

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 EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME
D'INGÉNIEUR D'ÉTAT ET GRADE DU MASTER EN SCIENCES DE LA MER

OPTION : AMÉNAGEMENT DU LITTORAL

**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-sédimentaires.**

Présenté par :

- HATTABI Mohamed el Amine
- KADDOUR Houari

Soutenu dimanche le 08/07/2018 devant le jury suivant :

Mme	LAOUR.A	Maître-Assistant A	(ENSSMAL)	Présidente
Mr	MEZOUAR.K	Maîtres de Conférences A	(ENSSMAL)	Promoteur
Mr	DAHMANI.A	Cadre	(MTP)	Co-promoteur
Mr	OTMANI.H	Maître-Assistant A	(ENSSMAL)	Examineur
Mr	BOUAICHA.F	Maître-Assistant A	(ENSSMAL)	Examineur

Promotion : 2018

 *Dedicace* 

Je dédie ce modeste travail :

A toute ma famille

A mes chères sœurs Amina et Nour El Houda

A Meriem

A Hbibba

A tous mes amis, surtout mon binôme Houari

*À la mémoire de ma Méré, j'aurai aimé, que tu sois présent
aujourd'hui*

*A tous ceux qui, par un mot ou une prière, m'ont donné la force de
continuer.....*

HATTABI Mohamed EL Amine 



Grâce aux Dieu, j'ai terminé ce travaillé

Je dédie ce modeste travaillé

*À mes très chers parents que dieu les protèges et qui sont toujours à côté de
moi à tous moments circonstances pour leur sacrifices leur soutien.*

À ma grande mère Mama Houriya

À ma grande mère Rabi yarhamha

À mes sœurs HALA, SARA, AMIRA

*À toute ma famille surtout ma tante FATIMA, WARDA et mon oncle
OMAR.*

À toute mes amis surtout Younes et mon binôme medap

À Zineb

À tous ceux qu'ils ont contribués à ce travaillé de loin et de près.

KADDOUR Houari 



Remerciements

Tout d'abord, nous remercions Dieu le tout puissant pour nous avoir donné la santé, le courage et la volonté, pour réaliser ce modeste travail.

Nous tenons à remercier Mme la présidente LAOUR.A d'avoir accepté de présider le jury de cette soutenance.

Mr OTMANI.H et Mr BOUAICHA.F de nous avoir honoré de leur présence, d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à Mr DAHMANI.A pour leurs aides et leurs soutient.

Nous s'adressons nos sincères remerciements à notre promoteur Mr MEZOUAR.K pour avoir dirigé ce travail et lui avoir accordé un intérêt tout au long de son élaboration.

Tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail et dont nous pouvons citer les noms qu'ils trouvent nos sincères remerciements.

Sommaire

Dédicaces.....	I
Remerciement.....	II
Sommaire.....	III
Liste des Tableaux.....	IV
Liste des Figures.....	V
Liste des photos.....	VI
Liste des Acronymes.....	VII
Introduction Générale :.....	1

CHAPITRE (I): Généralité

1. La complexité du domaine littoral :.....	5
2. Interventions humaines :.....	6
3. Processus hydrodynamiques :.....	6
3.1. La houle :.....	6
3.1.1. Transformations de la houle :.....	6
3.2. Le courant :.....	8
3.3. Le vent :.....	8
3.4. La marée :.....	9
4. Morphodynamique côtière : principes et concepts :.....	9
5. Transport sédimentaire :.....	11
5.1. Les Différents modes de transport :.....	12
5.2. La dérive littorale :.....	13
6. Transporte sédimentaire lie au courant de houle :.....	14
6.1. Contribution des courants au transport longitudinal des sédiments :.....	14
6.2. Contribution des courants au transport transversal des sédiments :.....	15

CHAPITRE (II): Présentation de la zone d'étude

1. Introduction :.....	17
2. Cadre géographique :.....	17
3. Cadre géologique :.....	18
4. Cadre morphologique :.....	19
4.1. Les plages:.....	19
4.2. Les falaises :.....	19
4.3. La morphologie sous-marine :.....	19
5. Cadre météorologiques et hydrographiques :.....	20

5.1.	Aspect climatologique :.....	20
5.1.1.	Précipitations :.....	20
5.1.2.	Température :.....	21
5.1.3.	Les vents :.....	21
5.2.	Réseaux hydrographiques et les apports fluviaux :.....	22
5.2.1.	Oued el Harrach :.....	23
5.2.2.	Oued el Hamiz :.....	23
5.3.	Facteurs hydrodynamiques :.....	23
5.3.2.	La houle :.....	23
5.3.3.	Les marées :.....	25
6.	Etude sédimentologie :.....	25
6.2.	Faciès sableux :.....	26
6.3.	Faciès carbonatés :.....	26
6.4.	Faciès pélitiques :.....	26

CHAPITRE (III) : L'étude de l'évolution du trait de côte

1.	Introduction :.....	28
2.	Matériel et Méthode :.....	28
2.1.	Aperçu du logiciel:.....	28
2.1.1.	ArcGis10. 2 :.....	28
2.1.2.	Google Earth pro:.....	28
2.1.3.	Extension DSAS:.....	28
2.1.3.1.	La méthode de la Mouvement de rivage net (Net Shoreline Movement-NSM)	28
2.1.3.2.	La méthode de la régression linéaire (Linear Regression - LRR)	29
2.1.3.3.	La méthode des points extrêmes (End Point Rate - EPR) :.....	29
2.1.4.	Barre d'outils de DSAS :.....	29
3.	Résultats et Discussion:.....	31
3.1.	Dynamique des traits de côte :.....	32
3.1.1	Analyse de la méthode Net Shoreline Movement (NSM) :.....	33
3.1.2.	Analyse de la méthode End Point Rate (ERP) :.....	35
3.1.3.	Analyse de la méthode Linear Regression (LRR) :.....	36
3.2.	Bilan surfacique de la zone d'étude.....	37
4.	Conclusion :.....	38

CHAPITRE (IV) : Etude Granulo-Sédimentaire

1.	Introduction :.....	40
----	---------------------	----



2.	Materiel et methode :.....	40
2.1.	Prélèvement et échantillonnage :.....	40
2.1.1.	Site d'étude :.....	40
2.1.2.	Le prélèvement dans la partie terrestre.....	41
2.2.	Etude au laboratoire :.....	41
2.3.	Protocole d'analyse :.....	42
2.3.1.	Préparation du matériel Méthode d'analyse :.....	42
2.4.	Calcul des paramètres granulométriques :.....	44
2.4.1.	Les paramètres de position :.....	44
2.4.1.1.	Les quartiles :.....	45
2.4.1.2.	Les quantiles :.....	45
2.4.2.	Les indices granulométriques :.....	45
2.4.2.1.	Indice central :.....	45
2.4.2.2.	Les indices de dispersion ou de classement :.....	46
2.4.2.3.	Les coefficients d'asymétrie (FOLK et WARD) :.....	46
3.	Résultats et discussion :.....	46
3.1.	Partie terrestre :.....	47
3.1.1.	Analyse de la fraction fine :.....	47
3.1.2.	Analyse de grains moyens :.....	49
3.2.	Les indices granulométriques :.....	50
3.2.1.	Partie terrestre :.....	50
4.	Conclusions :.....	54

