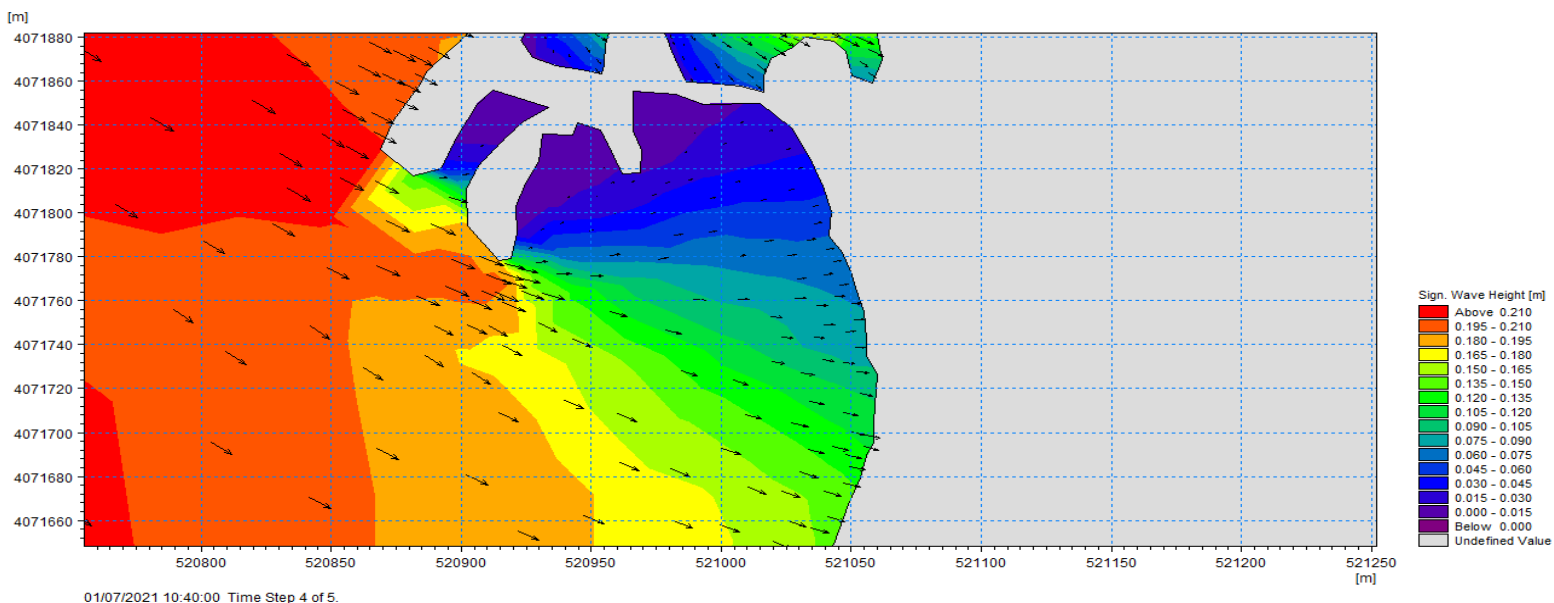
01/07/2021 10:40:00 Time Step 4 of 5. **Figure IV.7 :** Distribution spatiale de la hauteur significative H_s de la plage Frégate.

Commentaire

La **Figure IV.7** représente la propagation de la houle pour une direction Nord-Est 45° qui connaît des hauteurs significatives variant globalement entre 0.152m et 0.264m pour une période $T=7s$.

On observe un pivotement de direction d'un angle presque (90°) au sens inverse des aiguilles d'une montre entre l'angle d'incidence et l'angle à la cote (315°), la propagation de la houle diminue avec la profondeur qui peut être due au frottement avec le fond marin. La propagation se fait jusqu'une profondeur de déferlement (1.52m) à une hauteur de (0.249m).

❖ Alger Plage



01/07/2021 10:40:00 Time Step 4 of 5.

Figure IV.8 : Distribution spatiale de la hauteur significative H_s D'Alger plage.

Commentaire

La **Figure IV.8** représente la propagation de la houle pour une direction Nord-Est 45° qui connaît des hauteurs significatives variant globalement entre 0.015m et 0.225m pour une période $T=7s$.

On observe un pivotement de direction d'un angle presque (90°) au sens inverse des aiguilles d'une montre entre l'angle d'incidence et l'angle à la cote (280°). La houle se propage avec une énergie qui diminue graduellement avec la diminution de la profondeur qui peut être due au frottement avec le fond marin. La propagation se fait jusqu'à une profondeur de réfraction (0.86m) à une hauteur de vague au point de déferlement (0.091m).

❖ La plage Ondine Sud

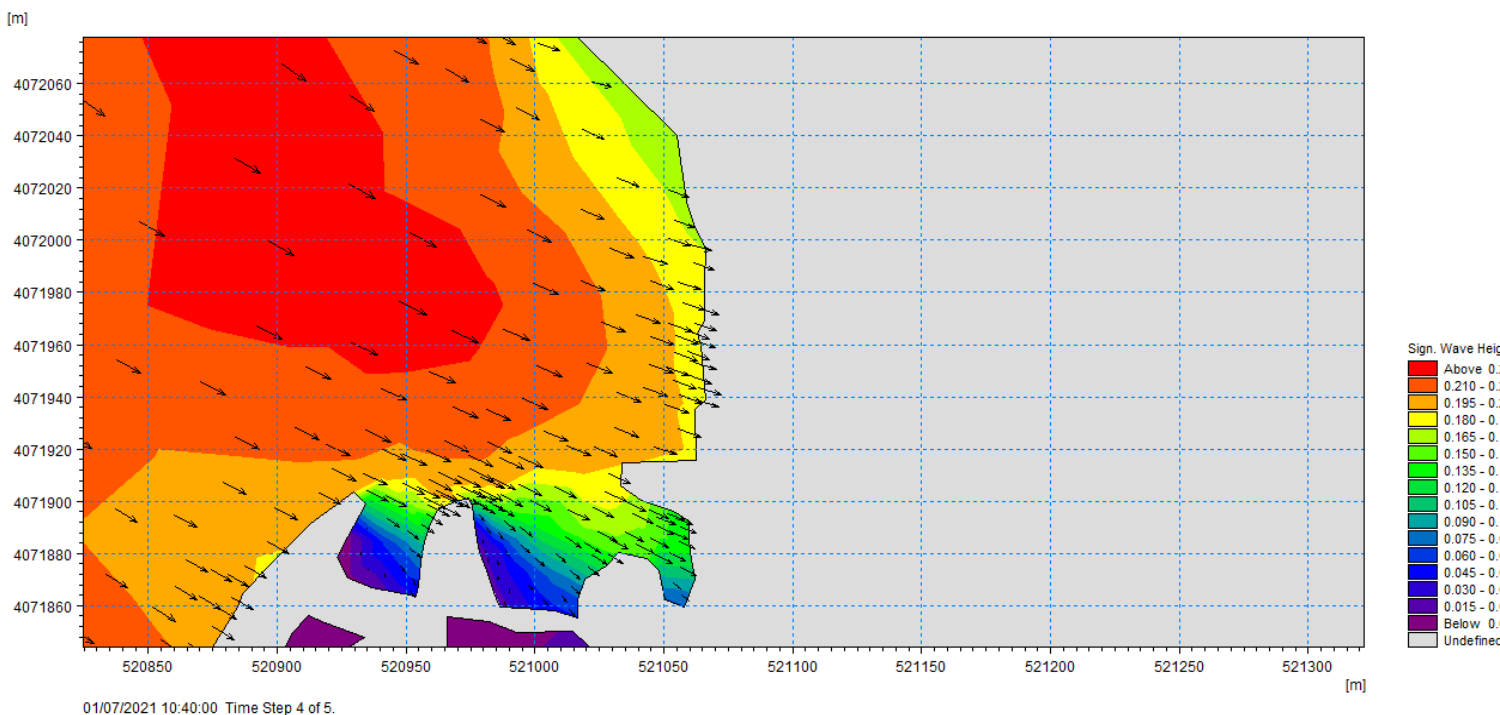


Figure IV.9 : Distribution spatiale de la hauteur significative H_s de la plage Ondine Sud.

Commentaire

Figure IV.9 représente la propagation de la houle pour une direction Nord-Est 45° qui connaît des hauteurs significatives variant globalement entre 0.04m et 0.24m pour une période $T=7s$.

On observe un pivotement de direction d'un angle presque (90°) au sens inverse des aiguilles d'une montre entre l'angle d'incidence et l'angle à la cote (285°). La houle se propage avec une énergie qui diminue graduellement avec la diminution de la profondeur qui peut être due au frottement avec le fond marin. La propagation se fait d'une façon jusqu'à une profondeur de (1.01m) à une hauteur de vague au point de déferlement de (0.219m).

❖ La plage Ondine Nord

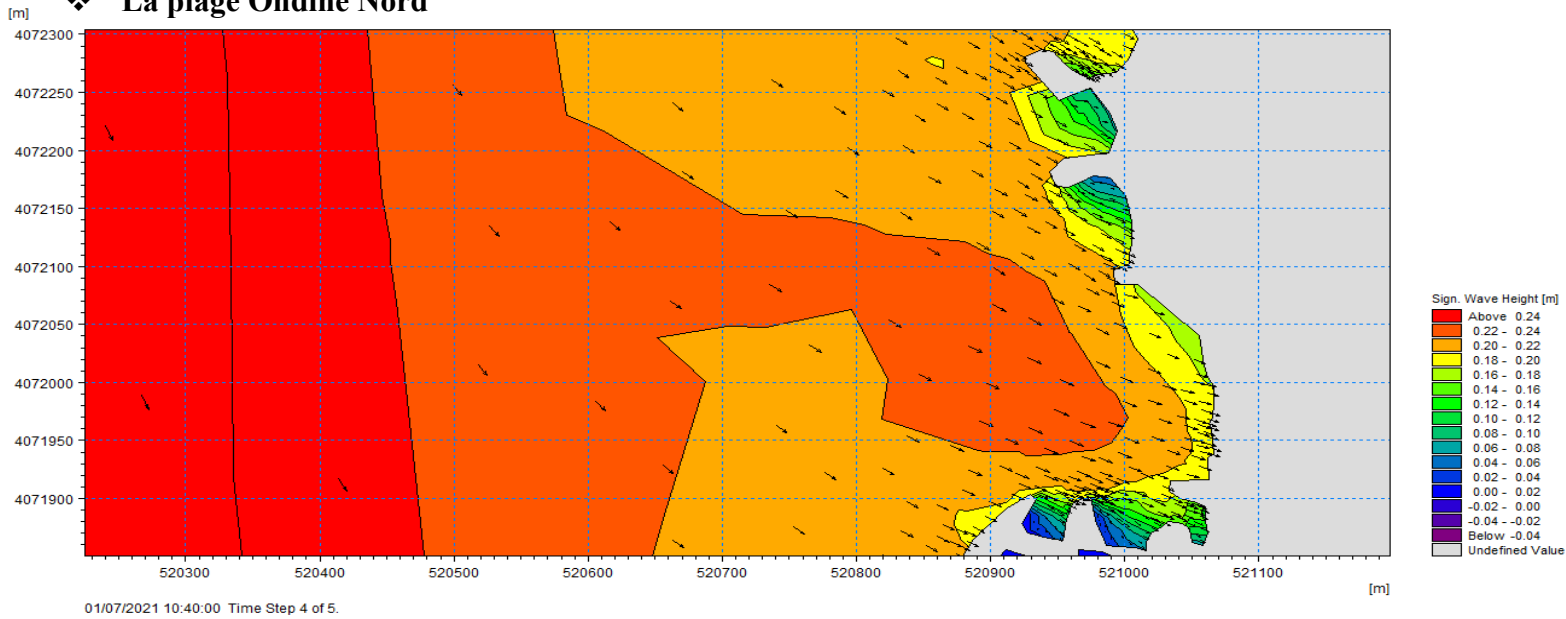


Figure IV.10 : Distribution spatiale de la hauteur significative H_s de la plage Ondine Nord.

Commentaire

Figure IV.10 représente la réfraction de la houle pour une direction Nord-Est 45° qui connaît des hauteurs significatives varient globalement entre 0.148 et 0.204m pour une période $T=7s$.

On observe un pivotement de direction d'un angle presque (90°) au sens inverse des aiguilles d'une montre entre l'angle d'incidence et l'angle à la cote (283°). La houle se propage avec une énergie qui diminue graduellement avec la diminution de la profondeur qui peut être due au frottement avec le fond marin. La propagation se fait d'une façon jusqu'une profondeur de déferlement de (0.96m) à une hauteur de vague au point de déferlement de (0.192m).

IV.3.1 La modélisation des champs de courants générés par la houle par le modèle

HD :

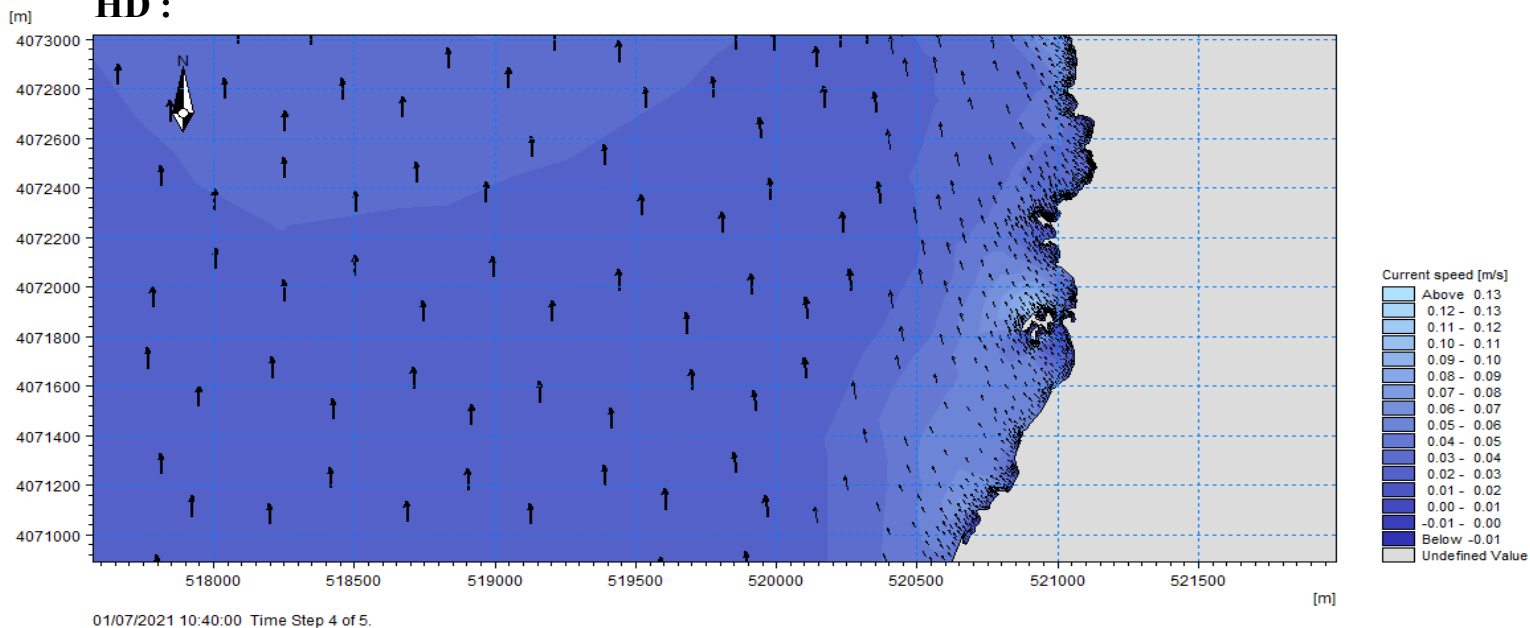


Figure IV.11 : Carte de la direction et la vitesse des courants de la zone d'étude Bordj-El-Bahri.

Commentaire

La Figure IV.11 représente la direction et la vitesse des courants marins au niveau de Bordj El-Bahri, La direction des flèches représente la direction des courants générés et la longueur des flèches représente leurs intensités. D'après cette figure, on observe des courants de dérive Sud-Ouest vers le Nord-Est. Le champ des courants montre des activités hydrodynamiques faibles presque dans toute la zone, la vitesse des courants maximale est enregistrée au niveau de la partie centrale de la zone d'étude (plage Ondine Sud et plage Frégate) de l'ordre de 0.18m/s.

❖ La plage Frégate

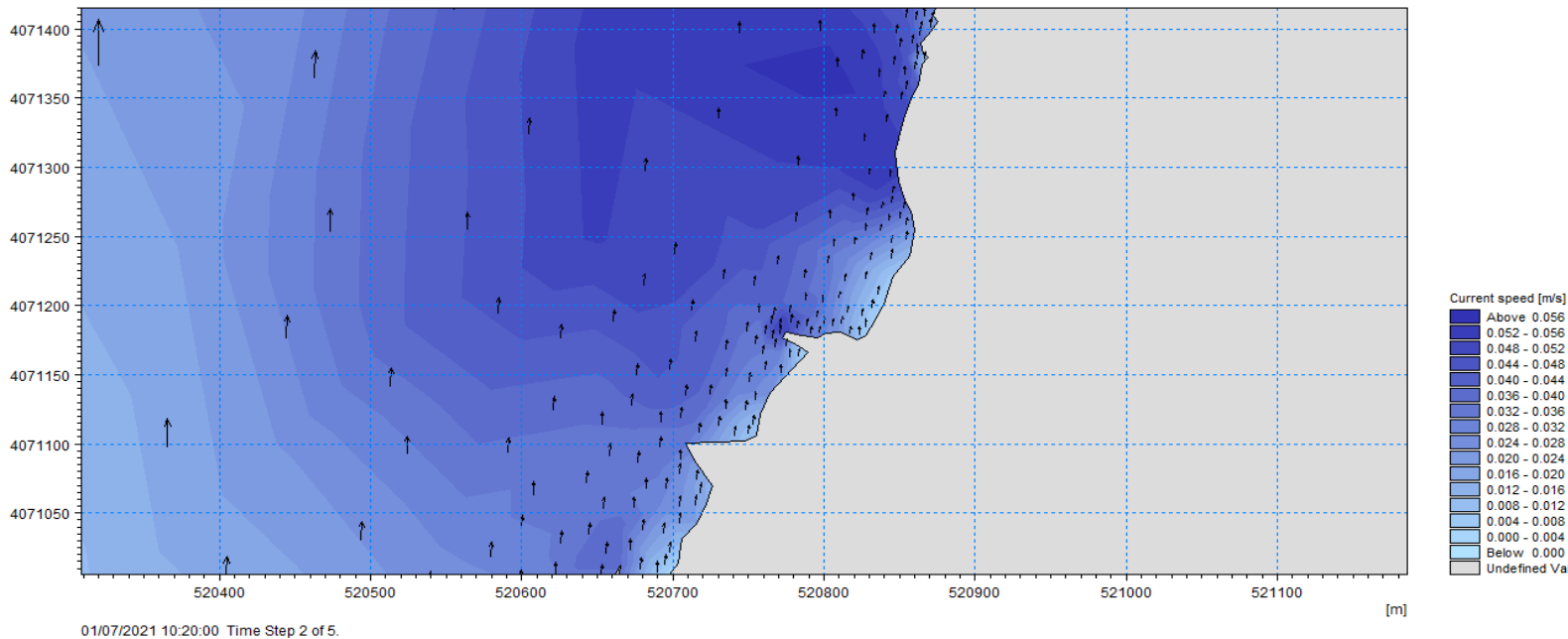


Figure IV.12 : Carte de la direction et la vitesse des courants de la plage Frégate.

Commentaire

La Figure IV.12 représente la direction et la vitesse des courants marins au niveau de la plage Frégate. Les houles issues du secteur Nord-Est donnent naissance près de la côte à un courant de dérive dirigé vers l'Est d'une vitesse de 0.070m/s qui diminue en allant vers l'Est de la zone, cette concentration remarquable peut être due aux apports terrigènes de l'embouchure d'Oued El-Hamiz située à l'Ouest de la plage.