CHAPITRE(V) : Etude bathymétrique et hydrosédimentaire

1.	Introduction :.....	56
2.	Description du modèle de simulation MIKE 21 :.....	56
2.1.	Modèle numérique spectral Waves (MIKE 21-SW):.....	57
2.2.	Modèle numérique hydrodynamique (MIK 21-HD) :.....	58
2.3.	Modèle numérique de transport de sable (MIKE 21-ST) :.....	59
3.	Matériel et méthode :.....	60
3.1.	Préparation des données :.....	60
3.2.	Etude bathymétrique :.....	61
3.3.	Les données utilisées dans le « MIKE 21/3 Coupled Model FM » :.....	61
3.3.	Paramètre du modèle « MIKE 21/3 Coupled Model FM »	63

4.	Résultats et discussion :.....	63
4.1.	La modélisation de la réfraction de la houle avec le modèle SW :.....	64
4.2.	La modélisation des champs de courants générés par la houle au moyen du modèle HD :	67
4.3.	La modélisation du transport sédimentaire avec le modèle ST :.....	70
4.	Conclusion :.....	73

CHAPITRE (VI): Submersion marine

1.	Introduction :.....	75
2.	La submersion marine :.....	75
3.	Le phénomène responsable de ces submersions marines d'origine météorologique : (ORRM).....	76
4.	Matériel et Méthode :.....	77
5.	Résultats et Discussion:.....	79
6.	Conclusion :.....	83

CHAPITRE (VII): Mise en place d'un dispositif de monitoring pour la gestion des risques côtiers au niveau de la baie d'Alger

1.	Introduction :.....	85
2.	Risques côtiers au niveau de la baie d'Alger :.....	85
3.	Approche du programme GIZC :.....	86
3.1.	Enjeux et indicateurs clés :.....	86
3.1.1.	Les acteurs :.....	87
3.1.2.	Solutions proposées :.....	88
4.	Conclusion :.....	89
	Conclusion Générale :.....	90
	Références bibliographiques :.....	93
	Annexes.....	97
	Résumé.....	

Liste des tableaux

Tableau (II)- 1 : fréquence d'apparition du vent par vitesse et par direction au large d'Alger.	22
Tableau (II)- 2 : fréquence mensuelle par direction au large d'Alger.....	24
Tableau(IV)- 1 : les valeurs adoptées de mz	45
Tableau(IV)- 2 : les limites de l'indice de classement de trask « So ».....	46
Tableau(IV)- 3 : les limites de l'indice d'asymétrie « ski ».....	46
Tableau(IV)- 4 : calcule des indices granulométriques et interprétation des résultats de la partie terrestre.....	51
Tableau (V)-1 : amplitudes et coefficients de réfraction à la profondeur -4m au large de la zone d'étude.....	59
Tableau(V)-2 : données de la houle au large et leur direction et période.....	61
Tableau(VII)- 1: indicateurs clés.....	87
Tableau(VII)- 2: solutions alternatives des menaces et impacts sur l'écosystème.....	88

Listes des figures :

Figure (I)- 1 : Caractéristique des houles.....	6
Figure (I) - 2 : Shaoling.....	7
Figure (I) - 3 : Diffraction.....	7
Figure (I)- 4 : Réfraction.....	8
Figure (I)- 5 : Réflexion.....	8
Figure(I) - 6 : Processus hydrodynamiques dans la zone côtière.....	9
Figure(I)-7 : Représentation schématique de l'approche morphodynamique incluant les facteurs environnementaux et leur influence sur le système côtier.....	10
Figure (I)- 8 : Relation spatio-temporelle des systèmes morphodynamique côtiers.....	11
Figure (I)- 9 : Les courants responsables du transport des sédiments, les courants côtiers, les courants de déchirure et les courants de dérive.....	12
Figure (I)- 10 : Représentation schématique des modes de transport.....	13
Figure (I)- 11 : Les courants de dérive.....	14
Figure (II)- 1 : Situation géographique de la baie d'Alger.....	17
Figure (II)- 2 : Carte géologique de la baie d'Alger.....	18
Figure (II)- 3 : Carte bathymétrique de la baie d'Alger exploitée par le logiciel ArcGis 10.2« Navionics »2017.20	
Figure (II)- 4 : Diagramme de précipitations (O.N.M) période 2006-2015 de Dar El Beida).....	21
Figure (II)- 5 : Diagramme de température (O.N.M) période 2006-2015 de Dar El Beida).....	21
Figure (II)- 6 : Rose des vents au large de Est de la baie d'Alger réalisé à l'aide du logiciel MIKE ZERO.....	22
Figure (II)-7 : Rose des houles au large d'Est de la baie d'Alger réalisé à l'aide du logiciel .MIKE ZERO.....	25
Figure (II)- 8 : Nature des fonds de la baie d'Alger modifiée in.....	26
Figure (III)- 1 : Barre d'outils de DSAS.....	29
Figure (III)- 2 : la photo aérienne de 1984(l'INCT).....	30
Figure (III)- 3 : Image satellitaire de la zone d'étude de l'année 2007 (Google Earth pro).....	31
Figure (III)- 4 : Image satellitaire de la zone d'étude de l'année 2009 (Google Earth pro).....	31
Figure (III)- 5 : Image satellitaire de la zone d'étude de l'année 2011 (Google Earth pro).....	31
Figure (III)- 6 : mage satellitaire de la zone d'étude de l'année 2013 (Google Earth pro).....	31
Figure (III)- 7 : Image satellitaire de la zone d'étude de l'année 2018 (Google Earth pro).....	31
Figure (III)- 8 : Image satellitaire de la zone d'étude de l'année 2015 (Google Earth pro).....	31
Figure (III)- 9 : Évolution de la ligne du rivage dans la région d'Est de la baie d'Alger durant les années 1984_2018.....	32
Figure (III)- 10 : Transects et traits de côte de la zone d'étude durant les années 1984_2018.....	32
Figure (III)- 11 : Illustration du rythme d'évolution du trait de côte NSM en m entre 1984_2018.....	33
Figure (III)- 12 : Représentation graphique de changements moyens de la position de la ligne de rivage de la zone d'étude durant la période 1984_2018 en(m).....	34
Figure (III)- 13 : Illustration du rythme d'évolution du trait de côte EPR en m/an entre 1984_2018.....	35
Figure (III)- 14 : Illustration du rythme d'évolution du trait de côte LRR en m/an entre 1984_2018.....	36
Figure (III)- 15 : Représentation graphique des variations des paramètres d'évolution de trait de côte (LRR et EPR) en m/an.....	36
Figure (III)- 16 : Bilan surfacique sédimentaire de la zone d'étude durant la période 1984_2018.....	37

Figure (IV)-1 : les Positionnements des points de prélèvement dans la partie terrestre de la plage 'Bateau cassé' .	41
Figure (IV)- 2 : Les Positionnement des points de prélèvement dans la partie terrestre de la plage 'Stamboul' .	41
Figure (IV)- 3 : Les étapes de l'analyse granulométrique .	44
Figure (IV)- 4 : Carte de la répartition des pélites (%) dans la partie terrestre au niveau de la plage « Bateau Cassé » .	47
Figure (IV)- 5 : Carte de la répartition des pélites (%) dans la partie terrestre au niveau de la plage « Stamboul » .	48
Figure (IV)- 6 : Carte de la répartition du grain moyen dans la partie terrestre au niveau de la plage « Bateau Cassé » .	49
Figure (IV)- 7 : Carte de la répartition du grain moyen dans la partie terrestre au niveau de la plage « Stamboul » .	50
Figure(V)- 1 : Maillage du domaine de travail de la zone d'étude « Bateau cassé » et « Stamboul » .	61
Figure(V)- 2: Carte bathymétrique de « Bateau cassé » et « Stamboul » .	61
Figure(V)- 3: Approche méthodologique de la modélisation par les codes MIKE-21 .	62
Figure(V)- 4: Paramètres du modèle « MIKE 21/3 Coupled Model FM » .	63
Figure(V)- 5: Carte de la réfraction de la houle Nord 360°, T=8s .	64
Figure(V)- 6: Carte de la réfraction de la houle Nord-Ouest 315°, T=8s .	65
Figure(V)- 7: Carte de la réfraction de la houle Nord-Est 45°, T=8s .	66
Figure(V)- 8: Carte de la direction et la vitesse des courants Nord 360°, T=8s .	67
Figure(V)- 9: Carte de la direction et la vitesse des courants Nord-Ouest 315°, T=8s .	68
Figure(V)- 10 : Carte de la direction et la vitesse des courants Nord-Est 45°, T=8s .	69
Figure(V)- 11: Carte de transport sédimentaire Nord 360°, T=8s .	70
Figure(V)- 12 : Carte de transport sédimentaire Nord-Ouest 315°, T=8s .	71
Figure(V)- 13 : Carte de transport sédimentaire Nord-Est 45°, T=8s .	72
Figure (VI)-1 : typologie des submersions marines : franchissements, débordement, rupture d'ouvrage .	76
Figure (VI)- 2 : processus physiques en action lors d'une tempête : agitation et surélévation du plan d'eau .	77
Figure (VI)-3 : modèle numérique du terrain de l'Est de la Baie d'Alger .	78
Figure (VI)-4 : carte de l'aléa submersion en cas d'élévation de 1m de niveau de la mer .	79
Figure (VI)-5 : carte de l'aléa submersion en cas d'élévation de 2m de niveau de la mer .	80
Figure (VI)-6 : carte de l'aléa submersion en cas d'élévation de 3m de niveau de la mer .	81
Figure (VI)-7 : carte de l'aléa submersion en cas d'élévation de 4m de niveau de la mer .	82
Figure(VII)- 1 : aléas côtiers, activités humaines et risques .	85

Liste des photos :

Photo (III)- 1 : l'installation de réseau d'assainissement au niveau de la plage de « Bateau Cassé».....34

Photo (IV)- 1 : plage de« bateau casse».....40

Photo (IV)- 2 : plage de « Stamboul ».....40

Photo (IV)- 3 : les étapes de l'analyse granulométrique dans LGA i de l'ENSSMAL.....43

Liste des acronymes :

- **AFNOR** : Association Française de Normalisation.
- **ANRH** : Agence Nationale des Ressources Hydriques.
- **APPL** : Agence de Promotion et de Protection du Littoral.
- **ASF** : Alaska Satellite Facility.
- **DSAS** : Digital Shoreline Analysis System.
- **ENSSMAL** : Ecole National Supérieur de Science de la Mer et l'Aménagement du Littoral.
- **EPR** : End Point Rate.
- **GIZC** : Gestion Intégrée de la Zone Côtière.
- **INCT** : Institut National de Cartographie et de Télédétection.
- **LEM** : Laboratoire des Études Maritimes.
- **LGA** : Laboratoire de Géologie et d'Aménagement.
- **MNT** : Modèle Numérique de Terrain.
- **NSM** : Net Shore Line Movement.
- **ONM** : Office National de Météorologie.
- **ORRM** : Observatoire Régional des Risques Majeurs.
- **PAC** : Programme d'Aménagement Côtier.
- **RGPH** : Rassemblement Général de la Population et de l'Habitat.
- **RP5** : Réelles Prévisions.
- **SHOM** : Service Hydrographique et Océanographique de la Marine.
- **SSMO** : Summary of Synoptic Meteorological Observation.



Introduction Générale





Introduction Générale

Le système côtier comprend une série de sous-systèmes interdépendants caractérisés par des paramètres et des processus variés à l'interface entre une unité morphologique et un agent dynamique. L'état particulier d'un système peut être défini par des paramètres clefs et la morphologie en est un des plus remarquables. Un des exemples les plus clairs d'une telle approche morphodynamique appliquée aux études littorales a été la reconnaissance d'états des plages distincts qui peuvent être définis en fonction de la forme des barres littorales, de la pente de plage ou d'autres paramètres (**Wright et Short, 1984**).

La problématique de l'érosion côtière occupe une place de plus en plus importante dans la gestion des territoires côtiers à l'échelle de la planète. La compilation de résultats sur l'évolution côtière à l'échelle nationale, continentale et même mondiale démontre un constat similaire : les changements climatiques ont un impact direct sur les milieux côtiers (**MEZOUAR, K 2009**).

Les submersions marines sont la conséquence de fortes tempêtes et peuvent aussi être influencées par le marnage de la mer ou l'océan (**Hénaff et Manuelle, 2014**),

La côté de l'Est de la baie d'Alger (les deux plages 'Bateau cassé' et 'Stamboul') a connu ces dernières années un problème d'érosion et l'occupation instance de sol, ces dernières sont inévitable a tous les échelles (locale, régionale, nationale et internationale).plusieurs étude sont réaliser pour la commune de bordj El Kiffan comme le travail de LARBIN(2017), KADRI.I(2017), DAHMANI.A(2016).

- Pour but de traiter cette problématique, le mémoire s'organise en sept (07) chapitres :
 - Le premier chapitre est consacré à la synthèse des connaissances nécessaires pour traiter ce sujet. Il dresse un état de l'art concernant les concepts et les outils théoriques qui permettent de comprendre et d'expliquer le système côtier sableux, la morphodynamique côtière, l'hydrodynamisme et le transport sédimentaire.
 - Le deuxième chapitre fait l'objet d'une description de notre zone d'étude, la frange côtière de Bordj El Kiffan, plus précisément les deux plages (Bateau cassé et Stamboul), en premier temps, nous allons présenter la situation géographique de cette zone, ensuite nous allons entamer les différents aspects de la zone : géographique, géologique, morphologique, météorologiques, hydrographiques et sédiment logiques.
 - Le troisième chapitre porte sur l'évolution du trait de côte par l'utilisation d'une extension DSAS 3.4 de logiciels ArcGIS 10.2 afin que nous puissions voir le phénomène de l'érosion et son influence sur la frange littorale de notre zone d'étude pour une période de 34 ans (de 1984 jusqu'à 2018).