❖ Alger plage

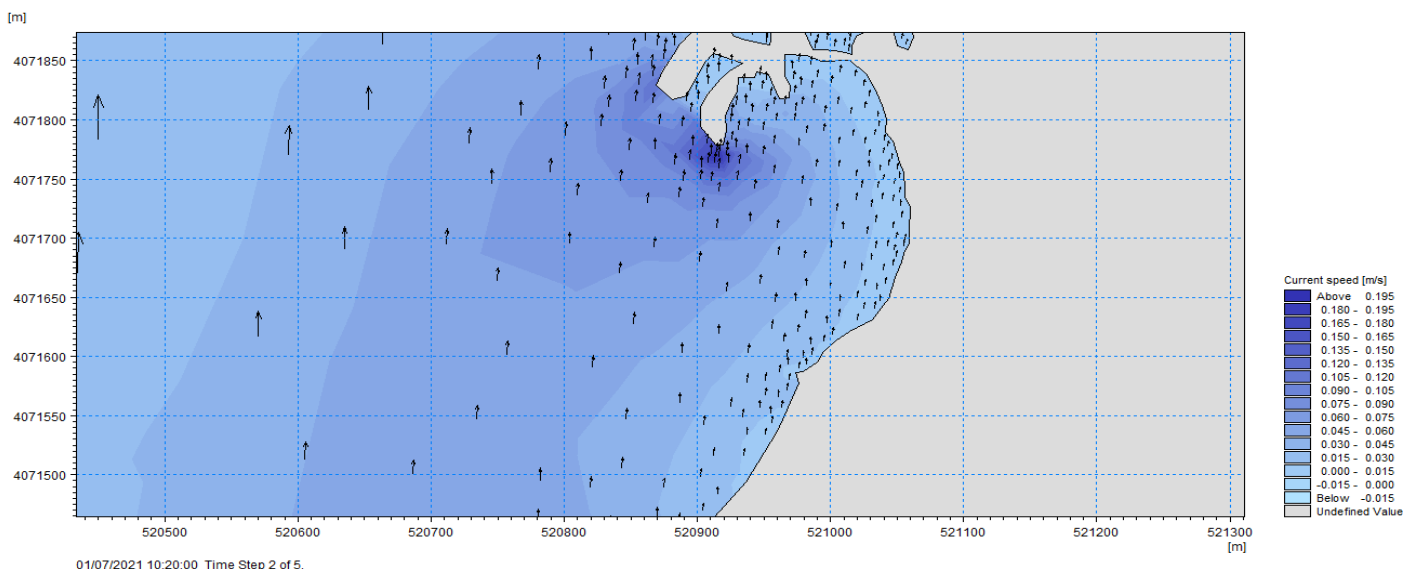
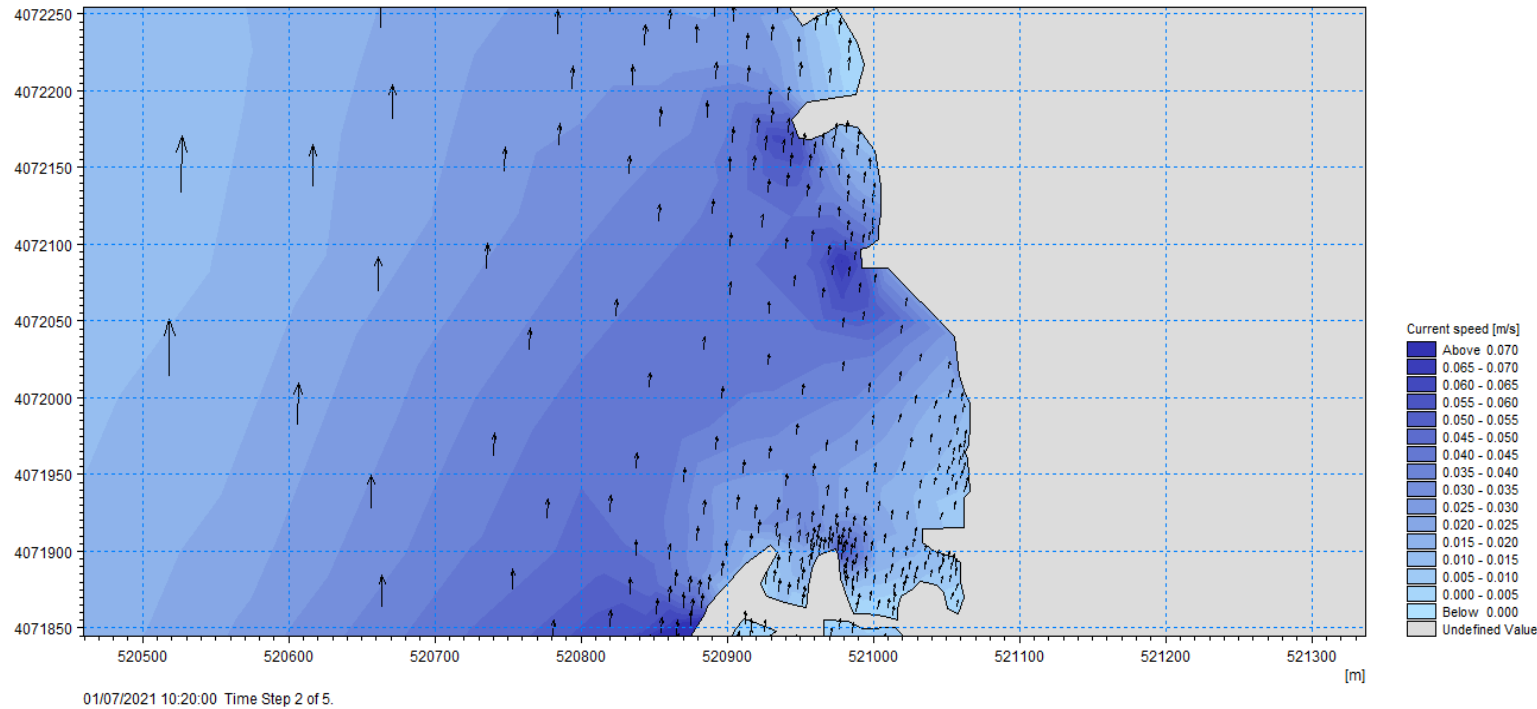


Figure IV.13 : Carte de la direction et la vitesse des courants d'Alger plage.

Commentaire

La **Figure IV.13** représente la direction et la vitesse des courants marins au niveau d'Alger plage. Les houles venant du secteur Nord-Est (45°N) génèrent un courant de dérive littorale de faible intensité (0.13 m/s). Pour le champ des courants, on constate au niveau d'Alger plage des vitesses de l'ordre de 0.09 m/s à 0.01 m/s dans l'Est de la zone qui diminue en allant vers l'Ouest respectivement.

❖ La plage Ondine Sud



Ondine Sud.

Commentaire

La **Figure IV.14** représente la direction et vitesse des courants marins au niveau d'Ondine sud. D'après cette figure, on observe un courant de dérive qui se déplace d'une direction Sud-Ouest vers le Nord-Est de la plage, le champ des courants montre des activités hydrodynamiques faibles dans l'Ouest de l'ordre de 0.13 m/s qui diminue en allant vers l'Est jusqu'à 0.06 m/s.

❖ La plage Ondine Nord

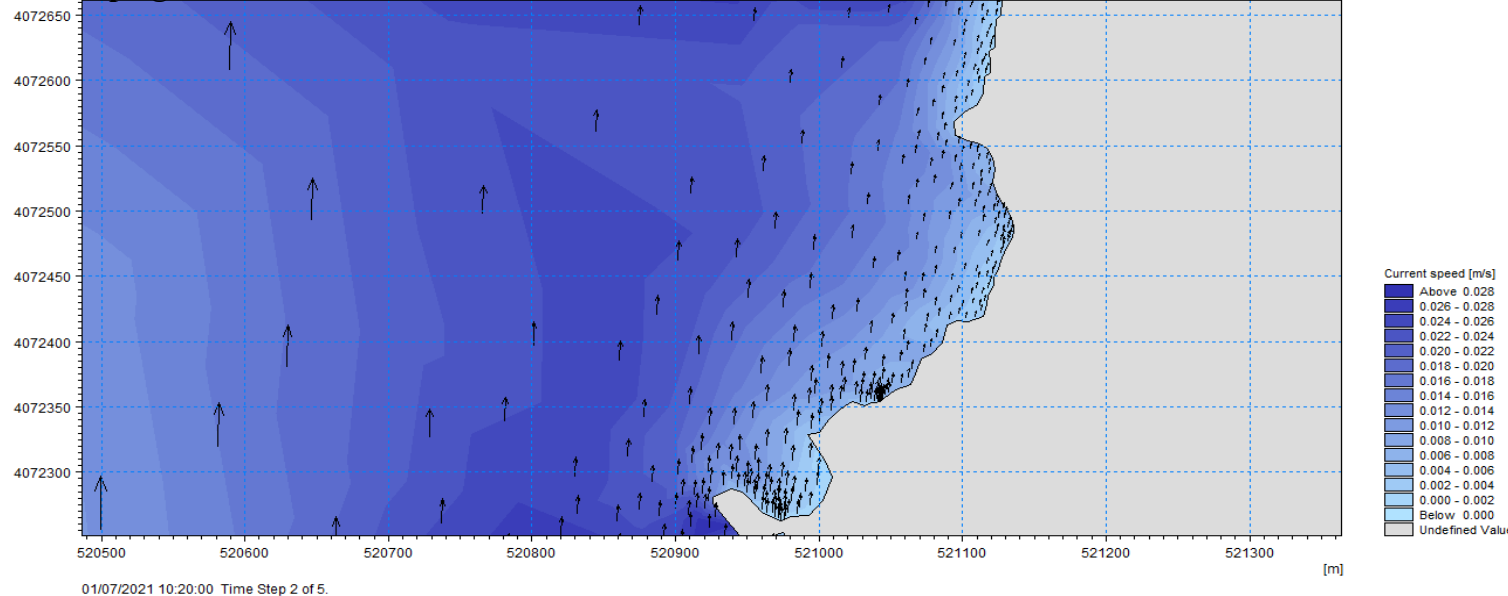


Figure VI.15 : Carte de la direction et la vitesse des courants de la plage Ondine Nord.

Commentaire

La **Figure VI.15** représente la direction et vitesse des courants marins au niveau d'Ondine Nord. D'après cette figure, on observe un courant de dérive qui se déplace d'une direction Sud-Ouest vers le Nord-Est dont la vitesse maximale est enregistrée au niveau de la zone centrale d'Ondine Sud (0.0425m/s). Cette intensité diminue graduellement par des vitesses très faibles de l'ordre de 0.0250 m/s au niveau de la partie Ouest.

Conclusion

- La morphologie sous-marine et l'action du frottement influent sur la propagation de la houle.
- Le vent est la force motrice des houles et les différents courants générés avec leurs vitesses et directions contrôlent le flux du transport sédimentaire (quantité et direction).
- Les résultats de la simulation numérique de la réfraction de la houle dans notre zone d'étude de Bordj-El-Bahri montrent que la houle conserve partiellement son énergie du large vers la côte.
- Les hauteurs significatives enregistrées près de la zone d'étude varient entre 0,05 à 0.75m pour une période de 7s.
- La vitesse du courant est globalement faible presque dans toute la zone d'étude, la vitesse du courant maximale est de l'ordre de 0.18m/s au niveau de la plage Ondine Sud et la Frégate.

Chapitre V
Quantification de transit
sédimentaire longitudinal
de la zone d'étude

Introduction :

Le sédiment et les particules en suspension dans les colonnes d'eaux et le long des côtes jouent un rôle crucial dans le fonctionnement et la structuration des écosystèmes côtiers sous l'action des agents hydrodynamiques (courant, houle, marée, vents...etc.), pour cela il est très important de quantifier le débit sédimentaire et le sens de mouvement le long du rivage.

Notre étude consiste à estimer le taux moyen du transit sédimentaire le long des plages sableuses de la zone de Bordj El-Bahri.

La quantification du transport sédimentaire littoral a été abordée par plusieurs auteurs ,qui proposent diverses formules de calcul du transit au niveau de la zone de déferlement sous l'effet combiné de houle-courant .Ces formules sont issues de travaux en laboratoire sur un modèle physique réduit ,qui ne tient en compte que des houles propageant au même sens du courant ou dans une direction diamétralement opposée .la quantification de ce transit sédimentaire sous l'interaction entre le courant et la houle reste un phénomène non linéaire et très difficile à quantifier (Khalfani, 2014)

a. Profondeur de déferlement :

La profondeur du déferlement d_b peut être prise égale à :

- d_t : profondeur sous le creux.
- d_m : profondeur sous le niveau moyen d'eau.
- d_s : profondeur sous le niveau de l'eau au repos.

En supposant une côte rectiligne uniforme avec des contours de profondeur parallèles, la profondeur de l'eau à la ligne de déferlement(emplacement où 5% des vagues déferlent) peut être estimée à partir de (Van Rijn, 2011) :

$$d_b = \left[\left(\frac{H_{s,0}^2 * C_0 * \cos \theta_0}{\alpha * \gamma^2 * g^{0.5}} \right)^{0.4} \right] \quad (1)$$

L'angle d'incidence des vagues au niveau de la zone de déferlement (θ_b) peut être déterminé à partir de :

$$\sin \theta_b = \left(C_b / C_0 \right) \sin \theta_0 \quad (1.a)$$

Avec :

- $H_{s,0}$: hauteur de vague significative en eau profonde ;
- d_b : profondeur de la zone de déferlement ;
- C_0 : vitesse de propagation des vagues en eau profonde , $C_0 = \lambda_0 / T_0$; λ_0 : longueur d'onde en eau profonde ;
- γ : indice de déferlement ; $\gamma = \frac{H_b}{d_b}$

b. Hauteur significative au point du déferlement :

L'amplitude du déferlement H_b est la différence entre la cote maximale et minimale de la position de déferlement au cours d'une période.

Nous avons déduit la hauteur de la houle au déferlement par les résultats de la simulation, à partir de la profondeur du déferlement calculée par l'équation de (**Van Rijn, 1990/2011**).

c. L'indice de déferlement :

Dans ces conditions, **G.G. Stokes (1880)** a montré que la crête de la vague la plus haute présente un angle de « 120° ». Pour une vague en eau-profonde, cette valeur angulaire correspond à une valeur théorique maximale de la cambrure estimée par (**J.H. Michell 1893**) à 14% :

$$\left[\frac{H_0}{\lambda_0} \right]_{max} = 0.142 \quad (2)$$

- H_0 : la hauteur crête à creux dans la zone d'eau profonde ;
- λ_0 : la longueur d'onde de la vague dans la zone d'eau profonde ;

En très faible profondeur relative, la hauteur maximale des vagues déferlantes est contrôlée uniquement par la profondeur. La hauteur relative H_b/d_b , obtenu par le passage à la limite devient un critère pour localiser le point de déferlement. La formule de Miche conduit à la valeur limite de la hauteur relative (**Bougis, J, 2011**):

$$\left[\frac{H_B}{d_b} \right]_{max} = 0.892 \quad (3)$$

Ces résultats sont à comparés à la formulation théorique obtenue par (Cowan, 1894) pour le modèle de l'onde solitaire :

$$\left[\frac{H_b}{d_b} \right] = 0.78 \quad (4)$$

H_b désigne la hauteur de la vague par rapport au niveau d'eau au repos et d_b est la profondeur par rapport à cette même référence.

A noter que cette valeur limite correspondrait, dans la formule de Miche, à une cambrure maximale de 12.4% en grande profondeur.

Ce critère de « 0,78 » est toujours le critère de rupture le plus largement utilisé pour les eaux peu profondes dans la pratique actuelle de l'ingénierie côtière.

(Sunamura, 1988) et (Kaminsky, 1993) suggèrent d'utiliser le nombre d'Iribaren qui permet de prendre en compte la pente de la plage et la cambrure des houles.

$$\gamma = 1.14 \xi^{0.21} \quad (5)$$

$$\text{Avec : } \xi = \frac{\tan \beta}{\sqrt{\frac{H_{s,0}}{\lambda_0}}} \quad (5.a)$$

La totalité de ces auteurs ont obtenus ces formules par des expériences et des mesures en canal à houle. Mais en réalité les valeurs de ces indices varient en fonction des conditions dynamiques et la morphologie de la plage (Khalfani, 2014).

A noter que la valeur « 0.8 » de l'indice de déferlement est utilisée dans notre cas d'étude.

Plusieurs auteurs ont proposé différentes formules faisant intervenir la profondeur relative et la pente de la plage ($\tan \beta$).

❖ La Pente (β) :

Certaines formules empiriques de calcul du débit sédimentaire du transit littoral intègrent la pente de la plage de la zone de déferlement (**Figure V.1**), cette dernière se considère comme un paramètre qui influe fortement sur les débits du transport sédimentaire longitudinal.



Figure V.1 : La méthode de calcul de la pente (Khalfani, 2014).

La pente est le rapport entre la profondeur du point du déferlement en mètre et la distance entre cette profondeur au point du déferlement et le trait de côte. Approximativement **$\tan \beta = 0.02$** selon le calcul effectué sur notre zone d'étude.

Tableau V.1 : Calcul de la pente des plages de la zone d'étude.

| | $X(m)$ | $Y(m)$ | $D(m)$ | d_b (m) | $\tan \beta$ | β (°) | β (%) | $H_b(m)$ |
|------------------------|------------|-------------|--------|--------------|--------------|----------------|-------------|----------|
| Frégate | 520678,893 | 4071257,82 | 167 | 1,52 | 0,01 | 0,57 | 0,16 | 0,249 |
| Alger Plage | 521035,108 | 4071724,388 | 23,3 | 0,86 | 0,036 | 2,06 | 0,57 | 0,091 |
| Ondine Sud | 520978,084 | 4071989,513 | 80,9 | 1,01 | 0,012 | 0,68 | 0,19 | 0,219 |
| Ondine Nord | 521071,396 | 4072446,44 | 42,4 | 0,96 | 0,022 | 1,26 | 0,35 | 0,192 |

Chapitre V. Quantification du transit sédimentaire de la zone d'étude

On note :

- X : Coordonnées métriques (longitude) ;
- Y : coordonnées métriques (latitude) ;
- D : profondeur entre le point de déferlement et le trait de côte ;
- d_b : profondeur au point du déferlement ;
- H_b : hauteur significative au point du déferlement ;
- $\tan \beta$: pente de la plage ;

V.1. Calculs des flux sédimentaires longitudinaux dans la zone du déferlement :

V.1.1. La formule de Kraus et al., (1982) :

L'équation de **Kraus et al (1982)** a été déterminée au moyen de 8 campagnes de traceurs fluorescents dans la zone du déferlement sur des plages du Japon.

$$Q_t = \frac{0.00038}{\gamma \tan \beta} H_b^2 \vec{V} \quad (6)$$

- \vec{V} : vitesse moyenne du courant de dérive au milieu du déferlement (m/s) ;
- Q_t : taux de transport côtier en (m^3/s).

Dans notre cas d'étude la vitesse moyenne du courant \vec{V} est déduite des résultats du modèle numérique SW (coupled model MIKE FM)

V.2.2. Formule de Komar (1998) :

Dans ce cas, LSTR, est mesuré en utilisant la hauteur de vague significative. L'équation proposée par **Komar (1998)**, est donné par m^3/s comme :

$$Q_t = 0.46 \rho g^{3/2} H_b^{5/2} \sin \theta_b \cos \theta_b \quad (7)$$

V.1.3. La formule de CERC, Van Rijn (2006) :

C'est la formule la plus utilisée. La formule initialement donnée dans **the Shore Protection Manuel (CERC, 1984)**, C'est une formule qui est purement empirique ; elle se base essentiellement sur les conditions énergétiques de la houle pour une côte rectiligne avec des pentes régulières, on obtient la formule simple :

$$Q_t = K * \left[\frac{\rho \sqrt{g}}{16 \sqrt{\gamma} (\rho_s - \rho) (1 - P)} \right] * H_b^{2.5} \sin(2\theta) \quad (8)$$

Avec :

- Q_t : sédiments transportés parallèlement à la cote en (m^3/s);
- H_b : hauteur de la houle significative au point de déferlement ;
- θ_b : angle d'incidence de la houle au point de déferlement en degré (°) ;
- K : coefficient empirique dimensionnel ;

Chapitre V. Quantification du transit sédimentaire de la zone d'étude

Diverses valeurs du coefficient empirique dimensionnel K ont été obtenues à partir des analyses de régression de différents ensembles de données qui lient le poids submergé des sédiments transportés et le flux d'énergie des vagues (Khalfani D, 2014).