Introduction Générale

- Le quatrième chapitre porte sur la connaissance de la nature des sédiments superficiels qui constituent la zone d'étude. Focalise sur l'analyse granulométrique. Il décrit l'approche méthodologique employée pour l'expérimentation in situ ainsi que les diverses techniques de traitement et d'analyse des données à travers des logiciels (Matlab, Excel et ArcGIS 10.2), la représentation et interprétation des résultats en vue de décrire la situation de la zone d'étude.
- Le cinquième chapitre est consacré pour l'étude de la modélisation bathymétrique et hydrodynamique des processus hydro sédimentaire à l'aide du logiciel MIKE 21 avec une interprétation des résultats :
 - ✚ La première partie de ce chapitre se focalise sur l'étude bathymétrique à l'aide des outils de MIKE 21 ;
 - ✚ La deuxième partie de ce chapitre traite la réfraction de la houle propagée du large vers la côte avec le modèle « SW » ;
 - ✚ La troisième partie traite la simulation des champs de courants générés par la houle et les vents à l'aide du modèle « HD » ;
 - ✚ La quatrième partie est consacrée à la simulation du transport sédimentaire sous l'effet de houle et de courants au moyen du modèle « ST ».
- Le sixième chapitre se focalise sur une étude de phénomène de la submersion marine en utilisant le logiciel ArcGIS 10.2 qui permettra de créer des cartes d'aléa pour des élévations de niveau marines différentes.
- Le dernier chapitre fait l'objet de Mise en place d'un dispositif de monitoring pour la gestion des risques côtiers au niveau de la baie d'Alger.



Chapitre (I) : Généralités



1. La complexité du domaine littoral :

Le littoral se situant à l'interface de la lithosphère, de l'atmosphère et de l'hydrosphère, influence continentale au travers des caractéristiques de la structure géologique (disposition et résistance des roches, topographie de l'arrière-pays), l'influence marine par l'action des facteurs hydrodynamiques (niveau moyen de la mer, houle, marée et courants associés) et l'influence atmosphérique, à savoir l'action des agents et des processus d'érosion subaériennes qui participent à la météorisation du littoral et de l'intérieur des terres. À ces trois influences, il est nécessaire d'ajouter les actions humaines qui sont d'importance. **(France. Ministère de l'écologie, 2010)**

L'évolution des littoraux est donc fonction de toutes ces interactions, variables à diverses échelles de temps et d'espace. La compréhension de ce milieu dynamique nécessite donc une approche systémique (et pluridisciplinaire) au travers d'une analyse par emboîtement d'échelles spatiales et temporelles. Dans l'étude des milieux littoraux, cette approche systémique incontournable fait appel à trois idées clés que sont la complexité, le rôle essentiel des interactions et l'organisation de l'espace (homo- ou hétérogénéité spatiale). L'application de la théorie des systèmes complexes dans l'analyse des littoraux est fréquente et repose sur quatre principes fondamentaux : le principe de totalité, le principe d'interaction, le principe d'homéostasie, Le principe d'équifinalité **(France. Ministère de l'écologie, 2010)**

Cette perception est à l'origine du développement des approches morpho dynamiques et hydro sédimentaires, qui sont devenues fondamentales dans l'étude du fonctionnement des évolutions des milieux littoraux. L'objectif de cette section est de fournir quelques repères terminologiques conceptuels et méthodologiques nécessaires à l'approche systémique. **(France. Ministère de l'écologie, 2010)**

2. Interventions humaines :

Les interventions humaines dans la zone littorale modifient inévitablement la structure naturelle de la plage, c'est-à-dire perturber son équilibre. L'une des interventions les plus courantes est la restauration de plage, comme dans la plupart des cas, un intérêt touristique (Garnier.R, 2007)

3. Processus hydrodynamiques :

La zone littorale est une zone complexe où se produisent de nombreuses interactions entre les agents dynamiques responsables des circulations hydrodynamiques. La figure(I)- 6 présente une vision schématique de la nature et de la répartition des divers processus hydrodynamiques dans la zone côtière (Stépanian.A, 2002)

3.1. La houle :

La houle est formée par un ensemble d'ondes à la surface de la mer. La houle est produite par des mouvements d'oscillatoire des couches superficielles de l'eau due au frottement du vent sur la surface les houles sont caractérisées par (TPEHOULE) :

- ✓ la période (T) : le temps qui s'écoule entre le passage entre deux crêtes successives. Elle est généralement inférieure à 30 secondes pour les grands océans. En Méditerranée, cette valeur est souvent inférieure à 10 secondes,
- ✓ la hauteur (H) : qui désigne la distance verticale entre un creux et une crête. C'est l'amplitude ou creux,
- ✓ la longueur d'onde (L) : qui correspond à la distance entre deux crêtes successives.

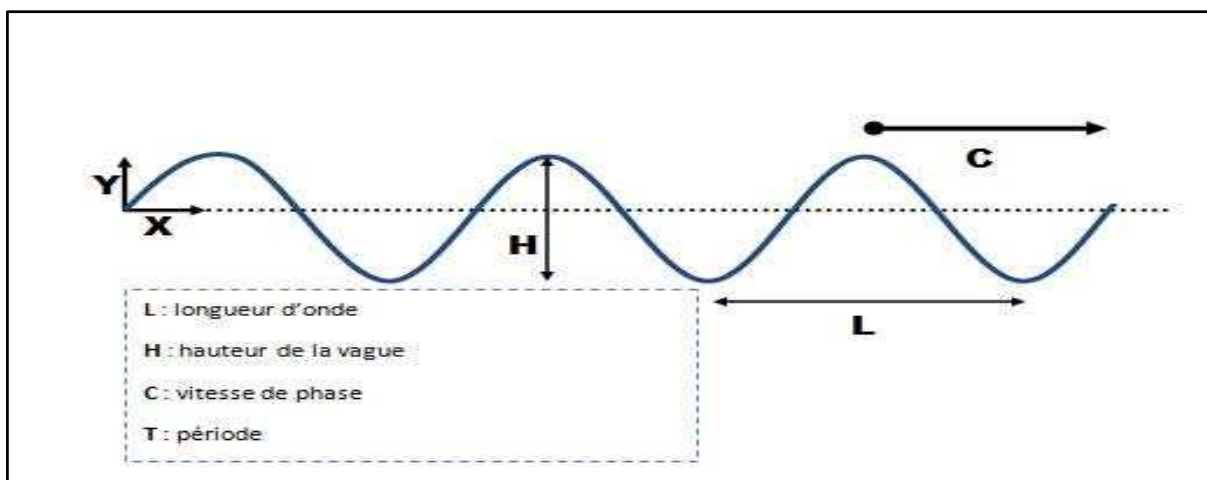


Figure (I)- 1 : Caractéristique des houles.

3.1.1. Transformations de la houle :

A l'approche de la côte, la houle va subir différentes transformations, suivant la bathymétrie des secteurs qu'elle traverse, et les obstacles qu'elle rencontre (**L'EID Méditerranée., SMNLR, 2005**) :

- ✓ La rétraction : le frottement de la houle sur le fond entraîne une diminution de la vitesse et une modification de la direction de propagation et, de ce fait, la réduction de l'énergie transportée.

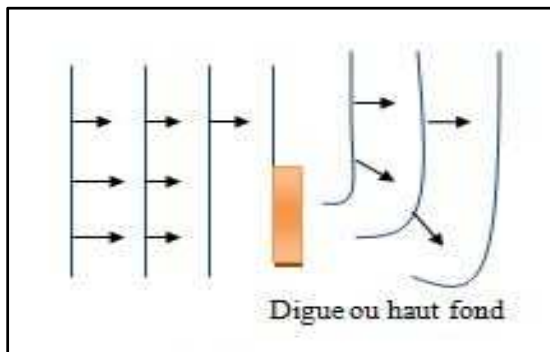


Figure (I) - 2 : Diffraction

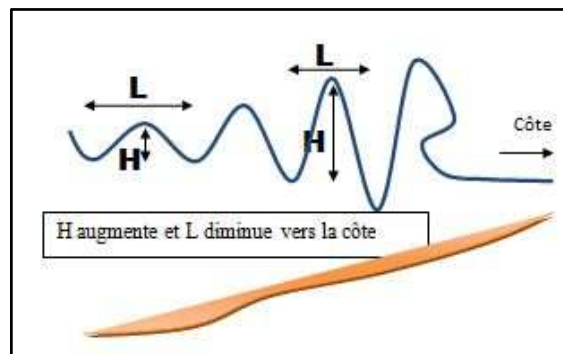


Figure (I) - 3 : Shaoling

- ✓ La diffraction : 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.
- ✓ La réflexion : quand la houle rencontre un obstacle, elle est réfléchiée dans une direction qui fait avec la perpendiculaire à l'obstacle un angle égal à l'angle d'incidence. La superposition des ondes incidentes et réfléchies peut créer des oscillations bien plus grandes que celles de la houle incidente seule.
- ✓ Le déferlement : la houle se brise en arrivant à de faibles profondeurs, puis déferle jusqu'au rivage. Le déferlement a une action très importante sur la morphologie du rivage et mobilise d'importants volumes de matériaux. C'est en partie à lui que l'on doit la formation des systèmes fausse-barre.

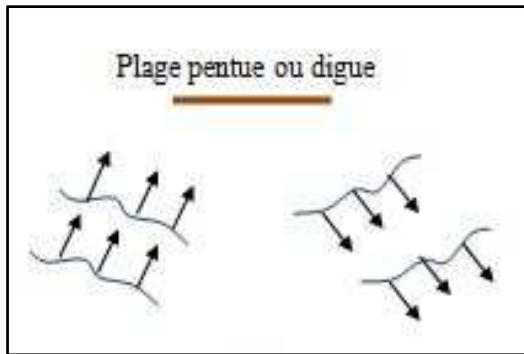


Figure (I)- 4 : Réflexion

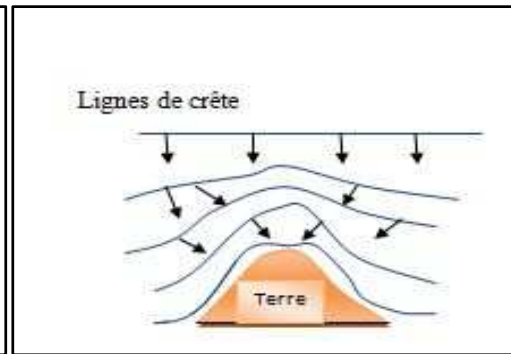
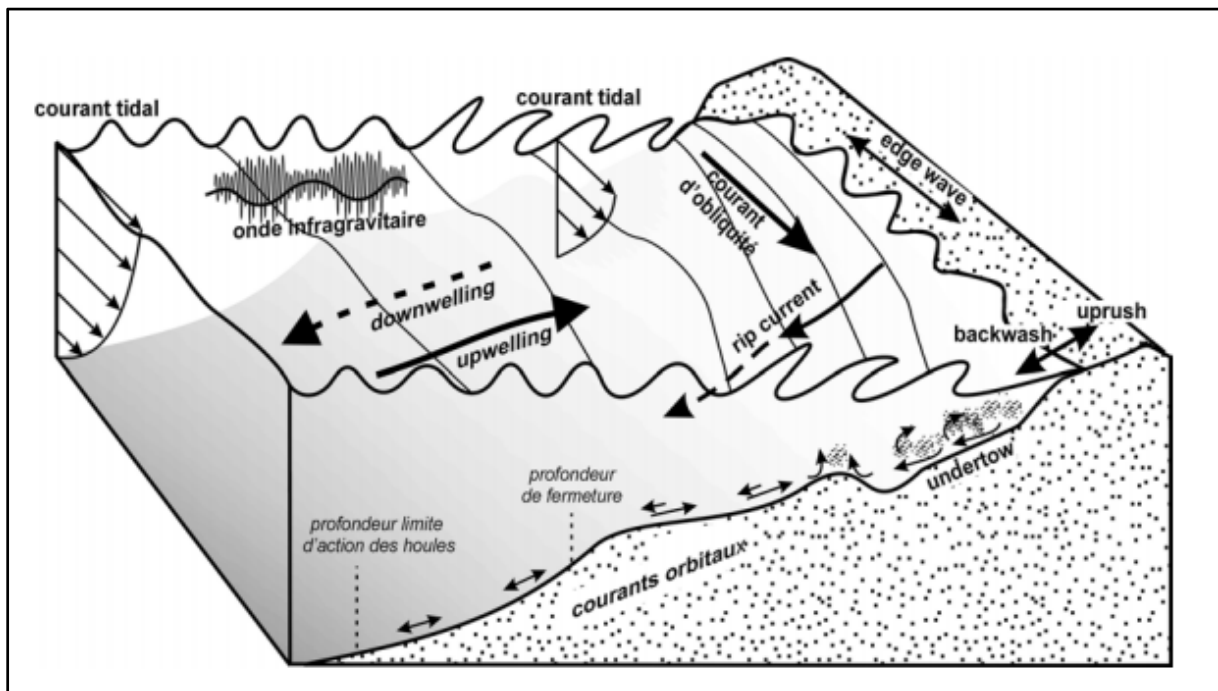


Figure (I)- 5 : Réfraction

Il est important de noter qu'en dehors de la zone de déferlement, au large des brisants, la houle ne déplace pas les masses d'eau. Elle ne transporte donc pas les sédiments. Mais, du fait de son oscillation, elle les décolle du fond et les rend susceptibles d'être transportés par les courants. (L'EID Méditerranée., SMNLR, 2005)

3.2. Le courant :

Le courant marin, par définition, est une masse d'eau qui se déplace sur de très longues distances, à la surface ou en profondeur des mers et des océans. Dans son déplacement le courant est susceptible de transporter des sédiments et de modeler le paysage littoral. (Cojan et Renard, 2013)



Figure(I) - 6 : Processus hydrodynamiques dans la zone côtière. (Stépanian.A, 2002)