$k = 0.77$ (Komar, P.D et Inman, D.L., 1970); $k = 0.2$ (Kraus, et al., 1982) ; $k = 1.23$ (Dean, et al., 1982) ; $k = 0,39$ et 0.92 (SPM., 1984) ; $k = 0.82$ (Schoonees et Theron (1993, 1994)

$$\gamma = \frac{H_b}{d_b}$$

Cette formule peut être réorganisée par (Van Rijn, 2006)

$$Q_t = 0.023(1 - p)\rho_s g^{0.5} \gamma^{-0.51} H_b^{2.5} \sin 2\theta_b \quad (9)$$

L'équation (10) est dimensionnellement correcte avec :

- p = facteur de porosité $p=0.4$;
- ρ_s : densité des sédiments , $\rho_s = 2650 \text{ kg/m}^3$
- γ : coefficient de rupture basé sur 5 % de rupture, $\gamma = 0,8$, $\gamma = H_b/d_b$;

$$Q_t = 128. H_b^{2.5} \sin 2\theta_b \quad (10)$$

- Q_t : taux de transport côtier (masse sèche, en kg/s)

V.1.4. Formule de Bayram et al, (2007) :

La formule de Bayram et al. (2007) considère le transport des sédiments en suspension par la combinaison des effets du courant côtier et une fraction de l'énergie des vagues. Pour calculer le débit volumétrique LST Q_t (en m^3/s), l'équation suivante a été utilisée :

$$Q_t = \frac{\varepsilon}{(\rho_s - \rho)(1 - p)gW_s} F_b \bar{V} \quad (11)$$

Le paramètre essentiel dans le mécanisme du débit d'entraînement des sédiments est suffisant pour vaincre les forces de frottements et de cohésion sur le fond ; Il est utile avant toute de définir les paramètres adimensionnels (Diamètre sédimentologique d_*) (Mignot, 1981)

Différentes formules peuvent être utiliser pour calculer W_s (la vitesse de chute des particules). Soulsby (1997) a proposé une formule donnée par :

$$W_s = \frac{\nu}{D_{50}} * \left[\sqrt{10.36^2 + 1.049d_*^3} - 10.36 \right]$$

Avec :

- D_{50} : diamètre médian des particules en (m)
- ν : viscosité cinématique de l'eau ; $\nu = 1.10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

Chapitre V. Quantification du transit sédimentaire de la zone d'étude

- d_* : diamètre sédimentologique ; $d_* = \left(\frac{(\rho_s - 1)g}{\rho v^2} \right)^{\frac{1}{3}} D_{50}$
- où W_s est la vitesse de chute des sédiments, et ε est un coefficient du transport sédimentaire donné par l'équation par :

$$\varepsilon = \left(9 + 4 \frac{H_b}{w_s T_p} \right) \cdot 10^{-5}$$

- F_b représente le flux d'énergie des vagues (après déferlement) qui, pour la théorie des vagues irrégulières, est donné par :

$$F_b = \frac{\rho}{2^{1.75}} \sqrt{\frac{g^3}{\gamma_b}} H_b^{2.5} \cos \theta_b$$

- \bar{V} : est la vitesse moyenne du courant de dérive littoral à l'absence des données réelles mesurées,
- θ_b : angle d'incidence des vagues à la zone de déferlement en ($^\circ$).
En supposant que le profil de la plage peut être approximé par le profil de (Dean & Dalrymple, 2004), \bar{V} peut être estimé comme :

$$\bar{V} = \frac{5}{32} \frac{\pi \gamma_b \sqrt{g}}{C_f} A^{\frac{3}{2}} \sin \theta_b$$

où C_f est un facteur de frottement adopté par Larson et Kraus (1995) pour être égal à 0,005, et A est un paramètre de forme fourni par Dean et Dalrymple (2004) et donné par :

$$A = 2.25 \left(\frac{w_s^2}{g} \right)^{\frac{1}{3}}$$

V.1.5. Formule de Kamphuis, Mil-Homens et al. (2013)

L'équation est dimensionnellement incorrecte. La méthode de Kamphuis modifiée par (Mil-Homens et al., 2013) est donnée en (kg/s) par :

$$Q_t = 0.15 \frac{\rho_s}{(\rho_s - \rho)} * T_p^{0.89} \tan \beta^{0.86} D_{50}^{-0.69} H_b^{2.75} [\sin(2\theta_b)]^{0.5} \quad (12)$$

Tableau V.2 : Représentation des formules empiriques de la quantification du transit sédimentaire longitudinal

| Formules empiriques | Abréviation | Formules |
|----------------------|-------------|---|
| Kraus et al., (1982) | $K.R, 82$ | $Q_t = \frac{0.00038}{\gamma \tan \beta} H_b^2 \bar{V}$ |

Chapitre V. Quantification du transit sédimentaire de la zone d'étude

| | | |
|------------------------------------|----------------|--|
| Komar (1998) | <i>K.m,98</i> | $Q_t = 0.46\rho g^{3/2}H_b^{5/2} \sin \theta_b \cos \theta_b$ |
| CERC, Van Rijn, (2006) | <i>C.VR,06</i> | $Q_t = 0.023(1 - p)\rho_s g^{0.5} \gamma^{-0.51} H_b^{2.5} \sin 2\theta_b$ |
| Bayram et al., (2007) | <i>B.r,07</i> | $Q_t = \frac{\varepsilon}{(\rho_s - \rho)(1 - p)gW_s} F_b \bar{V}$ |
| Kamphuis, Mil-Homens et al., 2013) | <i>K,MH.13</i> | $Q_t = 0.15 \frac{\rho_s}{(\rho_s - \rho) * T_p^{0.89} \tan \beta^{0.86} D_{50}^{-0.69} H_b^{2.75} [\sin(2\theta_b)]^{0.5}}$ |

V.2. Résultats et discussion :

Les résultats de l'étude comparative des transits sédimentaires obtenus dans la région de Bordj-El-Bahri (La plage Frégate, Alger plage, la plage des Ondines Nord et Sud) selon les sept formules, sont représentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau V.3 : Transport sédimentaire longitudinal calculé au biais des différentes formules empiriques pour toute la zone d'étude.

| | Frégate Q_t (m ³ /an) | Alger plage Q_t (m ³ /an) | Ondine Sud Q_t (m ³ /an) | Ondine Nord Q_t (m ³ /an) |
|----------------|---------------------------------------|---|--|---|
| K.R ,82 | -2470,78 | 55,13 | -58,67 | -768,16 |
| K.m,98 | -18243,23 | -495,41 | -6536,48 | -4105,43 |
| C.VR,06 | -200384,26 | -5501,07 | -72685,12 | -44986,97 |
| B.r,07 | -14853,46 | -364,87 | -5263,35 | -3389,8 |
| K,MH.13 | -5027,96 | -395,91 | -2004,40 | -3546,63 |

Chapitre V. Quantification du transit sédimentaire de la zone d'étude

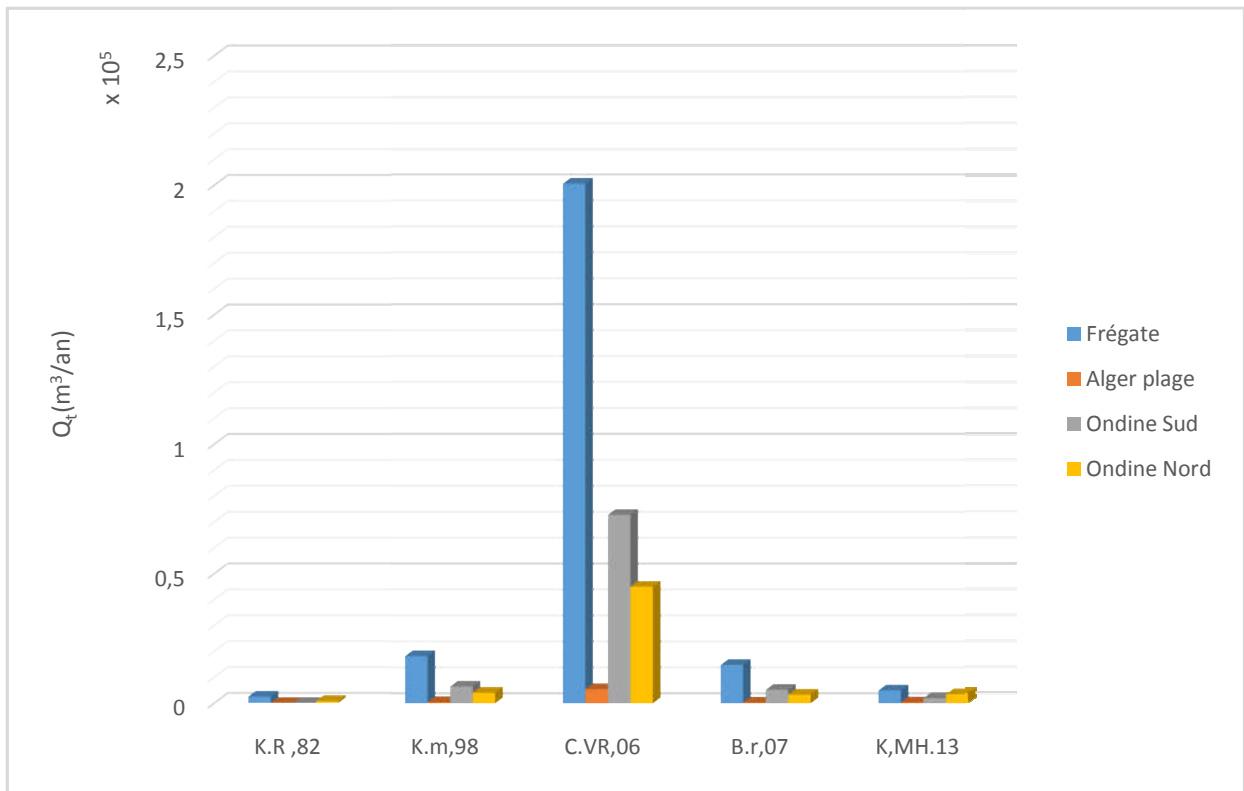


Figure V.2 : Histogramme des résultats de calcul du transport net (m^3 /an) dans toutes les Plages.

➤ La plage Frégate :

Le transit sédimentaire calculé par toutes les formules montre que la direction dominante se fait de Sud-Ouest vers Nord-Est.

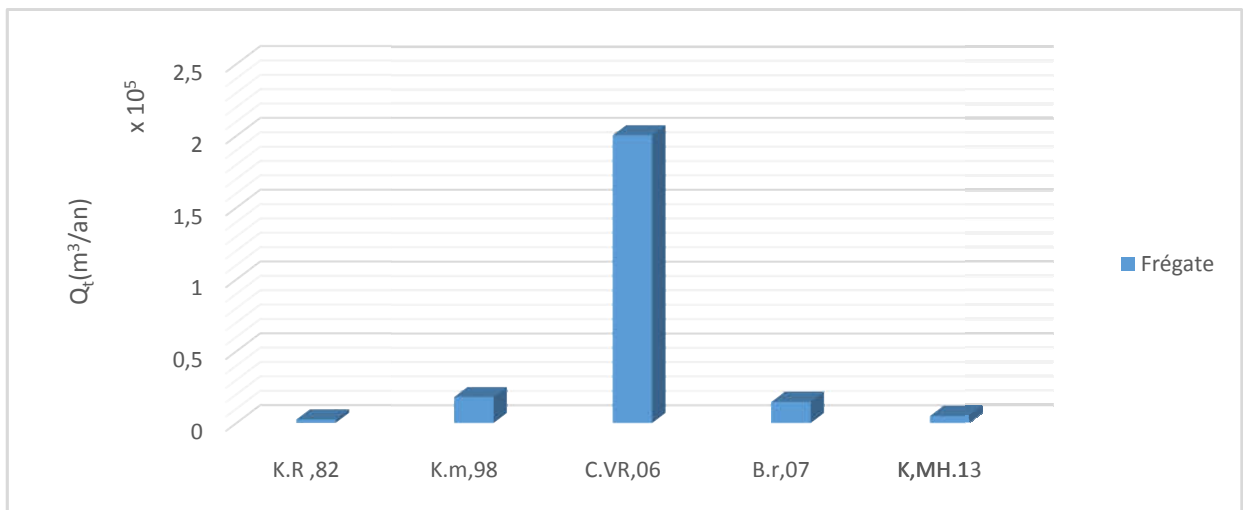


Figure V.3: Résultats de calcul du transport net (m^3 /an) de la plage Frégate.

Nous constatons que les valeurs du transit littoral prédites par les deux formules (**Kraus 1982**) et (**Kamphius, Mil-Homens ,2013**) sont de l'ordre de $2470.78m^3/an$ et de

Chapitre V. Quantification du transit sédimentaire de la zone d'étude

5027.96m³/an, respectivement(FigureV.3),qui restent plus au moins faible par rapport aux autres formules (Bayram2007, Komar1998, Van Rijn2006).

➤ Alger plage :

Le transit sédimentaire calculé par toutes formules montre que la direction dominante se fait de Sud-Ouest vers Nord-Est.

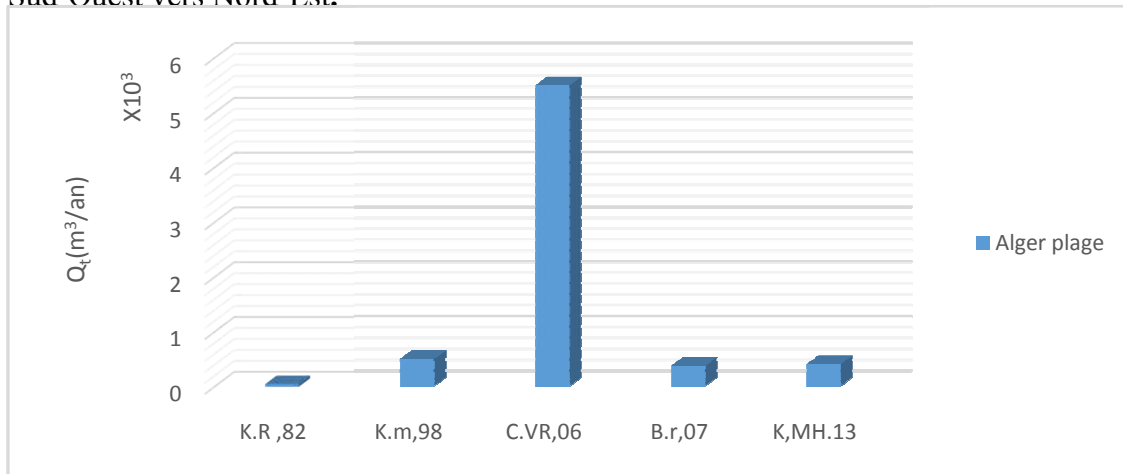


Figure V.5 : Résultats de calcul du transport net (m³ /an) D'Alger Plage.

Nous constatons que les valeurs du transit littoral prédites(FigureV.5) par les formules différentes restent faibles de 55,1m³/an pour (Kraus, 1982), 495,4 m³/an pour(Komar 1998) , 364,8 m³/an pour Bayram 2007 ,395,9 m³/an par (Kamphius, Mil-Homens, 2013)par rapport à la formule de (CERC, Van Rijn 2006).

➤ La plage Ondine Sud :

Le transit sédimentaire calculé par toutes les formules(FigureV.6) montre que la direction dominante se fait de Sud-Ouest vers le Nord-Est sauf pour la formule de Kraus,1982 qui présente un transit dans le sens inverse à cause de la vitesse moyenne du courant de dérive \vec{V} (valeur positive).

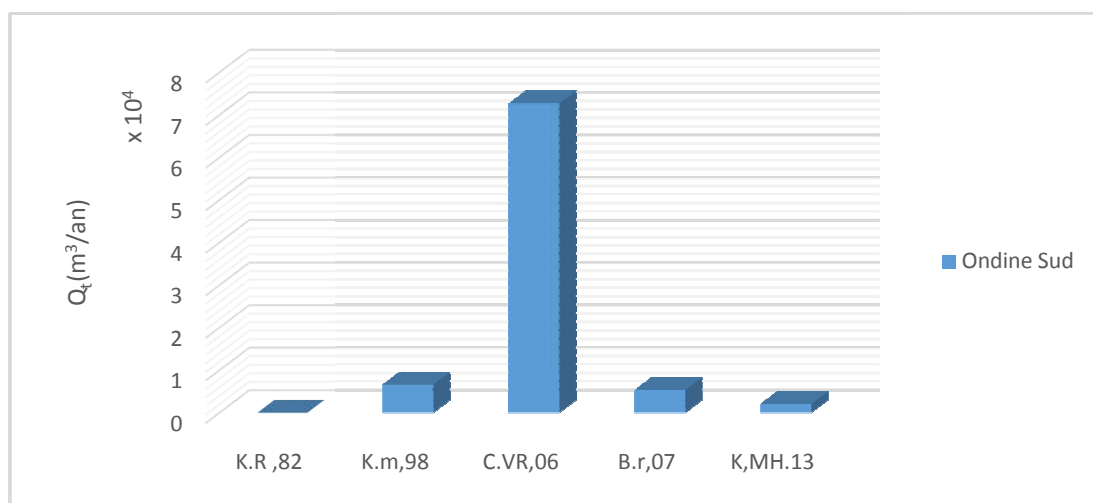


Figure V.6 : Résultats de calcul du transport net (m³ /an) de la plage Ondine Sud.

Chapitre V. Quantification du transit sédimentaire de la zone d'étude

Nous constatons que les valeurs du transit littoral prédites par la formule de (CERC, Van Rijn, 2006) représente le débit le plus élevées en comparant aux autres formules.

➤ La plage Ondine Nord

Le transit sédimentaire calculé par toutes formules (Figure V.7) montre que la direction dominante se fait du Sud-Ouest vers le Nord-Est.

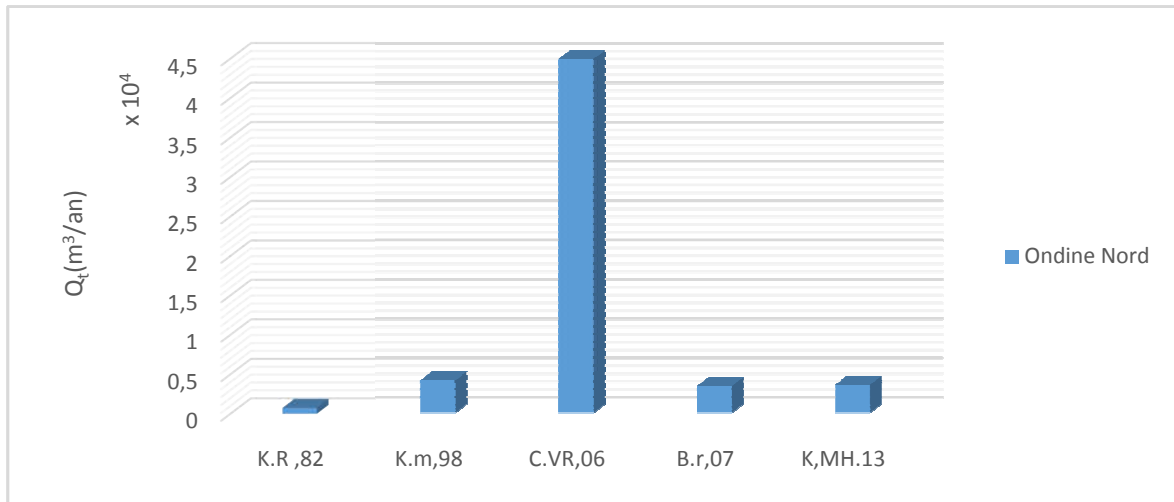


Figure V.7 : Résultats de calcul du transport net (m^3 /an) de la plage Ondine Nord.