3.3. Le vent :

Les côtes sont toujours plus ventées que leur arrière-pays immédiat parce que les vents qui les abordent n'ont pas été freinés par des obstacles topographiques pendant leur course. En raison de leur fréquence et leur vitesse, ils jouent un rôle dans l'évolution des plages par leur participation à l'hydrodynamisme littoral. On vient de voir qu'ils sont à l'origine, lorsqu'ils sont très forts, de courants de fond. Perpendiculaires au rivage, ils accentuent la cambrure des vagues, d'où un pouvoir accru de mise en mouvement des sédiments de l'avant plage au moment du déferlement. Parallèles au rivage, ils sont capables, suivant leur direction, d'accélérer ou de ralentir la dérive littorale. **(PASKOFF., CLUS-AUBY, 2007)**

Le vent a une action primordiale dans la dynamique sédimentaire : d'une part, il est responsable de la génération de la houle, d'autre part, il joue un rôle important en agissant directement sur les sédiments de la plage émergée. **(L'EID Méditerranée., SMNLR, 2005)**

3.4. La marée :

La marée est une variation oscillatoire du niveau de la mer due à l'action gravitationnelle (attraction newtonienne) des astres, notamment la Lune et le Soleil. Ces fluctuations de niveau vont générer des courants de marée que l'on qualifiera de "gravitationnels". **(Jaud. M, 2011)**

4. Morpho dynamique côtière : principes et concepts :

(Wright et Thom, 1977) sont les premiers à avoir utilisé une approche morpho dynamique du système côtier en identifiant l'avant et l'après modification, ainsi que les processus qui en sont responsables, tout en considérant une rétroaction possible entre les différentes composantes. Le milieu côtier est contrôlé par trois facteurs environnementaux :

- ✓ Les volumes sédimentaires apportés par les fleuves, les bassins versants ;
- ✓ La géologie régionale qui définit l'espace disponible pour l'évolution du littoral ;
- ✓ Les forçages externes qui correspondent aux processus énergétiques (vagues, marées, vent...) responsables des changements morphologiques.

Chapitre (I) : Généralités

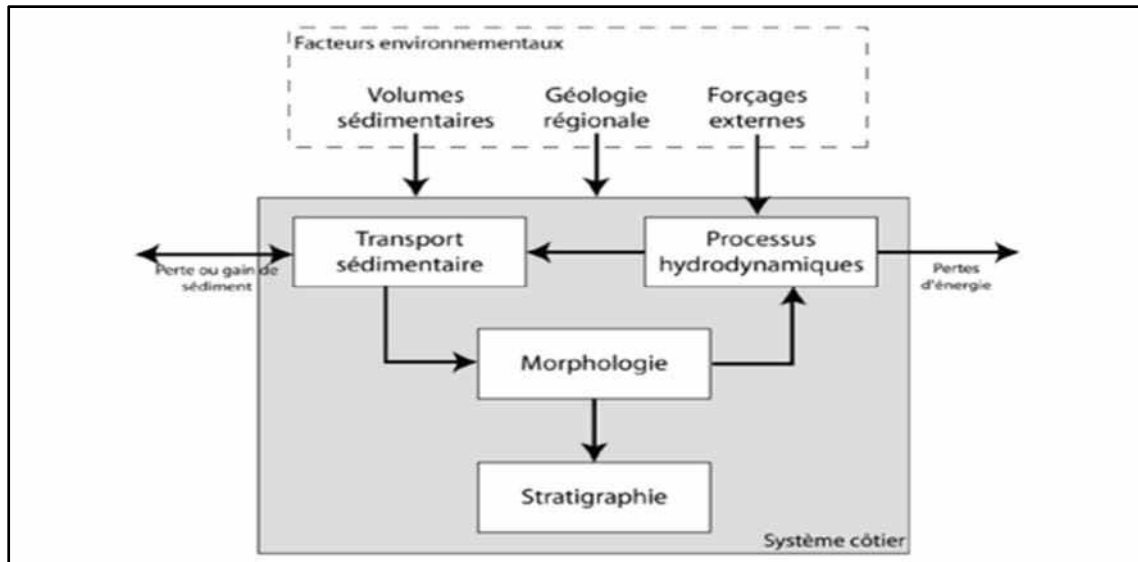


Figure (I)-7 : Représentation schématique de l'approche morpho dynamique incluant les facteurs environnementaux et leur influence sur le système côtier. Les flèches indiquent le rapport entre les différents compartiments sans tenir compte de l'aspect temporel. (Modifié d'après (Cowell et Thom, 1994))

Le transport sédimentaire qu'induisent les facteurs hydrodynamiques est donc, par essence, profondément différencié selon les zones de l'avant-côte considérées, créant des secteurs en accrétion ou en érosion et contribuant ainsi au modelage d'une nouvelle morphologie. Cette boucle est rétroactive et se reproduit dans le temps à différentes échelles. En fonction de l'échelle de temps à laquelle il est étudié, le comportement morpho dynamique d'un système côtier peut être très variable. A chaque échelle de temps est associée une échelle spatiale fonction de l'amplitude volumique des changements morphologiques mis en jeu. Dans le cas d'un système côtier, l'existence d'une relation linéaire entre l'amplitude des évolutions spatiales du système et l'échelle temporelle associée peut être supposée. (DE VRIEND, 1991)

Il découle de cette relation une hiérarchisation spatio-temporelle des processus dynamiques qui contrôlent l'évolution de la zone côtière. (Kroon. A, 1994)

Selon la nomenclature de De Vriend, on peut en particulier distinguer les échelles suivantes (DE VRIEND, 1991) :

- ✓ La micro-échelle ou échelle des processus qui concerne les processus physiques, constitutifs de la houle, des courants ou du transport sédimentaire, et agissant à une échelle plus courte que celle du comportement morpho dynamique correspondant.

Chapitre (I) : Généralités

- ✓ La méso-échelle ou échelle dynamique qui concerne le comportement morpho dynamique dû à l'interaction entre les processus physiques et la topographie. Elle permet de dater, entre autre, la propagation de corps sédimentaires ou encore la migration des barres.
- ✓ La macro-échelle ou échelle de tendance qui concerne les tendances ayant lieu à une échelle de temps plus longue que celle des comportements morpho dynamique primaires. Ces tendances peuvent être dues aux variations saisonnières de comportement ou à l'évolution progressive des forçages extérieurs (évolution du marnage, élévation du niveau moyen de la mer).