Nous constatons que les valeurs du transit littoral prédites par la formule (Kraus 1982) restent très faible de $768.16 m^3$ /an par rapport aux autres formules, contrairement au débit sédimentaire calculé par la formule de (CERC, VanRijn 2006).

Interprétation des résultats :

- Le transit net calculé par la formule de (CERC, Van Rijn, 2006) pour toutes les plages demeure trop élevé par rapport à ceux obtenus par les autres formules. Cette importante différence peut être expliquée par la constante K, prise pour le calcul, qui reste trop élevée, à titre d'exemple $K=128$. Cette constante ne peut être déterminée avec exactitude à cause du caractère empirique de l'équation.
- L'étude comparative de l'estimation du transit sédimentaire selon la formule de (Kraus, 1982) et celle de (Bayram, 2007) donne un ordre de grandeur très rapproché. Du fait que ces deux formules sont basées sur la vitesse moyenne du courant de dérive \vec{V} .
- La formule donnée par (Kamphius, Mil-Homens, 2013) est basée sur un paramètre très important dans le transport sédimentaire qui est le diamètre moyen D_{50} .
- Selon (Kamphius, Mil-Homens, 2013) le débit sédimentaire est proportionnel à la pente de la plage, mais selon (Kraus, 1982) le débit sédimentaire diminue avec l'augmentation de la pente de la plage.

Chapitre V. Quantification du transit sédimentaire de la zone d'étude

- La plage Frégate montre un débit très important comparé aux autres débits des plages, cela est dû à l'angle d'incidence au point de déferlement (315° Nord-Ouest) par rapport à l'angle d'incidence au large (45° Nord-Est).
- Alger plage montre un débit plus au moins faible comparé aux autres débits des plages, cela est dû à la hauteur de la houle au point de déferlement ($H_b = 0.091\text{m}$) qui reste faible par rapport aux hauteurs des autres plages.

CONCLUSION

L'objectif principal de cette étude était de contribuer à la compréhension des processus hydro-sédimentaire qui s'effectuent aux quatre plages de Bordj-El-Bahri.

Pour mener à bien cette recherche, notre intérêt s'est porté sur le transport sédimentaire que nous avons étudié par une approche numérique basée sur les résultats de simulation empiriques et de modélisation au moyen du logiciel Mike 21 DHI.

- ❖ Les données océanographiques montrent que les vents dominants proviennent du secteur Est, Ouest et Nord-Est, alors que Les houles les plus fréquentes proviennent des secteurs Nord-Est et Ouest.
- ❖ L'étude granulométrique a montré la présence d'une répartition des sédiments moyen au niveau de notre zone d'étude en biais des résultats de la médiane (D50). Les valeurs de l'indice de classement et du coefficient d'asymétrie indiquent la présence d'un sédiment bien classé avec un classement maximum vers les particules fines, cela explique que les courants existants sont réguliers et faibles.
- ❖ Les résultats de la modélisation numérique de la propagation de la houle et des courants résultent une énergie des houles atténuées du large vers la côte. Les houles les plus énergétiques du Nord-Est génèrent des courants de dérive littorale.
- ❖ Les résultats des flux sédimentaires obtenus par les différentes formules empiriques ont conduit à une étude comparative entre ces différentes formules qui a montré l'importance de la considération des paramètres de la houle, le diamètre moyen D50, la pente de la plage, la vitesse moyenne du courant et l'angle d'incidence θ_b pour chaque formule.

L'importance du transport sédimentaire longitudinal est la compréhension longue de l'état de la plage et la prévention des tendances d'érosion et d'accrétion à court terme.

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

Abdellaoui A. et Benbetka Y., (2017). *Modélisation des processus hydrosédimentaire de la plage de « Sidi Fredj ».* Mémoire fin d'étude. Dely Brahim. Alger: [Mémoire d'ingénieur en Aménagement du littoral] ENSSMAL.

Adrien C.,(2011): *Évaluation des flux sédimentaires sur le littoral du Nord-Pas de Calais : vers une meilleure compréhension de la morphodynamique des plages macro tidales.* Sciences de la Terre. France : Université du Littoral Côte d'Opale.

Ahfir, Y. Meziane I., (2016). *Modélisation numérique de la cinématique du trait de côte et la dynamique sédimentaire des plages sableuses (Oran, Bou-Ismaïl, Alger, Bejaia, Skikda) Cas d'étude : Sidi Fredj.* Mémoire fin d'étude. Dely Brahim. Alger: [Mémoire d'ingénieur en Aménagement du littoral] ENSSMAL.

Andrew D.,(2002)*Short Beach systems of the central Netherlands coast: Processes, morphology and structural impacts in a storm driven multi-bar system* ELSEVIER, Marine Geology Volume 107 page 103-132.

Arnaud Héquette, (2010).*Courants et transports sédimentaires dans la zone littorale : le rôle des courants orbitaux et de downwelling / Currents and sediment transport in the coastal zone: the role of orbital and downwelling currents* [article].

ATEETH S. and JAYAPPA KS., (2020)*Seasonal variation in longshore sediment transport rate and its impact on sediment budget along the wave-dominated Karnataka coast, India,* Department of Marine Geology, Mangalore University, Mangalagangothri, Mangaluru, Karnataka 574 199, India.

BENOIT, M. LABORIE V., (2009). *Caractérisation du site et collecte des données.* In : *CETMEF*. Guide Enrochement : L'utilisation des enrochements dans les ouvrages hydrauliques Version française du Rock Manual. N° 02. France.

Bagnold, R.A., (1963). *Mechanics of Marine Sedimentation,* in: *The Sea*, Vol. 3, p. 507-528, edited by M.N. Hill, Interscience, NY.

Burcharth, H.F. and Frigaard, P., (1988). *On the 3D stability of reshaping breakwaters.* 21st ICCE, Malaga, p2284-2298.

Chadwick, A.J., (1989).*Field measurements and numerical model verification of coastal shingle transport.* *Advances in Water Modelling and Measurement* BHRA, p381-402.

BIBLIOGRAPHIE

Coppolse, R.C. and Schoonees., J.S., (1991).*Maintenance dredging at Richards Bay; sensitivity analysis of predictive models and the location of an offshore dumpsite.* CEDA Dredging Day, Amsterdam.

Corbella, S. and Stretch, D.D., (2012). *The wave climate on the Kwazulu-Natal coast of South Africa.* Journal of the South-African Institution of Civil Engineering, Vol. 54, No. 2, p45-54.

CAILLOT A., et al ,(1978)*Contribution à l'étude de mouvements sédimentaires le long du littoral belge à l'aide de traceurs radioactifs.* Mesure du débit de charriage. Rapport E.A 13/ C 256 .

CARTIER A., (2011).*Evaluation des flux sédimentaires sur le littoral du Nord-Pas-de-Calais : Vers une meilleure compréhension de la morphodynamique des plages macrotidales.*[Thèse de doctorat] Laboratoire d'Océanologie et de Géosciences, France : Université du Littoral côte d'Opale.

CARRIER G.F. , GREENSPAN, H.P., (1958).*Water waves of finite amplitude on a sloping beach.* Journal of Fluid Mechanics. Vol 4, p160-164.

CARTER, R.W.G. (1988).*Coastal environments. An introduction to the physical, ecological and cultural systems of coastlines.* Academic Press : Oxford (London). Elsevier : Science and Technology. Livre.

Céline B.,(2011) : *Processus de mobilisation et de transport de sédiments dans la zone de déferlement,* Sciences de la Terre, France : Université de Grenoble.

Celikoglu Y., Yuksel Y. & Kabdash M-S., (2009).*Quantification de transport sédimentaire longshor : application à la Baie d'El Haouzia (région d'El Jadida Maroc : Bulletin de l'institut scientifique, Rabat, section Science de la terre*[**article 31,21-27**].

Celikoğlu Y. et al., (2004) *Sorting on a Beach Under wave action.* *Ocean Engineering,* [**article 31,1351-1375**].

Chaibi M., (2003)*Dynamique sédimentaire et morphogénèse actuelle du littoral d'El Jadida (Maroc).*Thèse de Doctorat en géographie physique,France :Univ. Aix-Marseille.

BIBLIOGRAPHIE

Charouf L.,(1986). *Les problèmes d'ensablement des ports Marocains sur la façade atlantique : Leur impact sédimentologique sur le littoral.* Thèse de doctorat, France : Univ. De Paris-Sud, centre scientifique d'Orsay.

Dahmani AEA., (2020) *Longshore transport.*Cour 2020/2021 Dely Brahim. Alger,ENSSMAL.

Degoutte G.,(2004).*Diagnostique, Aménagement et gestion des rivières, Hydraulique et morphologie fluviales appliquées.* Vol. 8, p207-215

DHI (2014). *MIKE 21 Spectral Wave Module.*Scientific Documentation.

Consulté le 07/10/2021, Disponible sur le Web :
<www.mediafire.com/view/rr6pv2o6bf6k87u/M21SW_Scientific_Doc.pdf>.

DHI (2014). *MIKE 21/3 Couple Model FM.*Scientific Documentation [consulté le 07/05/2021] Disponible sur le web :<www.mediafire.com/view/rr6pv2o6bf6k87u/M21SW_Scientific_Doc.pdf.http://www.mediafire.com/view/rr6pv2o6bf6k87u/M21SW_Scientific_Doc.pdf>.

DHI (2014). *MIKE ZERO: Creating 2D Bathymetries. Bathymetry Editor & Mesh Generator.* Scientific, Documentation.[Consulté le 02/07/2021], Disponible sur le web:<www.mediafire.com/view/yc3w6h2c2elqnhh/BathymetryGeneration_Scientific_Doc.pdf>.

Duval M., (2007) *Etude de déferlement d'une onde de Stokes et de la dissipation associée par simulation directe.*[Thèse de doctorat], France : l'Institut National Polytechnique de Toulouse Spécialité : Dynamique des fluides.

Elvire H., (2016) *Mesures et modélisation des flux de sable dans les cours d'eau : application à une chasse de barrages*[Mémoire d'ingénieur],France : Université de Lyon.

GARLAN, T. (2010).*ECORS Modélisation hydro-sédimentaire d'une plage sableuse.* Rapport de master.[Ingénierie du Littoral]. France : SHOM.

Giosan L. et al,(2000). *Longshore sediment transport pattern along the Romanian Danube delta coast.* J. Coastal Res.

Graillet A.,(1975) : *Ouvrages de protection dans la zone de déferlement de la houle,* Ingénieur des Ponts et Chaussées.

BIBLIOGRAPHIE

Hattabi M. et Kaddour H., (2018) *Impact de l'élévation de niveau de la mer et des tempêtes sur l'évolution morpho dynamique de la région Est de la baie d'Alger : simulation numérique des processus hydro-sédimentaire*. Mémoire fin d'étude. Dely Brahim. Alger: [Mémoire d'ingénieur en Aménagement du littoral] ENSSMAL.

Jean Bougie (2018) *Le déferlement des vagues*. Cour d'Ingénierie, France : Chemin du Moulin 06650 Opio. p32-34.

JICA. 2006. Ministère de l'Habitat et de l'urbanisme, C.G.S. Etude de Micro-zonage Sismique de la wilaya D'Alger. Alger: JICA.

Khalfani D., (2014). *Etude hydro-sédimentaire à l'avant cote de cote de Cap-Djenat wilaya de Boumerdes »*. Mémoire fin d'étude. Dely Brahim. Alger: [Mémoire d'ingénieur en Aménagement du littoral] ENSSMAL.

Kamphuis, J.W.,(1991). Longshore sediment transport rate. Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering, Vol. 117, p624-640.

Khanfar Lamouchi AED. et Remaci S., (2020). *Impact des infrastructures de protection littorale sur l'évolution morphodynamique de la région centre de la baie d'Alger « site des Sablottes : la grande plage »*. Mémoire fin d'étude. Dely Brahim. Alger: [Mémoire d'ingénieur en Aménagement du littoral] ENSSMAL.

Khelifi M.,(2014) *Etude de protection de la plage Est de Boumerdes*. Mémoire fin d'étude. Dely Brahim. Alger: [Mémoire d'ingénieur en Aménagement du littoral] ENSSMAL.

Kraus, N.C. and Dean, J.L., (1987). *Longshore sediment transport rate distributions measured by trap*. Coastal Sediments, New Orleans, USA, p881-896.

Kumar V.S., al, (2000). *Longshore currents and sediment transport along Kannirajapuram coast, Tamilnadu, India*. J. Coastal Res.

Lafon V. et al ,(2004). *Morphodynamics of nearshore rhythmic sandbars in a mixed-energy environment (SW France): i. mapping beach changes using visible satellite imagery*. Estuar. Coast. Shelf Sci.

LEM. 1996. *Expertise pour l'étude de protection de rivage du site est de la baie d'Alger Document non publié*. Alger: Laboratoire des études maritimes.

Laubscher, W.I., et al, (1991). *A calibrated longshore transport model for Richards Bay*. Coastal Sediments, Seattle, Canada.

BIBLIOGRAPHIE

- Lee, K.K., (1975).***Longshore currents and sediment transport in West Shore of Lake Michigan.* Water Resources Research, Vol. 11, No. 6, p1029-1032.
- Masselink G., et al,(2006).** *Morphodynamics of intertidal bars in wave dominated coastal settings - A review,* Geomorphology.
- Mil-Homens, J., et al, (2013).** *Re-evaluation and improvement of three commonly used bulk longshore sediment transport formulas.* Coastal Engineering 75, p29-39.
- Miller, H.C., (1999).***Field measurements of longshore sediment transport during storms.* Coastal Engineering, Vol. 36, p301-321
- Nolan K.M. et al, (2005)***Geological Survey, Introduction to Suspended-Sediment Sampling,*Scientific Investigations, Report[article2005-5077].
- Rabhi W., et Rahal F., (2011).** *Aménagement du port d'El Djamila avantages et inconvénients et comportements des structures.* Mémoire fin d'étude. Dely Brahim. Alger: [Mémoire d'ingénieur en Aménagement du littoral] ENSSMAL.
- Sabatier F., et al, (2001).** *Longshore sediment transport on sandy beaches. A field/modelling approach.* European Geophysical Society, France: Nice.
- Southgate MA.,(2012)***Wave breaking: A review of techniques for calculation energy losses in breaking waves.*
- Shaeri S., et al, (2021)** *Revisiting longshore sediment transport formulas,* CSU Engineering Phd,Bathurst, Australia: Charles Sturt University.
- Stépanian A., (2002).***Evolution morphodynamique d'une plage macro tidale à barres: Omaha beach (Normandie).* Thèse de doctorat. Caen. Caen : Université de Caen.
- Schoonees, J.S. and Theron, A.K., (1996).** Improvement of the most accurate longshore transport formula. 25th ICCE Orlando, USA.
- Shore Protection Manual, (1984).** CERC, Waterways Experiment Station
- Swart, H., (1981).** *Effect of Richards Bay Harbour development on the adjacent coast.* 25th Congress, PIANC, Edinburgh, Section II, Vol. 5, p899-917.
- Thior M., et al,(2019) :** *CARACTERISTIQUES GRANULOMETRIQUES ET DYNAMIQUE SEDIMENTAIRE ENTRE LES DIFFERENTES UNITES GEOMORPHOLOGIQUES DU LITTORAL DE LA CASAMANCE (SENEGAL),* revue ivoirienne des sciences et technologies, p32-35.

BIBLIOGRAPHIE

Tomasicchio, G.R., et al, (2013). *General longshore transport model.* Coastal Engineering 71, p28-36.

Van Rijn (1998). *Principles of coastal morphology.* Aqua Publications, Amsterdam, The Netherlands, p203-205.

Van Rijn, L.C., (2011). *Principles of fluid flow and surface waves in rivers, estuaries and coastal seas.* Aqua Publications, Nederland, p20-23.

Van Rijn, L.C., (1997). *Sediment transport and budget of the central coastal zone of Holland.* Coastal Engineering, Vol. 32, p61-90.

Van Rijn, L.C. and Sutherland, J.R., (2011). Erosion of gravel barriers and beaches. Coastal Sediments, Miami, USA

Van Rijn, L.C., Ruessink, B.G. and Mulder, J.P.M., (2002). *Coasted-Egmond; The behaviour of a straight sandy coast on the time scale of storms and seasons.* Aqua Publications, Netherlands.

Van Rijn, L.C., et al, (2003). *The predictability of cross-shore bed evolution of sandy beaches at the time scale of storms and seasons using process-based models.* Coastal Engineering, 47, p295-327.

Van Rijn, L.C., et al , (2011). *Numerical modelling of erosion and accretion of plane sloping beaches at different scales.* Coastal Engineering, Vol. 58, p637-655.

Van Wellen, E., Chadwick, A.J. and Mason, T., (2000). *A review and assessment of longshore sediment transport equations for coarse-grained beaches.* Coastal Engineering, Vol. 40, p243-275.

Van Rijn, L.C., (2006). *Principles of sediment transport in rivers, estuaries and coastal seas.* Aqua Publications, Netherlands, p12-16.

Vicksburg, USA Svendsen, I.A., (1984). *Mass flux and undertow in the surf zone.* Coastal Engineering, Vol. 8, p347-365.

BIBLIOGRAPHIE

Annexe .1

La rose des vents et de houle :

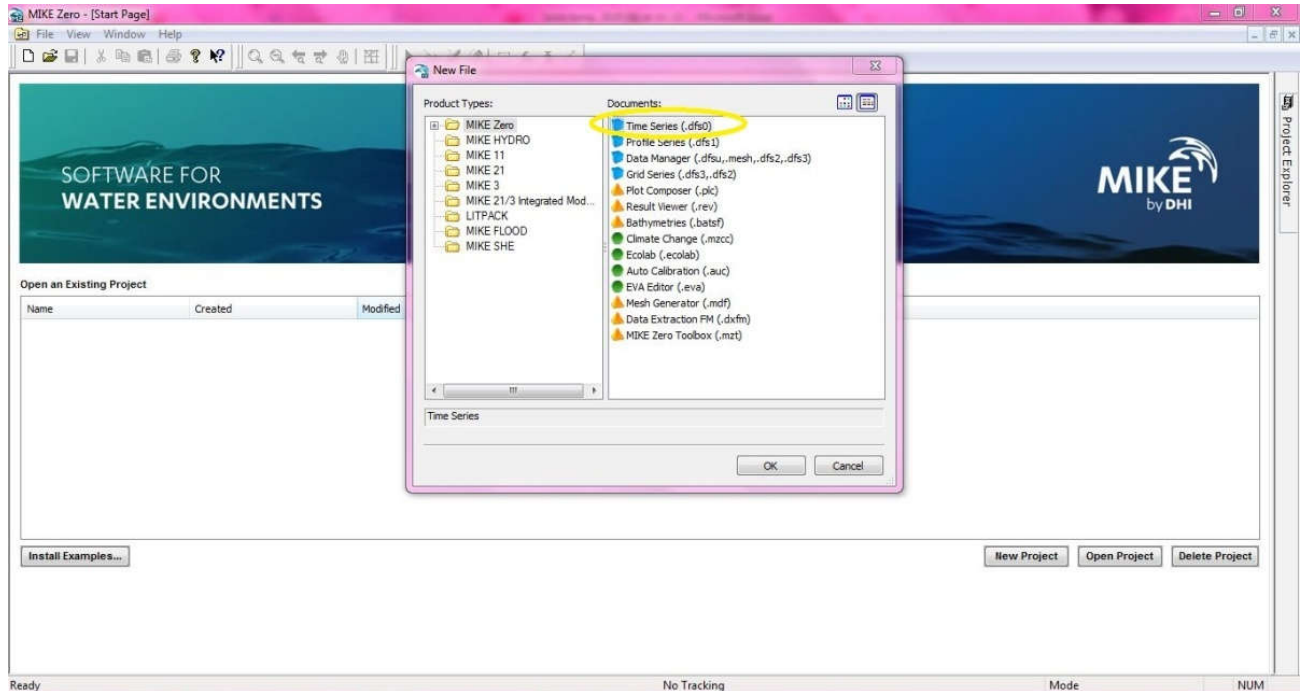


Figure 1: Préparation de la série du temps des houles pour une année 2020

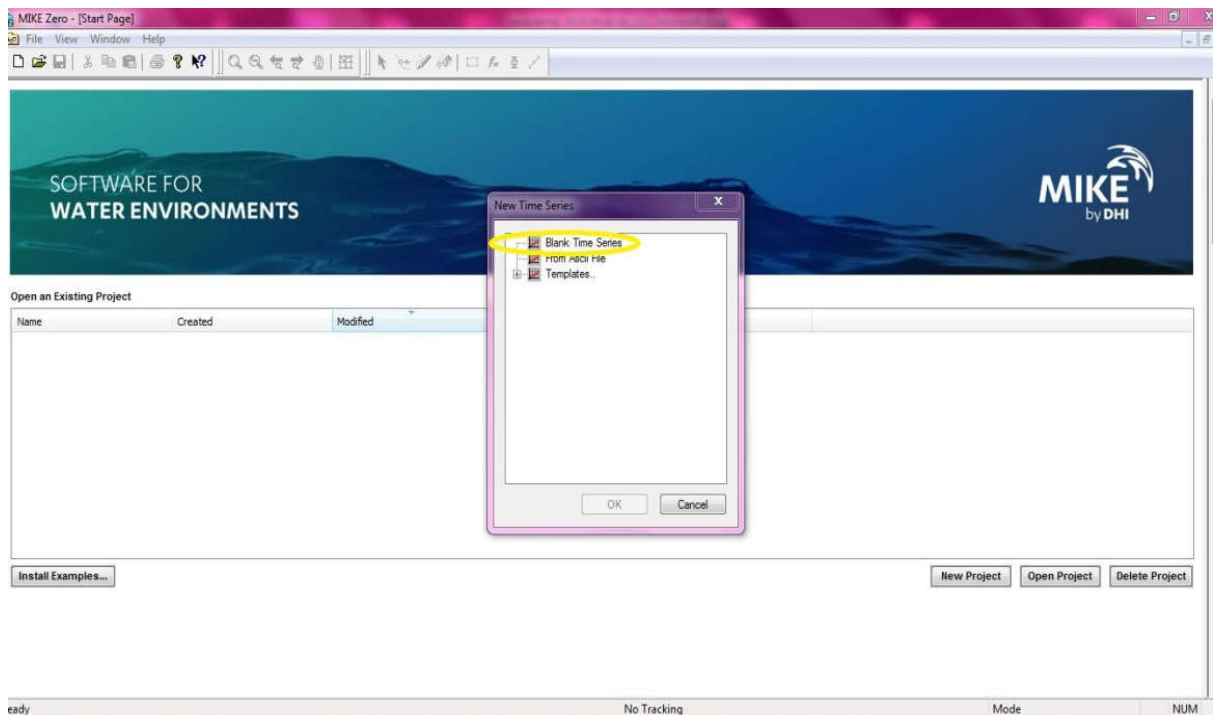


Figure 2: Choisie de série « blank time series »

ANNEXE

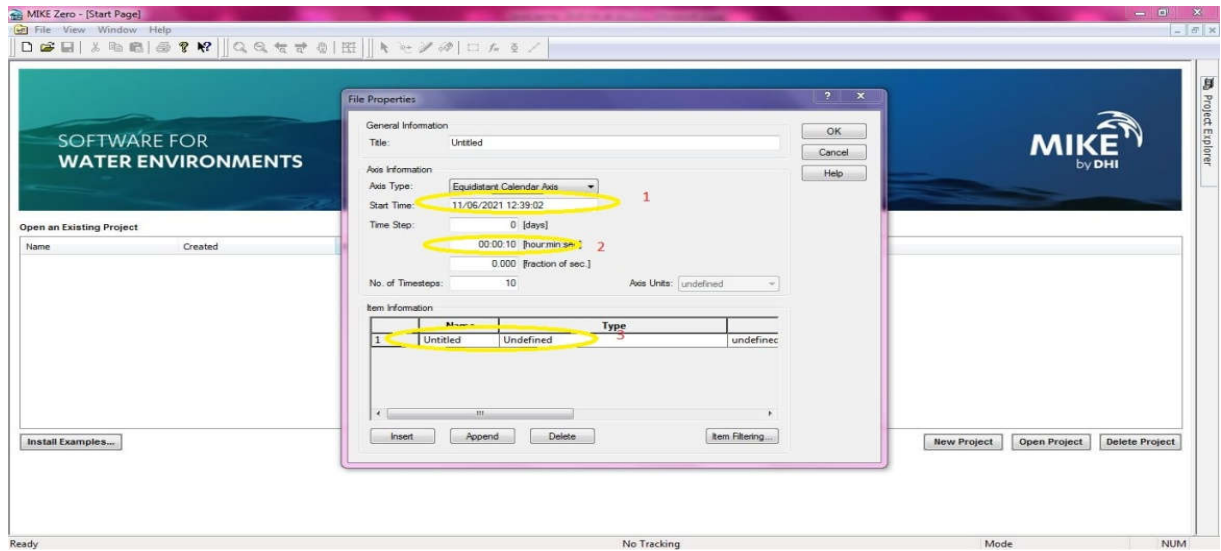


Figure 3: Création de la série du temps des vents pour une année 2020.

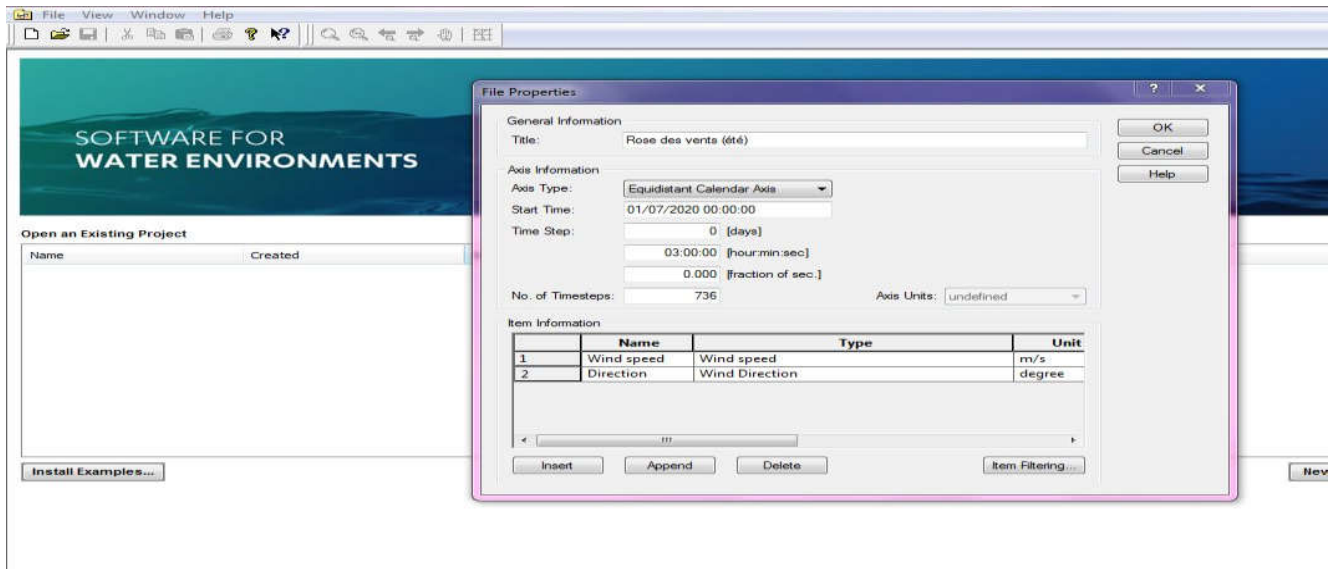


Figure 4 : Choisie des propriétés correspondante a la série (direction,speed)

ANNEXE

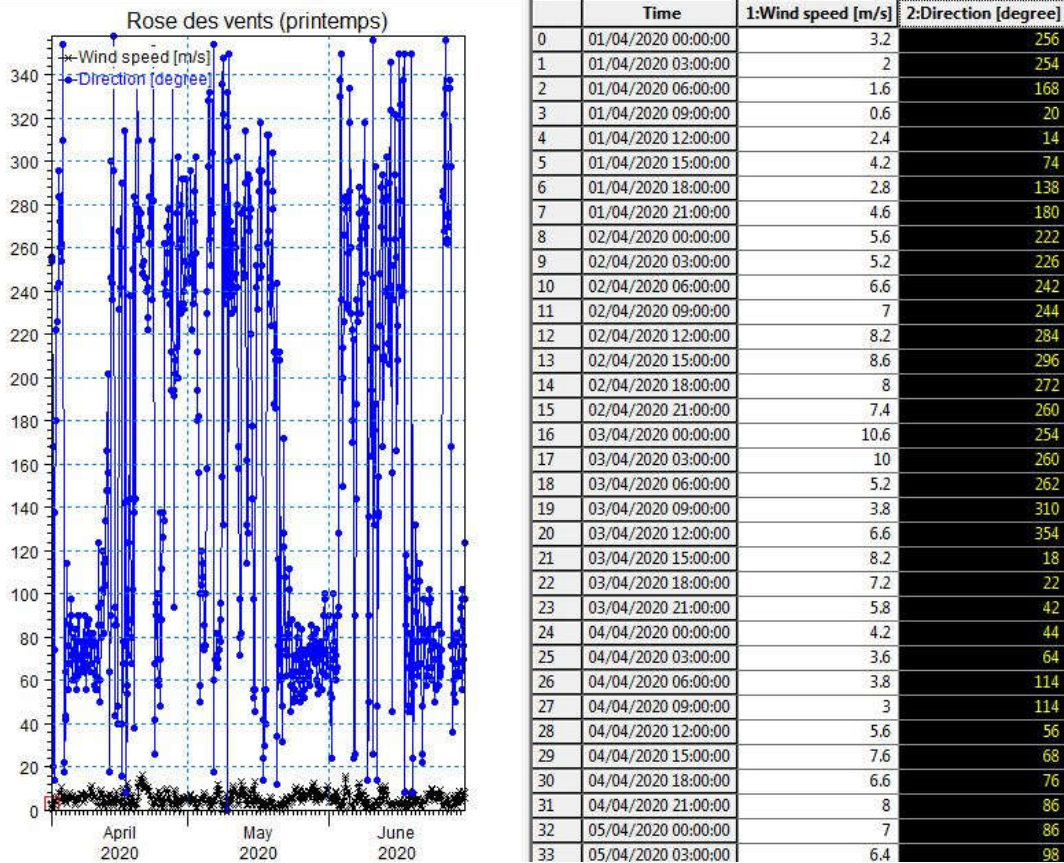


Figure 5 : Réation du graphe des roses des vents en fonction de direction ,vitesse

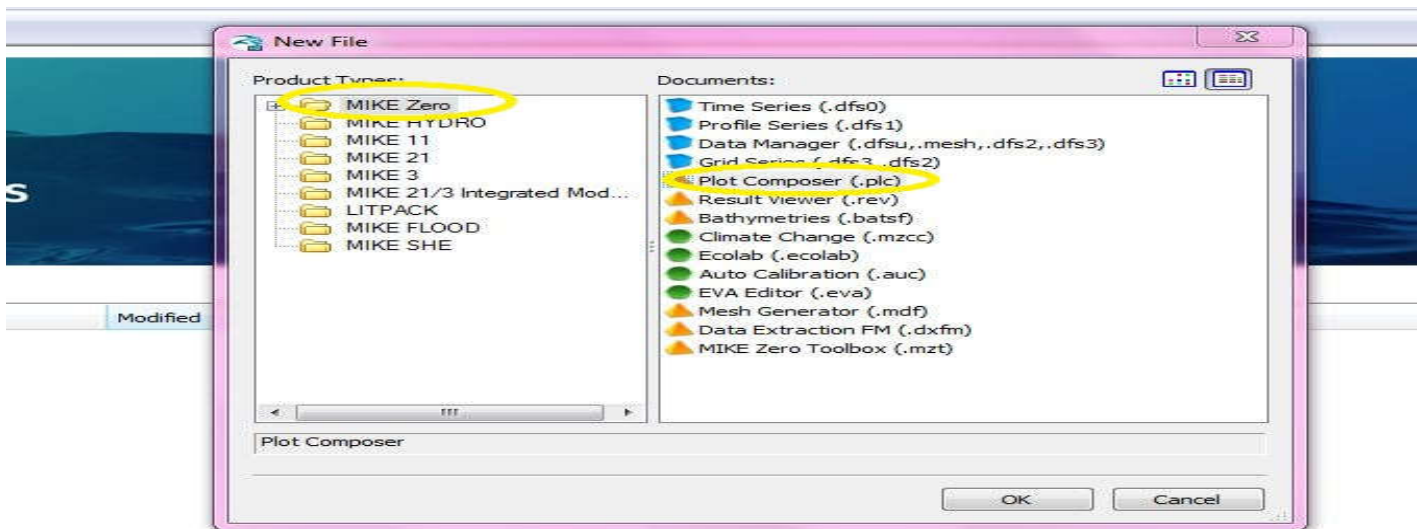
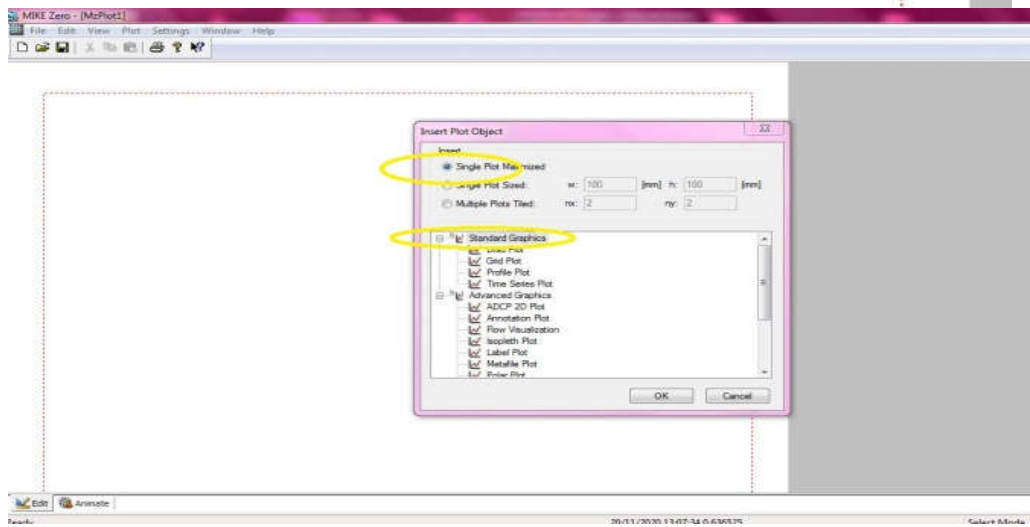
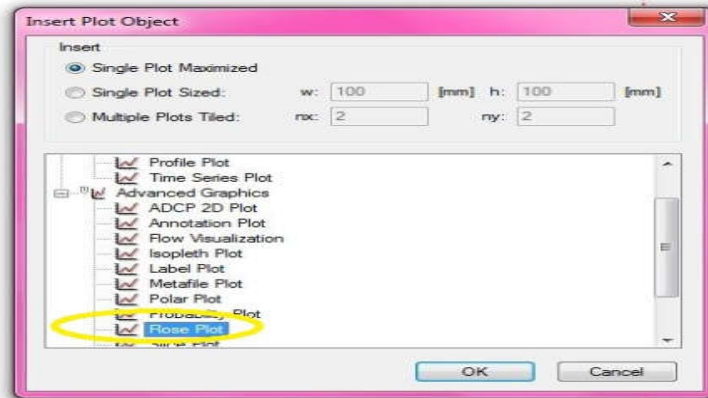