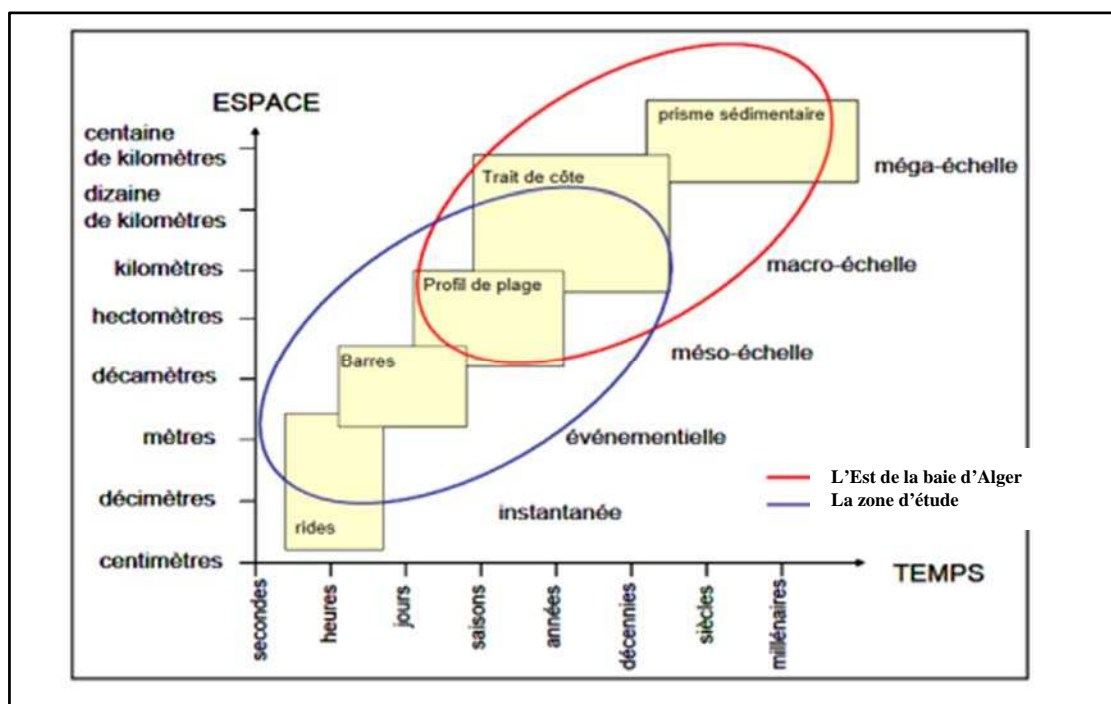


Figure (I)- 8 : Relation spatio-temporelle des systèmes morpho dynamique côtiers.

(Levoy, F, 2000)

5. Transport sédimentaire :

Les courants responsables du transport des sédiments trois principaux courants sont responsables du transport des sédiments entre la mer et la côte : les courants de vague, les courants de déchirure et les courants de dérive. Les courants de vague amènent à la côte des sédiments provenant de la zone intertidale et marine tandis que les courants de déchirure transportent les sédiments de la côte vers la mer. Enfin, les courants de dérive se déplacent parallèlement à la côte : ils permettent des échanges le long de la côte entre les zones d'apport et de dépôt des sédiments. (Bernatchez et Fraser, 2008)

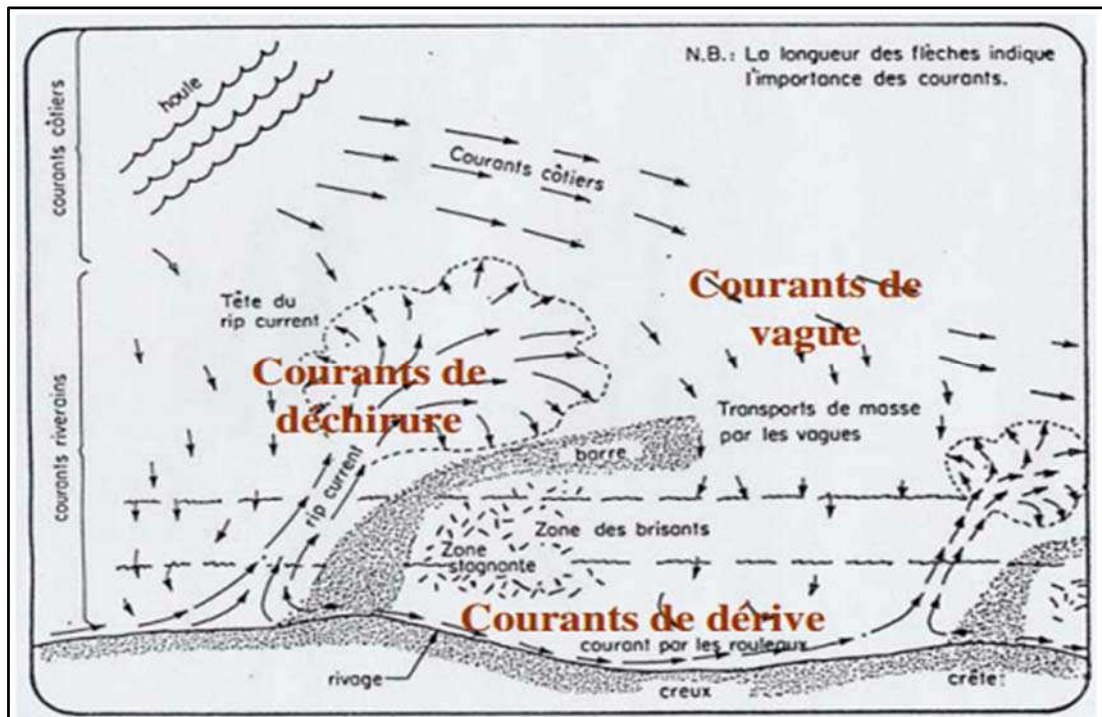


Figure (I)- 9 : Les courants responsables du transport des sédiments, les courants côtiers, les courants de déchirure et les courants de dérive.

(Bernatchez et Fraser. 2008)

5.1. Les Différents modes de transport :

Généralement, le transport sédimentaire est séparé en 3 catégories (Nans Bujan, 2009) :

- ✓ **Transport par charriage :** Transport sur une tranche d'eau étroite (de l'épaisseur de quelques diamètres de grains sédimentaires) sur le fond ou le mouvement est d'abord provoqué par les collisions entre grains plutôt que par la turbulence du fluide. Les grains peuvent glisser ou rouler (traction) dans la tranche ou être soulevés sur de faibles distances (saltation) ;
- ✓ **Transport par suspension :** Les grains sont maintenus en suspension dans la colonne d'eau sous l'effet des vitesses verticales turbulentes dans le fluide ;
- ✓ **Transport par ruissellement en nappe :** Les grains sont déplacés au sein d'une couche limite lorsque les courants sont intenses et les sédiments grossiers.