Figure 6: Choisir l'outil Plot Composer (.plc) pour dessiner rose des vents

ANNEXE



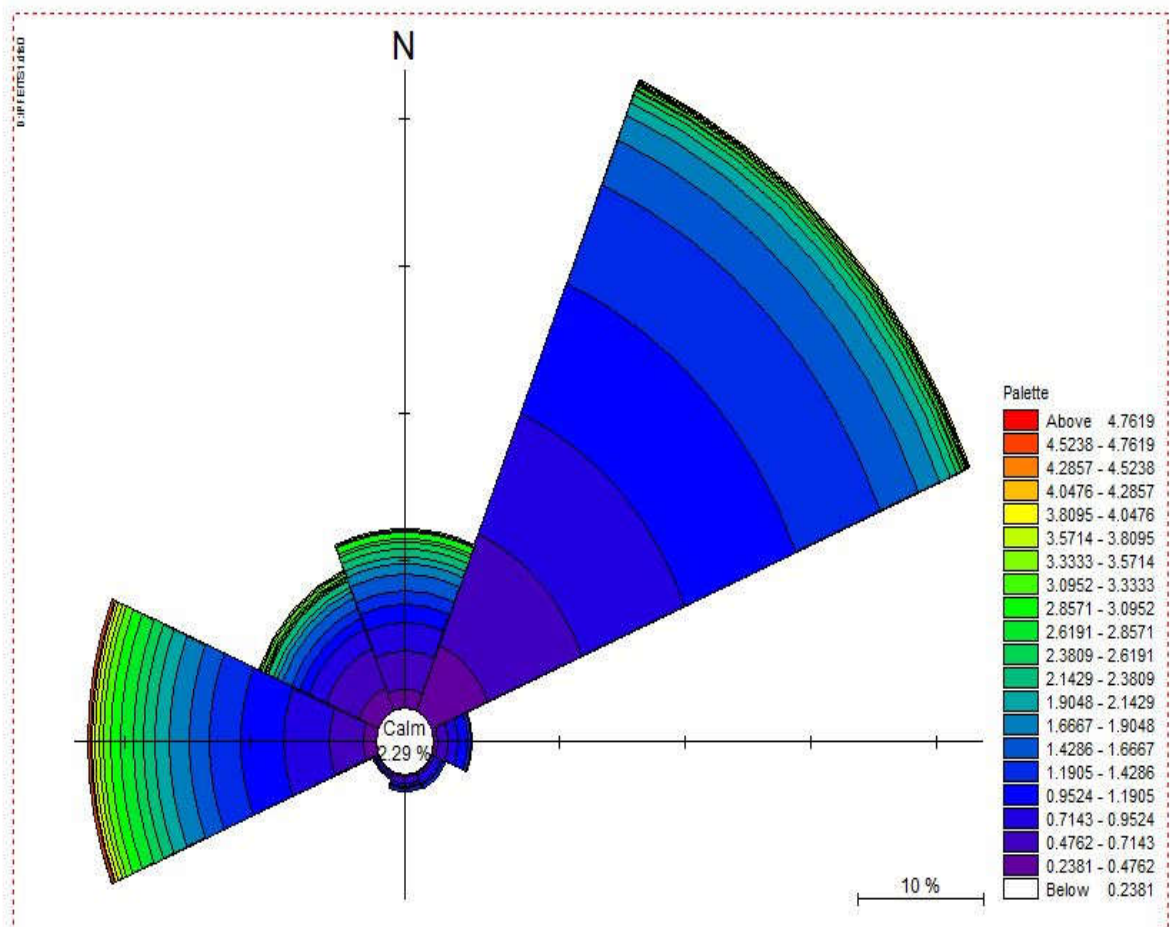


Figure 7: Création de la rose du vent saisonnier et annuel

Annexe .2

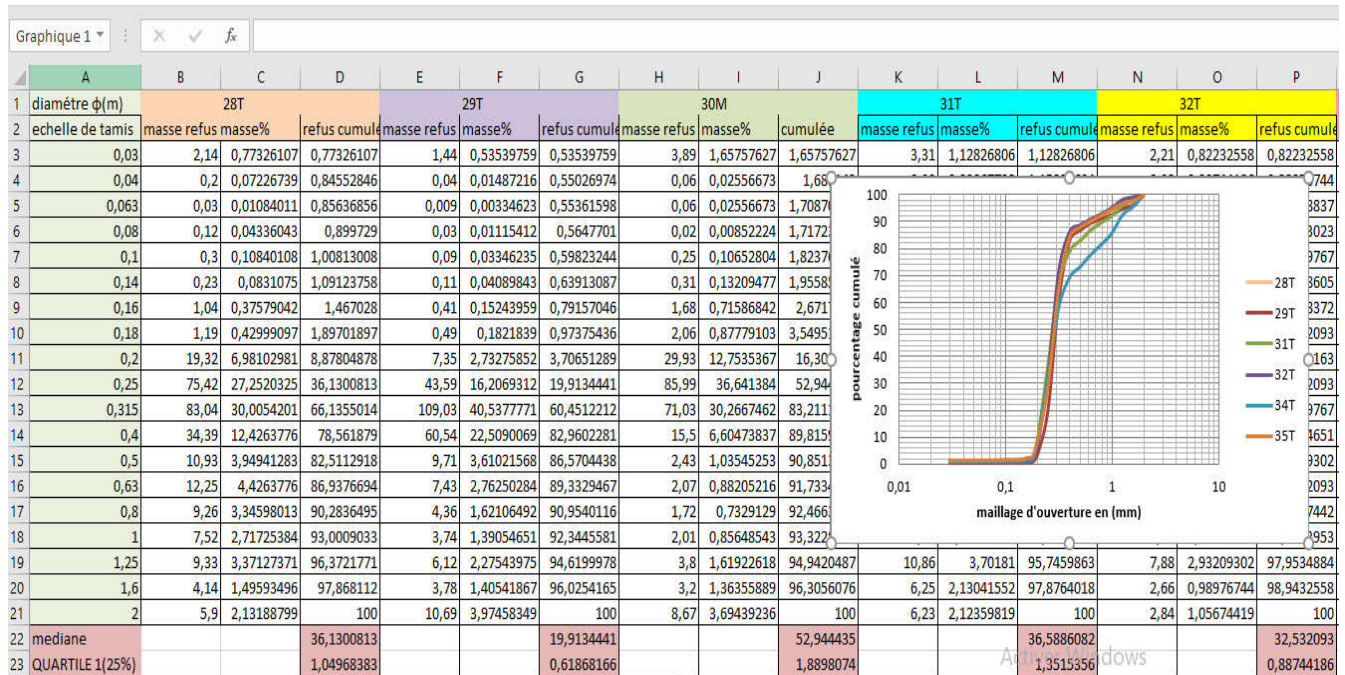


Figure 12 : Calcul des pourcentages de refus sur Excel

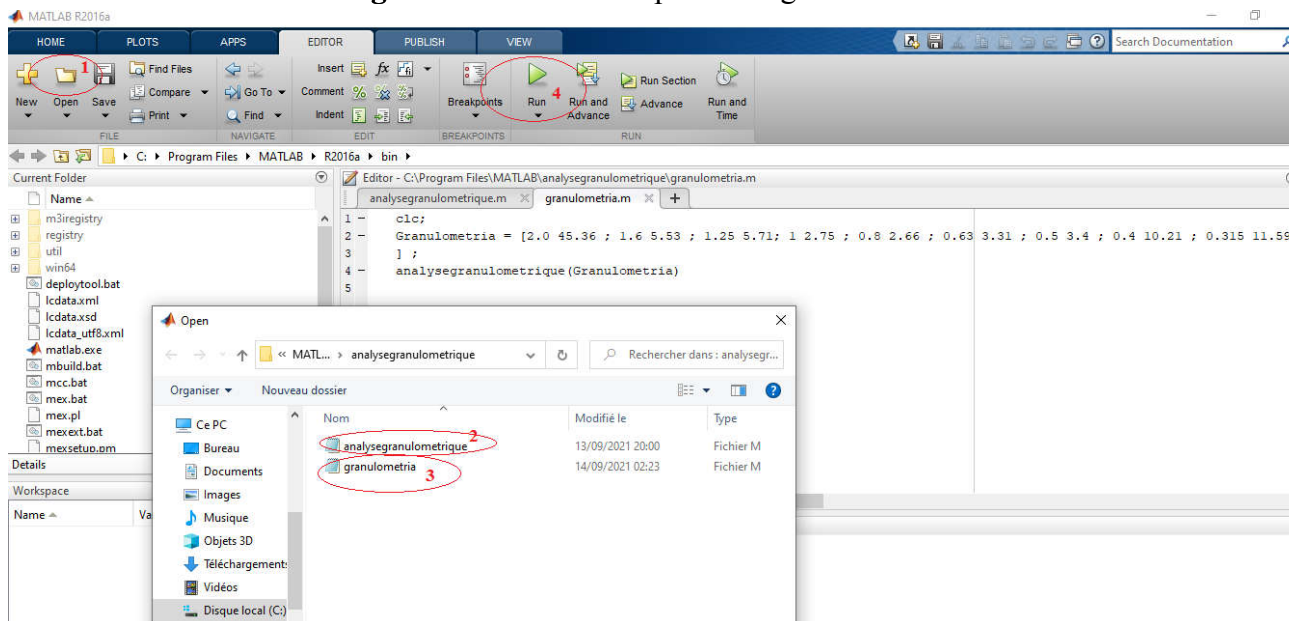


Figure 13: Calcul des indices granulométriques par logiciel MATLAB, R2014

ANNEXE

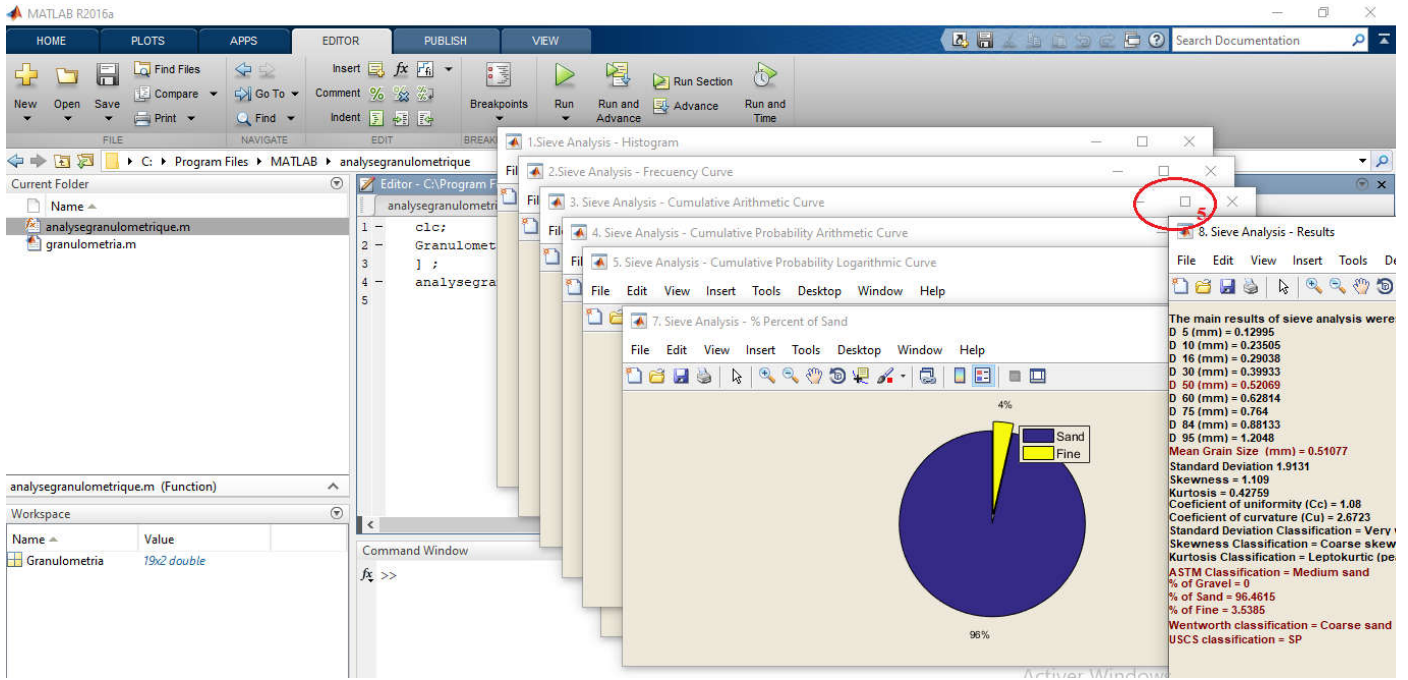
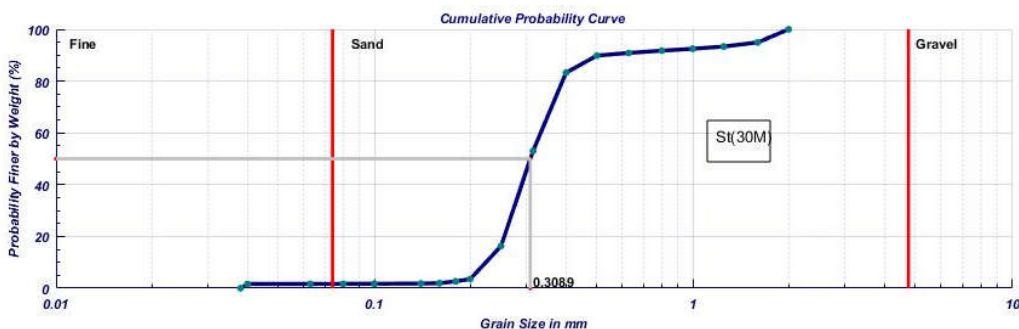


Figure 14 : Résultats obtenue des paramètres granulométriques par MATLAB, R2014.

| | Q | R | S | T | U | V | W | X | Y | Z | |
|----|-------------|----|---|-----------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------------|--|
| 4 | | | 0,39633 | 0,42295 | 0,39553 | 1,7009 | 0,37015 | | 0,44624 | | |
| 5 | | | 0,88867 | 1,2329 | 0,78444 | 1,965 | 0,50579 | | 0,77274 | | |
| 6 | | | 1,4828 | 1,7792 | 1,7625 | 1,9964 | 0,78594 | | 1,2832 | | |
| 7 | | | 0,84401 | 0,75478 | 0,82116 | 1,6054 | 0,96909 | | 0,88769 | | |
| 8 | | | 0,8689 | 0,97866 | 0,93284 | 1,3698 | 0,97198 | | 1,1181 | | |
| 9 | | | 2,0703 | 1,9086 | 1,9001 | 2,4133 | 1,7061 | | 1,877 | | |
| 10 | | | | | | | | | | | |
| 11 | | Mz | degré de cla: ϕ 16 ϕ 50 ϕ 84 ϕ 95 | | | | | | (Mz) | degré de classement | |
| 12 | | | 0,59089 | Sable moy | 1,40667492 | 0,72917208 | 0,14125508 | -0,25833801 | 0,75903403 | Sable moyen | |
| 13 | | | 0,64678 | Sable moy | 1,07142122 | 0,5820368 | 0,23249774 | -0,06860203 | 0,62865192 | Sable moyen | |
| 14 | | | 0,70202 | Sable moy | 1,14108007 | 0,4688107 | -0,07860983 | -0,62246187 | 0,51042698 | Sable moyen | |
| 15 | Frégate | | 0,47771 | Sable moy | 1,6931545 | 1,11847633 | 0,38569535 | -0,04516335 | 1,06577539 | Sables fin | |
| 16 | Sable moy | | 0,9128 | Sable moy | 1,03315613 | 0,1246131 | -0,76290155 | -0,94035471 | 0,13162256 | Sable moyen | |
| 17 | | | 0,51077 | Sable moy | 1,783986 | 0,9415034 | 0,18224578 | -0,26879368 | 0,96924506 | Sable moyen | |
| 18 | | | 0,46036 | Sable moy | 1,72609029 | 1,16459329 | 0,46869091 | 0,09005029 | 1,1197915 | Sables fin | |
| 19 | | | 0,44567 | Sable moy | 1,9415311 | 1,3121868 | 0,24413821 | -0,38681095 | 1,16595204 | Sables fin | |
| 20 | | | 0,44381 | Sable moy | 2,01048311 | 1,33522592 | 0,17028031 | -0,56832402 | 1,17199645 | Sables fin | |
| 21 | | | 0,52468 | Sable moy | 1,8520942 | 1,24144097 | -0,30205579 | -0,83122869 | 0,93049313 | Sables moyen | |
| 22 | | | 0,42487 | Sable moy | 2,01630771 | 1,33814097 | 0,35026499 | -0,81762326 | 1,23490456 | Sable fin | |
| 23 | | | 1,4636 | Sable fin | 0,09226327 | -0,76629832 | -0,97452931 | -0,99740081 | -0,54952145 | Sables grossier | |
| 24 | | | 0,36457 | Sable moy | 1,95003473 | 1,43381807 | 0,98338958 | 0,34750892 | 1,45574746 | Sables fin | |
| 25 | Alger plage | | 0,46858 | Sable moy | 1,74497395 | 1,16410826 | 0,27194502 | -0,25974605 | 1,09364241 | Sables fin | |

Figure 15 : Calculs des ϕ pour des indices



ANNEXE

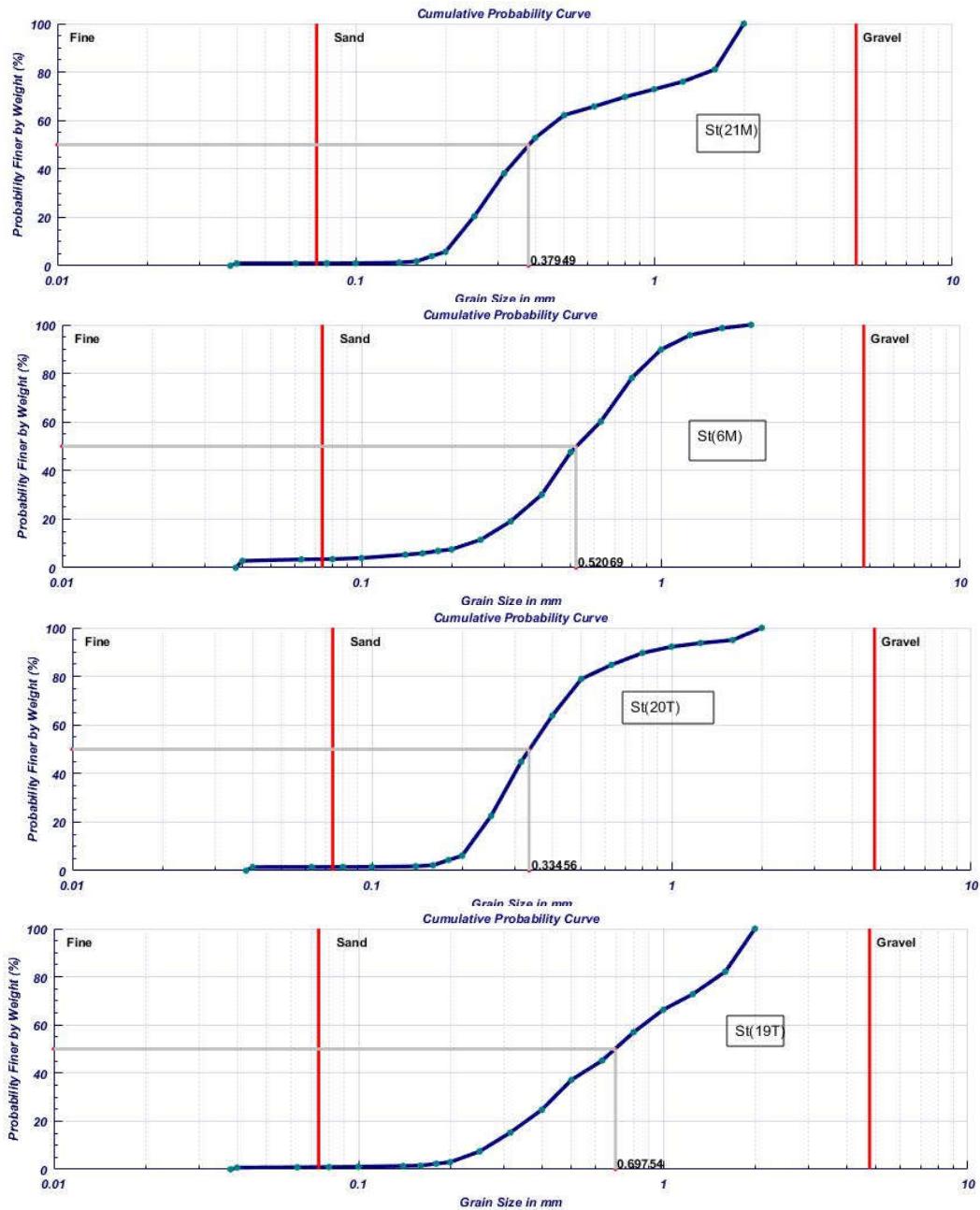


Figure 16 : Résultats de courbe granulométriques sur MATLAB de quelque stations (6T,19T,20T,21M,30M).

ANNEXE

| | |
|--|--|
| The main results of sieve analysis were: | The main results of sieve analysis were: |
| D 5 (mm) = 0.38181 | D 5 (mm) = 0.23193 |
| D 10 (mm) = 0.44 | D 10 (mm) = 0.27579 |
| D 16 (mm) = 0.48864 | D 16 (mm) = 0.30925 |
| D 30 (mm) = 0.67447 | D 30 (mm) = 0.37882 |
| D 50 (mm) = 0.91725 | D 50 (mm) = 0.46058 |
| D 60 (mm) = 1.0884 | D 60 (mm) = 0.51896 |
| D 75 (mm) = 1.4693 | D 75 (mm) = 0.67518 |
| D 84 (mm) = 1.6969 | D 84 (mm) = 0.76541 |
| D 95 (mm) = 1.919 | D 95 (mm) = 1.0318 |
| Mean Grain Size (mm) = 0.9128 | Mean Grain Size (mm) = 0.47771 |
| Standard Deviation 1.7866 | Standard Deviation 1.6086 |
| Skewness = 1.0343 | Skewness = 0.93249 |
| Kurtosis = 0.59157 | Kurtosis = 0.51621 |
| Coefficient of uniformity (Cc) = 0.9499 | Coefficient of uniformity (Cc) = 1.0027 |
| Coefficient of curvature (Cu) = 2.4737 | Coefficient of curvature (Cu) = 1.8817 |
| Standard Deviation Classification = Very well sorted | Standard Deviation Classification = Very well sorted |
| Skewness Classification = Near symmetrical | Skewness Classification = Fine skewed |
| Kurtosis Classification = Platykurtic | Kurtosis Classification = Mesokurtic |
| ASTM Classification = Medium sand | ASTM Classification = Medium sand |
| % of Gravel = 0 | % of Gravel = 0 |
| % of Sand = 99.5051 | % of Sand = 96.9483 |
| % of Fine = 0.49489 | % of Fine = 3.0517 |
| Wentworth classification = Coarse sand | Wentworth classification = Medium sand |
| USCS classification = SP | USCS classification = SP |
| The main results of sieve analysis were: | The main results of sieve analysis were: |
| D 5 (mm) = 0.31098 | D 5 (mm) = 0.40965 |
| D 10 (mm) = 0.39934 | D 10 (mm) = 0.44949 |
| D 16 (mm) = 0.45342 | D 16 (mm) = 0.47585 |
| D 30 (mm) = 0.58412 | D 30 (mm) = 0.55639 |
| D 50 (mm) = 0.72256 | D 50 (mm) = 0.66802 |
| D 60 (mm) = 0.78231 | D 60 (mm) = 0.70706 |
| D 75 (mm) = 0.91756 | D 75 (mm) = 0.78077 |
| D 84 (mm) = 1.056 | D 84 (mm) = 0.85116 |
| D 95 (mm) = 1.5395 | D 95 (mm) = 1.0487 |
| Mean Grain Size (mm) = 0.70202 | Mean Grain Size (mm) = 0.64678 |
| Standard Deviation 1.6128 | Standard Deviation 1.3526 |
| Skewness = 1.0557 | Skewness = 1.0744 |
| Kurtosis = 0.43823 | Kurtosis = 0.51204 |
| Coefficient of uniformity (Cc) = 1.0922 | Coefficient of uniformity (Cc) = 0.97407 |
| Coefficient of curvature (Cu) = 1.959 | Coefficient of curvature (Cu) = 1.573 |
| Standard Deviation Classification = Very well sorted | Standard Deviation Classification = Very well sorted |
| Skewness Classification = Near symmetrical | Skewness Classification = Coarse skewed |
| Kurtosis Classification = Leptokurtic (peaked) | Kurtosis Classification = Mesokurtic |
| ASTM Classification = Medium sand | ASTM Classification = Medium sand |
| % of Gravel = 0 | % of Gravel = 0 |
| % of Sand = 97.9223 | % of Sand = 99.0658 |
| % of Fine = 2.0777 | % of Fine = 0.93421 |
| Wentworth classification = Coarse sand | Wentworth classification = Coarse sand |
| USCS classification = SP | USCS classification = SP |

Figure 16 : Résultats obtenues des indices d'après MATLAB de quelque stations (1T,2T,3M,4T).

Tableau 1 : Les coordonnées géographiques des stations de prélèvement avec le pourcentage des particules fines et le diamètre de grain moyen de la zone d'étude Bordj-El Bahri.

| Station | X | Y | pélites % | D50(mm) |
|---------|-----------|------------|-----------|---------|
| 1T | 520850.56 | 4071201.56 | 1.53 | 0,60325 |
| 2T | 520841.02 | 4071209.53 | 0.82 | 0,66802 |
| 3M | 520830.29 | 4071219.5 | 1.33 | 0,72256 |
| 4T | 520859.72 | 4071223.68 | 3.65 | 0,46058 |
| 5T | 520849.89 | 4071229.52 | 0.43 | 0,91725 |
| 6M | 520832.03 | 4071238.37 | 0.95 | 0,52069 |

ANNEXE

| | | | | |
|-----|-----------|------------|------|---------|
| 7T | 520865.03 | 4071242.8 | 1.12 | 0,44609 |
| 8T | 520857.88 | 4071246 | 0.71 | 0,40271 |
| 9M | 520842.7 | 4071251.69 | 1.37 | 0,39633 |
| 10T | 521076.22 | 4071715.88 | 1.13 | 0,42295 |
| 11T | 521068.18 | 4071717.05 | 0.78 | 0,39553 |
| 12M | 521054.81 | 4071714.6 | 0.32 | 1,7009 |
| 13T | 521076.17 | 4071733.27 | 0.88 | 0,37015 |
| 14T | 521063.68 | 4071733.38 | 3.31 | 0,44624 |
| 15M | 521051.19 | 4071733.35 | 0.47 | 1,8509 |
| 16T | 521078.77 | 4071766.91 | 1.17 | 0,66857 |
| 17T | 521059.14 | 4071765.75 | 1.53 | 0,65404 |
| 18M | 521045.75 | 4071760.95 | 0.09 | 1,7898 |
| 19T | 521069.23 | 4072015.18 | 0.78 | 0,69753 |
| 20T | 521062.1 | 4072014.81 | 1.88 | 0,33456 |
| 21M | 521049.61 | 4072011.46 | 1.13 | 0,37949 |
| 22T | 521055.76 | 4072049.68 | 1.19 | 0,56796 |
| 23T | 521046.85 | 4072047.11 | 2.05 | 0,3146 |
| 24M | 521033.48 | 4072042.7 | 0.37 | 1,8196 |
| 25T | 521035.16 | 4072082.8 | 0.8 | 1,4966 |
| 26T | 521027.14 | 4072079.44 | 5.83 | 1,4779 |
| 27M | 521019.13 | 4072073.98 | 0.75 | 1,9014 |
| 28T | 521124.42 | 4072426.55 | 1.07 | 0,34757 |
| 29T | 521118.17 | 4072427.19 | 0.72 | 0,37474 |
| 30M | 521106.57 | 4072429.43 | 1.95 | 0,3089 |
| 31T | 521131.51 | 4072444.83 | 1.66 | 0,34642 |
| 32T | 521123.47 | 4072449.36 | 1.11 | 0,34806 |
| 33M | 521110.98 | 4072450.43 | 1.35 | 0,29301 |
| 34T | 521141.24 | 4072481.13 | 1 | 0,36681 |
| 35T | 521132.31 | 4072483.64 | 2.34 | 0,36218 |
| 36M | 521123.39 | 4072482.62 | 0.91 | 1,616 |

- **Répartition de diamètre des grains moyens et le pourcentage des particules fines sur les cartes référencées des plages :**

La réalisation de carte (M.Keragel)

- une image géo référencée de chaque plage d'étude
- créer un vecteur trait de côte et le digitaliser
- préparer sur Excel un tableau regroupant 4 colonnes station, longitude, latitude, pélite (pour la carte répartition de pourcentage des pélite) et station, longitude, latitude, D₅₀ (pour la carte de répartition des diamètres de grains moyens)
- convertir l'excel en fichier csv
- ouvrir le fichier csv sur ArcGis avec Add data puis clic droit dessus " display x et y". Une fois les points ajoutés, enregistrez les sous forme de shapefile (clic droit, data, export data)
- dans arctoolbox, chercher les outils d'interpolation IDW.
- si l'interpolation dépasse la zone désirée, création d'un polygone de la zone désirée puis rogner l'image d'interpolation avec le polygone.
- mise en page et enregistrer la carte (clic droite export carte, format jpg).

ANNEXE

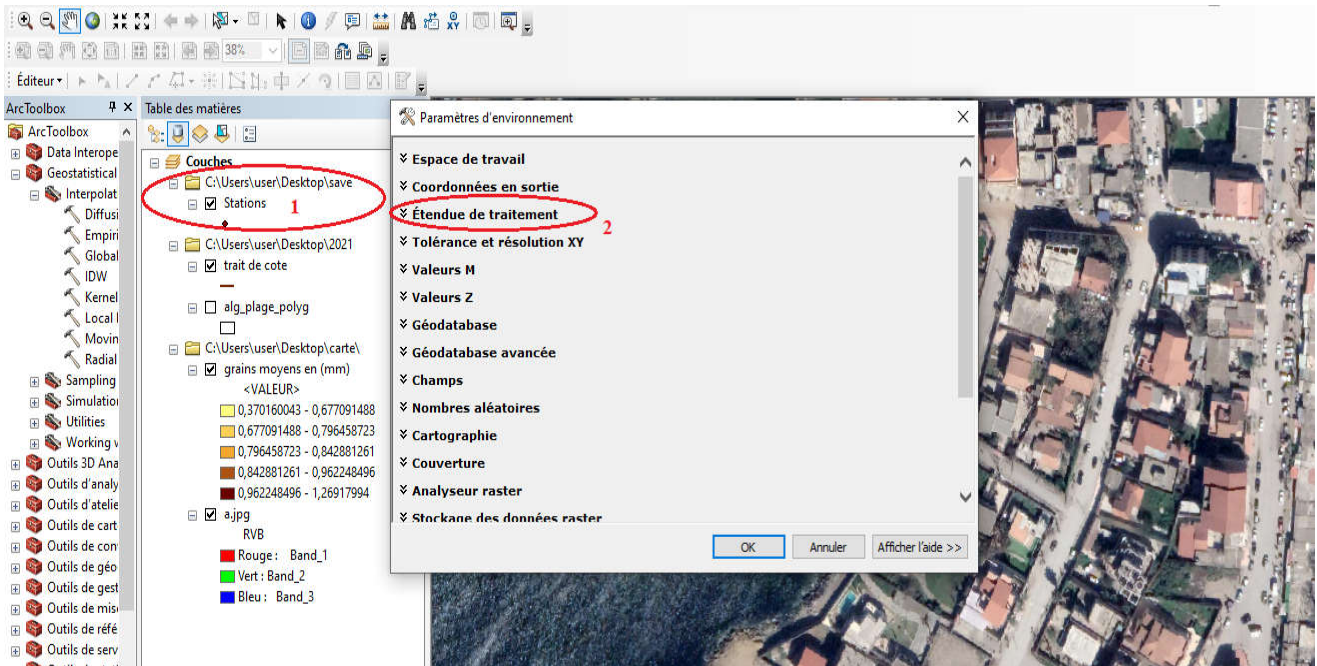
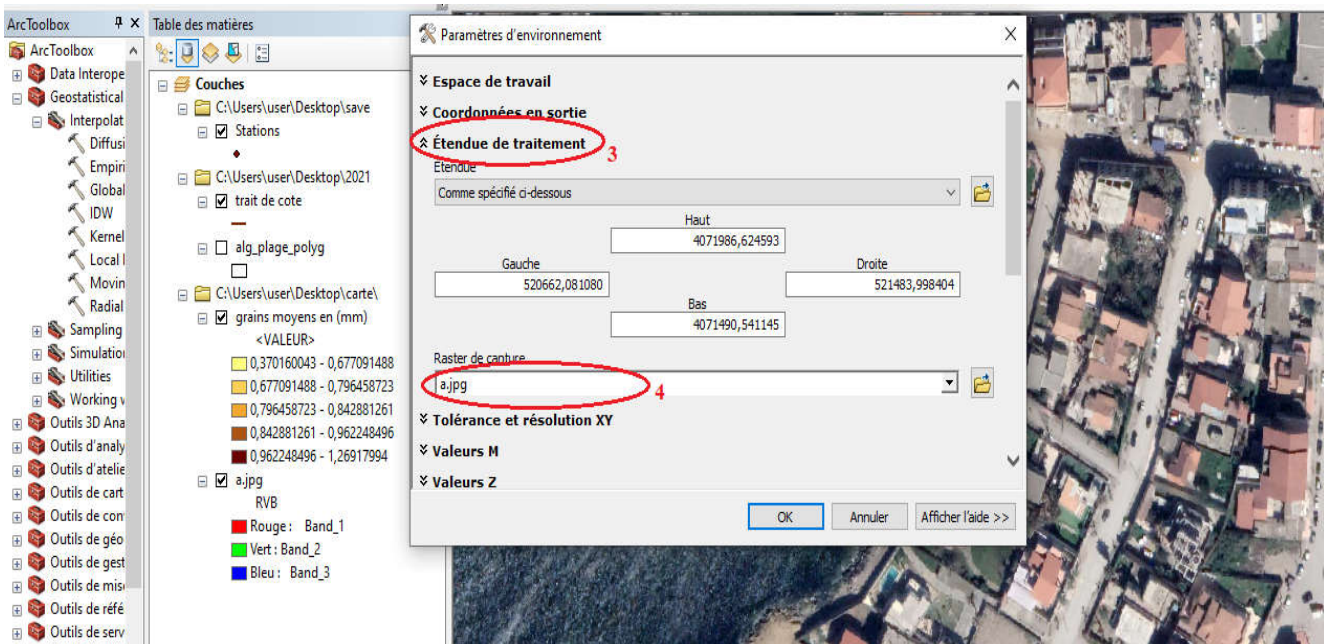


Figure 17 : Etape 1 d'introduction des paramètres d'environnement



ANNEXE

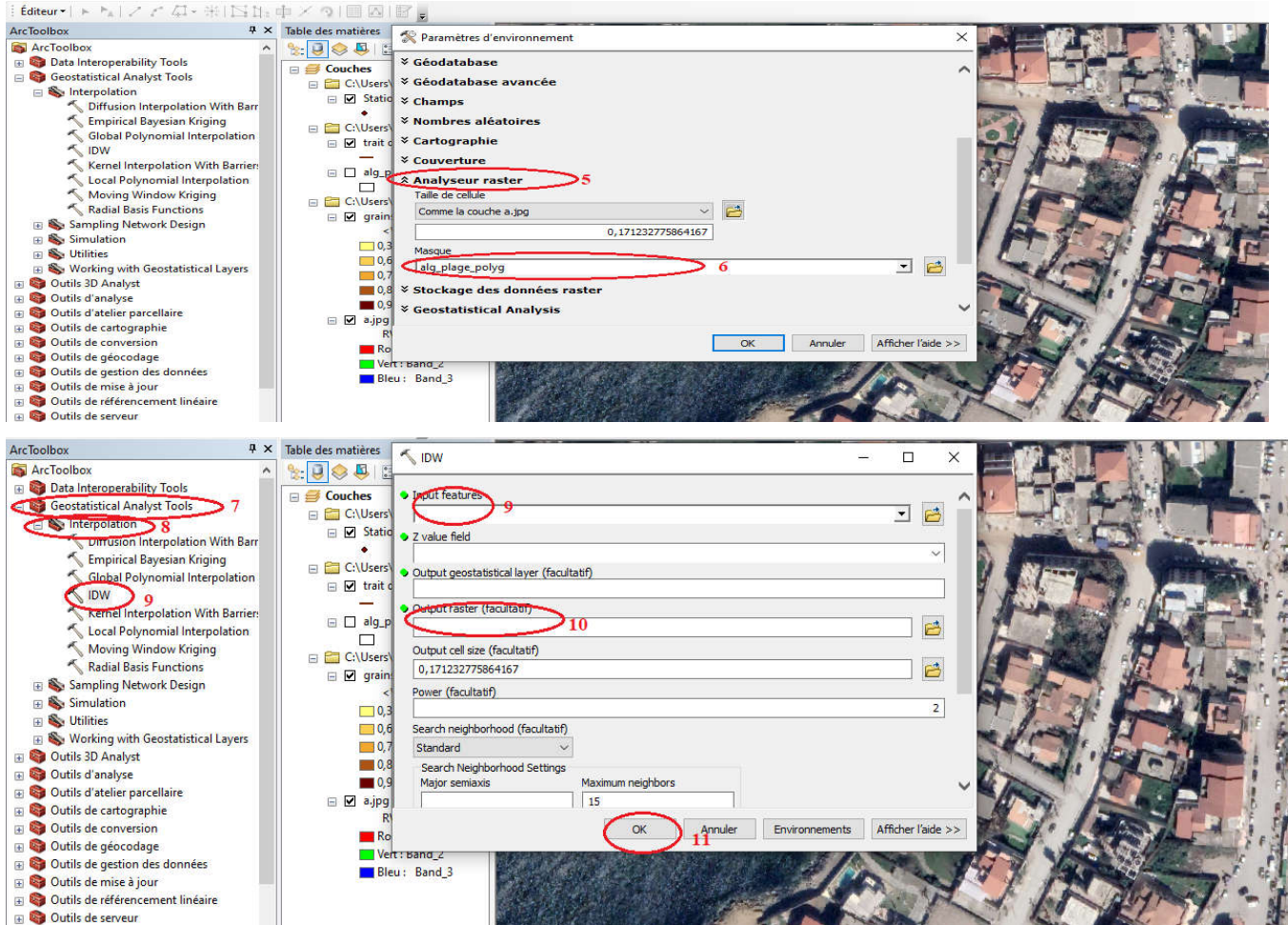


Figure 18 : Etapes d'interpolation des paramètres (pérites %, D_{50}) sur la carte exemple Alger plage

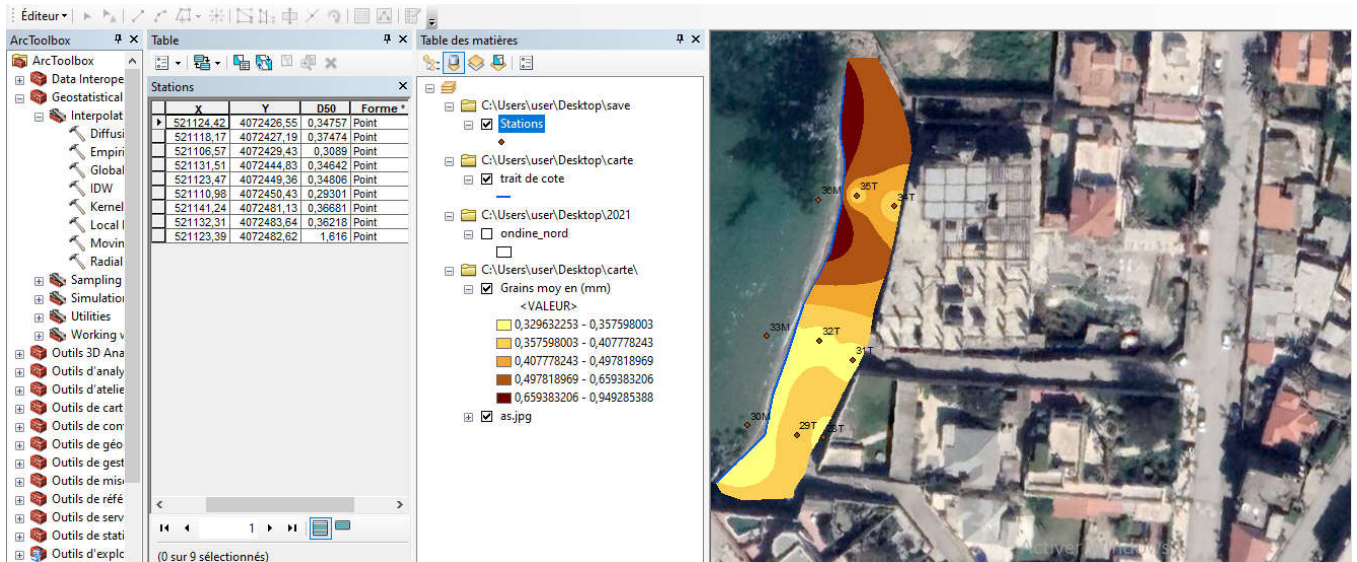


Figure 19: Résultats de répartition sur Arc Map exemple (Alger plage)

Annexe .3

Tableau : Les mesures in situ des profondeurs et sur Modèle Mike HD

| Station (T:terre/M) | X | Y | Z(m) | still water depth HD |
|---------------------|-----------|------------|-------|----------------------|
| 3M | 520830,29 | 4071219,5 | -0.7 | 1,002 |
| 6M | 520832,03 | 4071238,37 | -0.85 | 0,96 |
| 9M | 520842,7 | 4071251,69 | -0.75 | 0,91 |
| 12M | 521054,81 | 4071714,6 | -0.9 | 0,93 |
| 15M | 521051,19 | 4071733,35 | -0.9 | 0,92 |
| 18M | 521045,75 | 4071760,95 | -0.77 | 0,85 |
| 21M | 521049,61 | 4072011,46 | -0.8 | 0,85 |
| 24M | 521033,48 | 4072042,7 | -0.85 | 0,92 |
| 27M | 521019,13 | 4072073,98 | -0.7 | 0,9 |
| 30M | 521106,57 | 4072429,43 | -0.74 | 0,79 |
| 33M | 521110,98 | 4072450,43 | -0.65 | 0,79 |
| 36M | 521123,39 | 4072482,62 | -0.83 | 0,83 |

- Simulation pour la zone d'étude sur Mike 21 pour extraction des données hydrodynamique

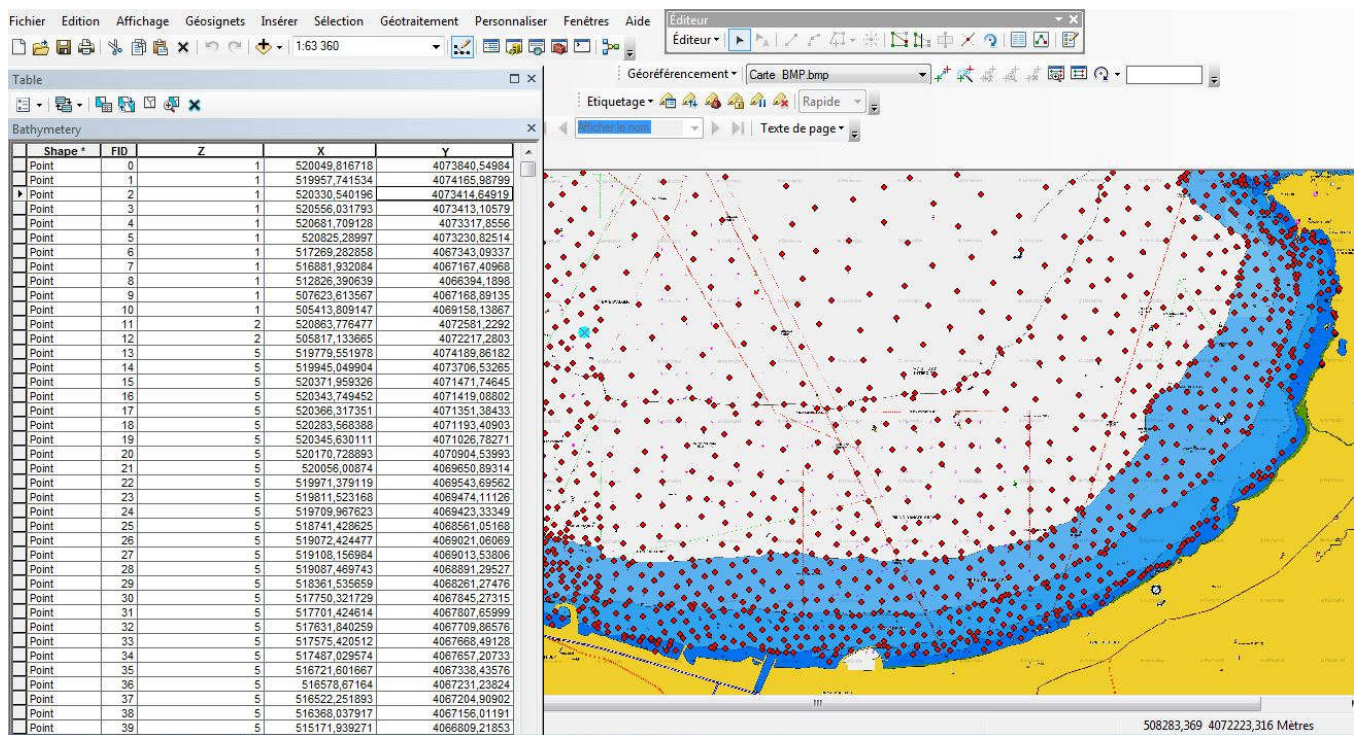


Figure 20 : Sur la carte géo référencées sur Arc introduction des données bathymétrique Map.

Génération de maillage :

New file → Mike Zero → Mesh générateur → système de projection WGS 1984 Zone31 (dans notre cas) Data import → boundry → add(fichier x,y,z) → apply →

Select points → propriétés → nodesto vertics

ANNEXE

Outil « Draw arc » pour dessiner les arcs afin de délimiter la zone de maillage

(Draw arc → ajout des arcs → insert end nodes → sélectionner arc → propriété → Data manage scatter data) ; on utilise le code 0 et 1 pour déterminer la terre seulement (land)

Génération de Mesh

Mesh generate Mesh → interpolate → contour palette → new → bathymétrie (m) → export Mesh .

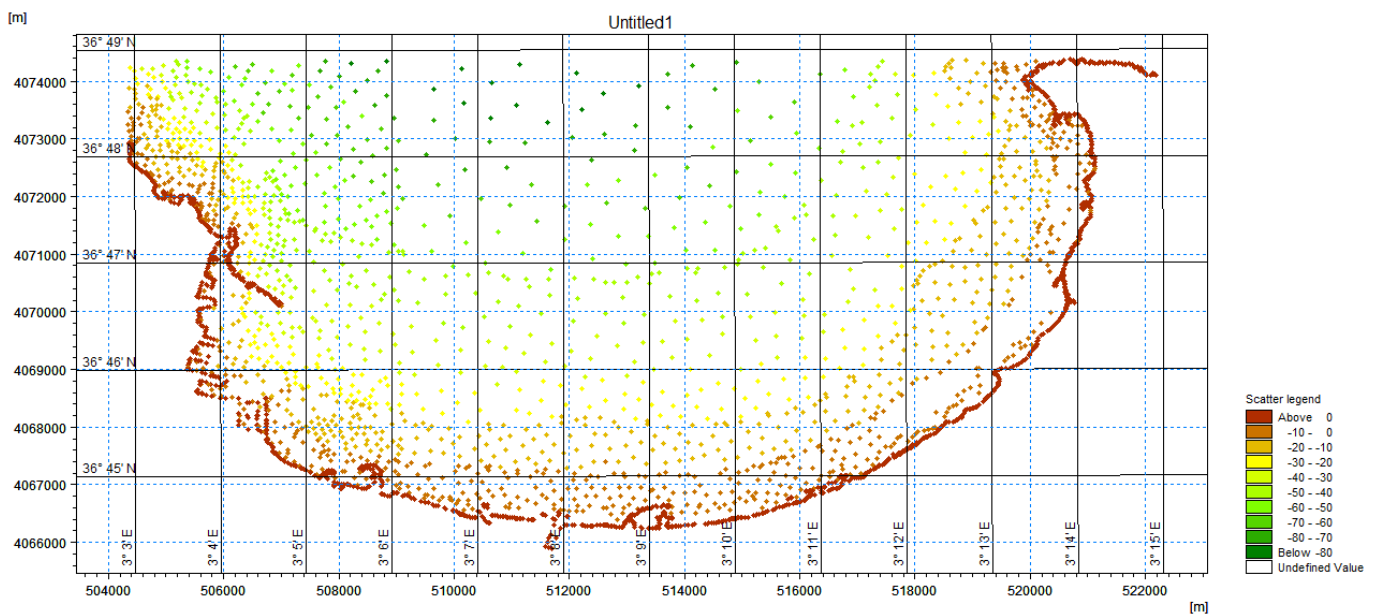
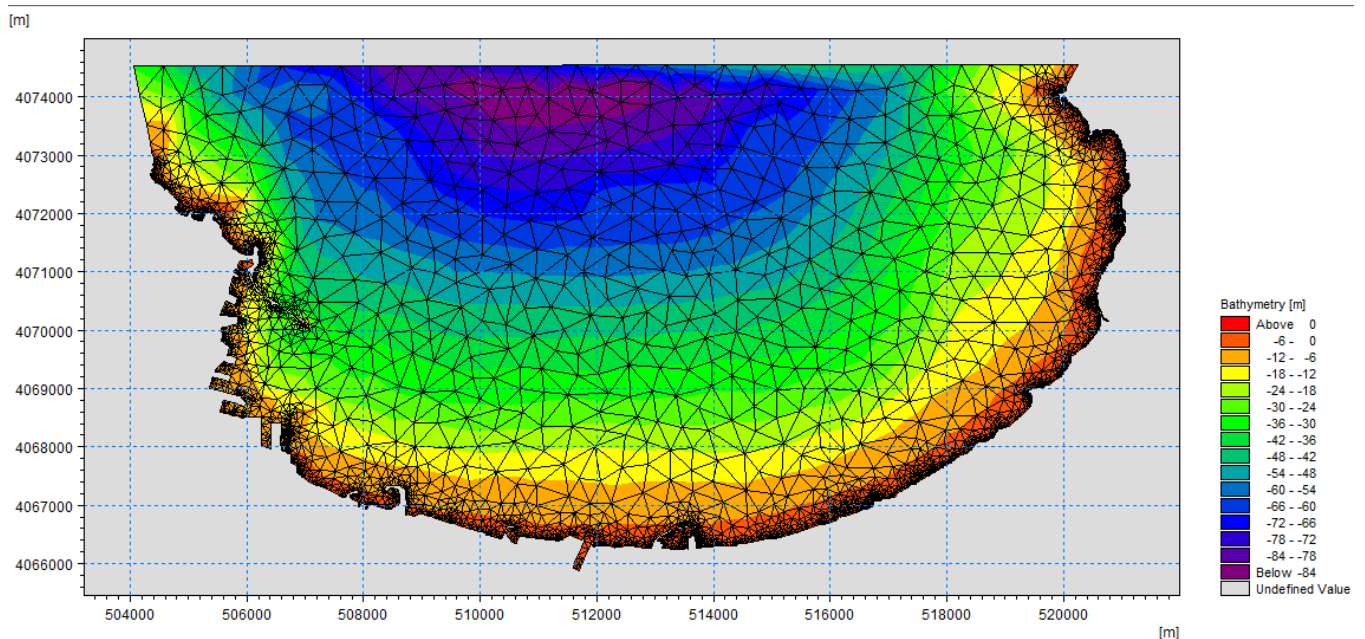


Figure 21 : génération de la Mesh sur Mike 21



ANNEXE

Figure 22: Résultat de génération de Mesh de la Baie d'Alger

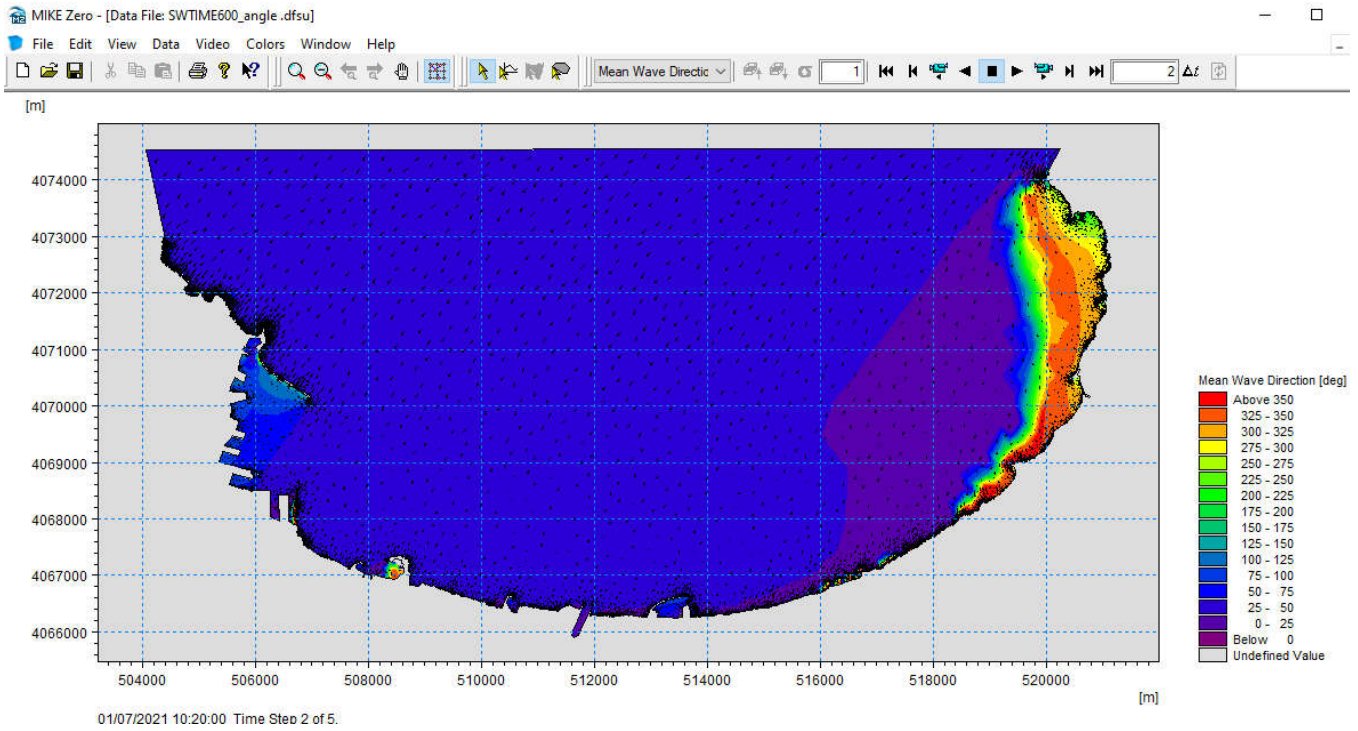


Figure 23 : Extraction des paramètres (H_s , length, mean wave direction , water depth , current direction)des modèles SW et HD

Annexe .5

| La formule de Kamphuis Mil-Homens et al., 2013) | | |
|---|---------------|--------------|
| | Qt(kg/s) | Qt(m3/an) |
| Frégate | -0,0996347127 | -5027,966146 |
| Alger Plage | -0,0078453891 | -395,9097188 |
| Ondine Sud | -0,0397194632 | -2004,402993 |
| Ondine Nord | -0,0702805103 | -3546,635673 |

$$Q_t = 0.15 \frac{\rho_s}{(\rho_s - \rho)} \cdot T_p^{0.89} \tan \beta^{0.86} D_{50}^{-0.69} H_b^{2.75} [\sin(2\theta_b)]^{0.5}$$

| La formule Kamphuis modifié par Shanas et Sanil Kumar 2014 | | | |
|--|--------------|---------------|--------------|
| | m3 | Qt (m3/s) | Qt (m3/an) |
| Frégate | -15040,31785 | -4,177866068 | -131769895,8 |
| Alger Plage | -2422,10564 | -0,6728071223 | -21220336,64 |
| Ondine Sud | -7668,957573 | -2,130265992 | -67188589,4 |
| Ondine Nord | -10117,83151 | -2,810508754 | -88643446,09 |

$$Q_t = 6.4 * 10^4 H_b^{2.75} T_p^{1.5} \tan \beta^{0.75} D_{50}^{-0.25} \sin 2\theta_b^{0.6}$$

ANNEXE

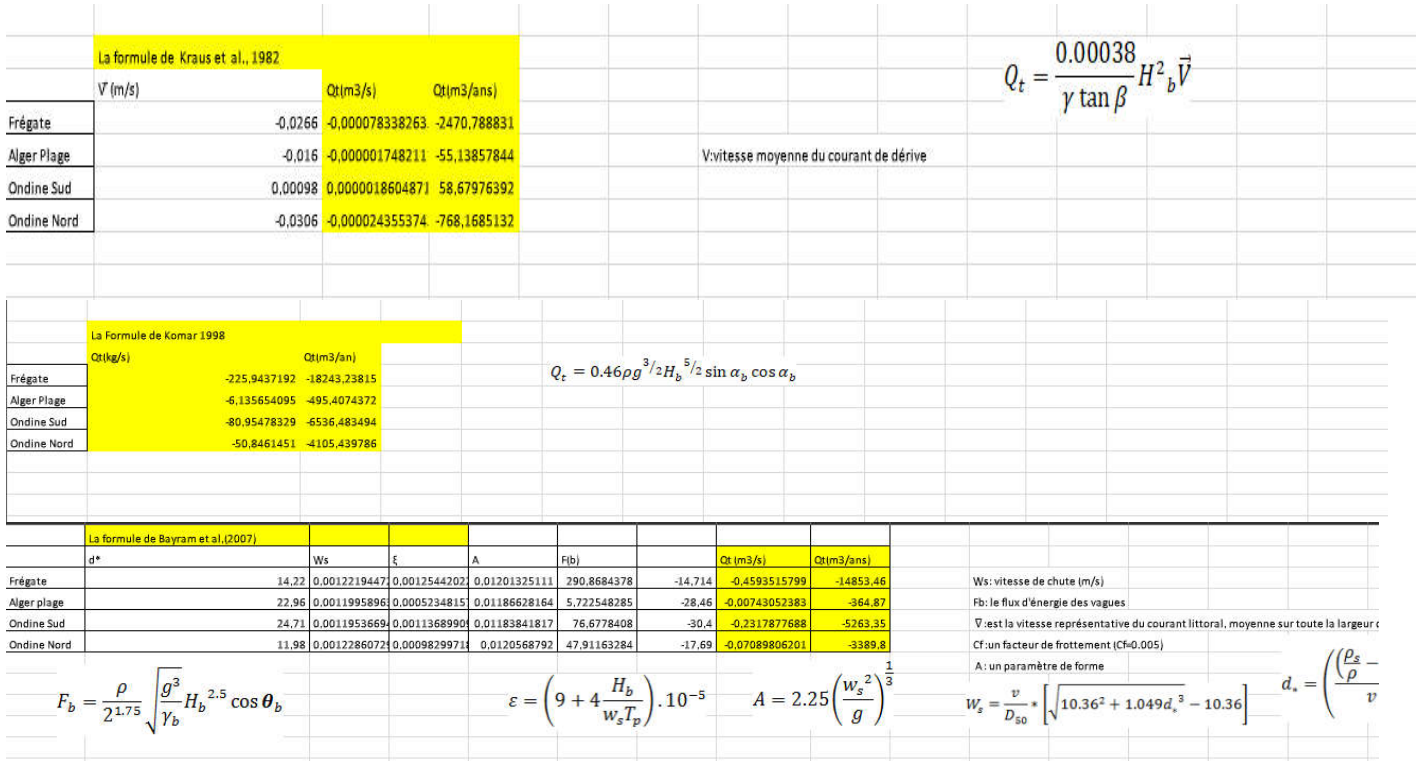


Figure 24 : Tableaux des calculs de quantification des plages avec les différentes équations

Résumé

Le secteur d'étude se situe à l'Est de la Baie d'Alger ; il se localise à côté de l'embouchure d'Oued El Hamiz. L'objectif principal de cette recherche est de contribuer à la compréhension des processus hydro-sédimentaire qui s'effectuent aux quatre plages de Bordj-El-Bahri. Afin d'atteindre cet objectif, notre démarche débute avec une étude granulométrique, les résultats de cette étude ont montré la présence d'une répartition des sédiments moyen au niveau de notre zone d'étude en biais des résultats de la médiane (D50). Les valeurs de l'indice de classement et du coefficient d'asymétrie indiquent la présence d'un sédiment bien classé avec un classement maximum vers les particules fines, cela explique que les courants existants sont réguliers et faibles. Ensuite, l'étude est basée sur une approche modélisatrice. Cette approche est basée sur l'utilisation des modèles numériques. Les modèles de simulation ont été construits à l'aide des codes de calcul Mike 21 (SW, HD). Les résultats de la modélisation numérique de la propagation de la houle et des courants résultent une énergie des houles atténuées du large vers la côte. Les houles les plus énergétiques du Nord-Est génèrent des courants de dérive littorale. Enfin, la prédiction des flux sédimentaire qui constitue l'une des tâches les plus importantes accomplies dans ce travail. Les résultats des flux sédimentaires obtenus par les différentes formules empiriques (CERC, Van Rijn 2006, Kraus et al., 1982, Bayram et al., 2007...) ont conduit à une étude comparative entre ces différentes formules qui a montré l'importance de la considération des paramètres de la houle, le diamètre moyen D_{50} , la pente de la plage, la vitesse moyenne du courant et l'angle d'incidence pour chaque formule.

Abstract

The study area is located Est of the Bay of Algiers; it is located near the mouth of Oued El Hamiz. The main objective of this research is to contribute to the understanding of the hydro-sedimentary processes that take place at the four beaches of Bordj-El-Bahri. In order to achieve this objective, our approach begins with a particle size study, the results of this study showed the presence of an average sediment distribution in our study area, biased towards the results of the median (D50). The values of the classification index and the asymmetry coefficient indicate the presence of a well classified sediment with a maximum classification towards fine particles, which explains why the existing currents are regular and weak. Then, the study is based on a modeling approach. This approach is based on the use of digital models. The simulation models were built using Mike 21 (SW, HD) computer codes. The results of the numerical modeling of the propagation of the swell and the currents result in an energy of the swells attenuated from the open sea towards the coast. The most energetic swells in the northeast generate coastal drift currents. Finally, the prediction of sediment fluxes which is one of the most important tasks accomplished in this work. The results of sediment fluxes obtained by the different empirical formulas (CERC, Van Rijn 2006, Kraus et al., 1982, Bayram et al., 2007 ...) led to a comparative study between these different formulas which showed the importance of the consideration of the parameters of the swell, the average diameter D_{50} , the slope of the beach, the average speed of the current and the angle of incidence for each formula.