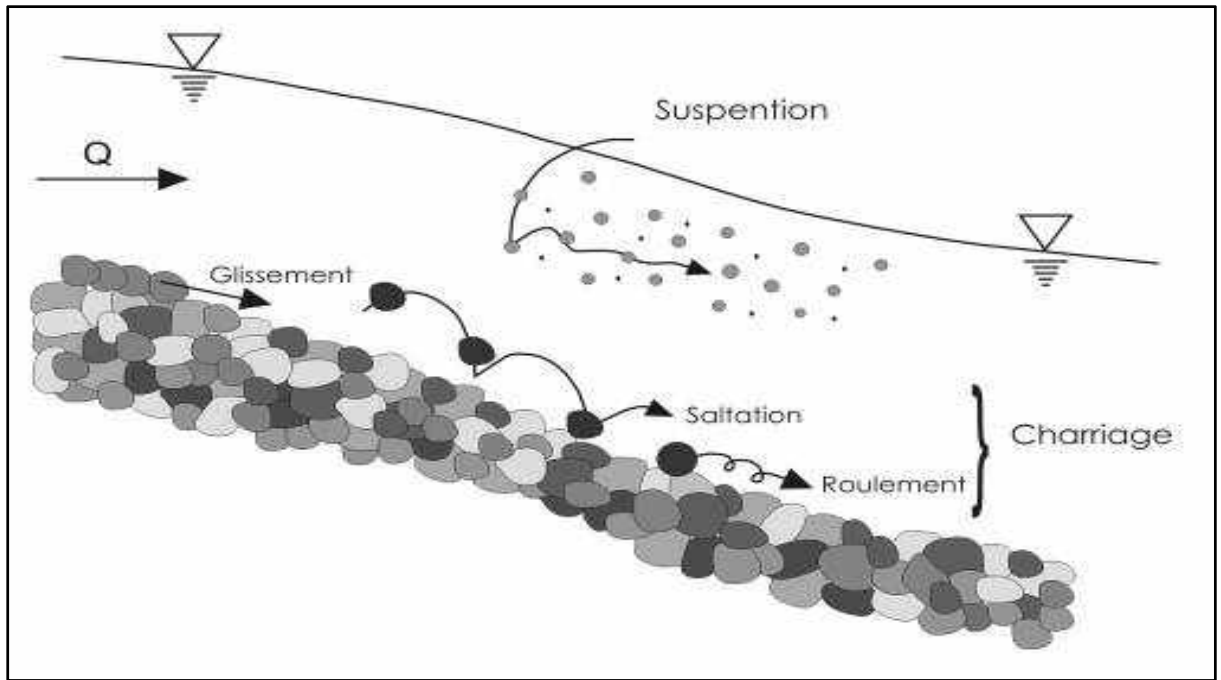


Figure (I)- 10 : Représentation schématique des modes de transport.

(Degoutte. R, 2004)

Le transport des sédiments dépend des courants marins présents, lesquels donnent naissance à la dérive littorale, ce qui permet le déplacement des sédiments le long de la côte. L'énergie, donc la capacité de transport de la dérive littorale, dépend de la force des courants marins, eux-mêmes fortement influencés par le vent. Ainsi, le transport des sédiments le long de la côte est susceptible d'augmenter avec le vent. Mentionnons par contre que la dérive littorale est presque toujours active, qu'il y ait du vent ou non. **(Bernatchez et Fraser, 2008)**

5.2. La dérive littorale :

La dérive littorale représente la quantité de sédiments en transport le long de la côte selon les courants de dérive. Ces courants naissent des courants de vague venus du large qui se dirigent vers la côte avec un angle variable selon les secteurs. Ces courants de vague, lorsqu'ils atteignent la côte, sont réfléchis vers le large où ils sont redirigés vers la côte par les courants de vague en provenance du large et ainsi de suite. Les courants de dérive oscillent donc le long de la côte en transportant les sédiments disponibles. Ces courants ont généralement une orientation dominante mais peuvent s'inverser à l'occasion selon la direction des vents. **(Bernatchez et Fraser. 2008)**

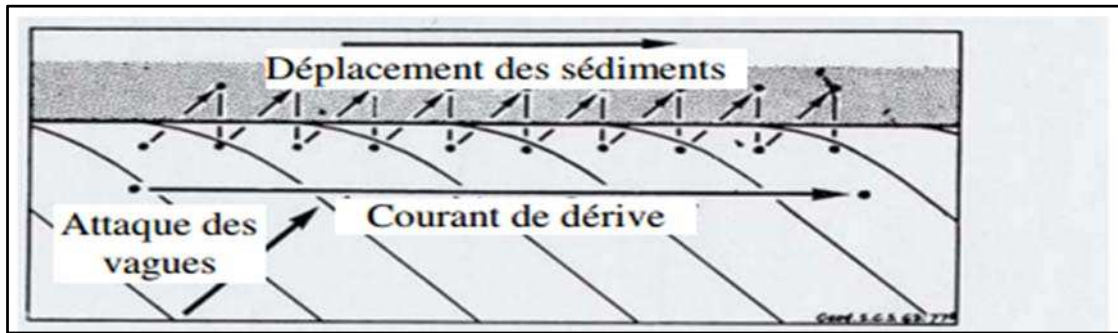


Figure (I)- 11 : Les courants de dérive. (Bird. E, 1985)

6. Transporte sédimentaire lie au courant de houle :

6.1. Contribution des courants au transport longitudinal des sédiments :

Le transport de sédiment dans le sens parallèle à la plage est appelé dérive littorale, il résulte de l'action de courant longitudinaux. Pour les plages planes ou à barres rectilignes, le courant longitudinal est un courant de dérive qui est maximum au niveau du point de déferlement des vagues. Soit, dans le cas des plages à barres, au niveau de la crête de la barre ou a lieu le déferlement. (Nans bujan, 2009)

Au contraire, lorsque les barres ont un caractère tridimensionnel, le courant longitudinal est le résultat à la fois d'un courant de dérive et de courants d'arrachement. Il atteint alors son intensité maximum dans les fosses des barres. Ce décalage est expliqué par les gradients de pression provoqués par la bathymétrie des barres festonnées. (Nans bujan, 2009)

Le transport longitudinal est fortement dépendant de l'angle d'incidence de la houle par rapport à la plage à l'échelle d'un événement. A de plus grandes échelles, la direction moyenne d'arrivée de la houle ou climatologie des vagues peut déterminer le comportement long terme à l'érosion ou à l'accrétion d'un site. (Nans bujan, 2009)

6.2. Contribution des courants au transport transversal des sédiments :

Les mouvements de sédiments dans la direction perpendiculaire au rivage sont considérés comme des tendances a priori sur un plus court terme que le transport longitudinal. Le transport transversal est plus difficile à estimer que le transport longitudinal car les courants dans le sens transversal sont fortement variables sur la colonne d'eau. Ils résultent de (Stepanian. A, 2002) :



Chapitre (I) : Généralités

- ✓ l'action de l'asymétrie des vitesses orbitales de la houle qui provoque un flux net vers le rivage (vitesse de Stokes) ;
- ✓ l'action des courants de retour dus à la houle dirigés vers le large ;
- ✓ l'action des ondes infra gravitaires forcées, ou de bord fuyantes et stationnaires ; dans une moindre mesure, des vents de terre forts dans la région qui transportent une certaine quantité de sable vers le large. **(Nans bujan, 2009)**

Les vitesses orbitales de la houle, lorsque celle-ci est suffisamment proche du bord pour être asymétrique, sont un facteur efficace de charriage en direction du bord. Lors du passage d'une vague, la vitesse orbitale sous la crête est forte dans le sens de propagation de la houle pendant un laps de temps court. A l'inverse, sous un creux, la vitesse orbitale est faible et est dirigée en direction du large pendant un temps plus long. La moyenne à l'échelle d'une ou plusieurs périodes de houle de ces vitesses orbitales est appelée vitesse de Stokes. Le transport net, résultat de cette vitesse moyenne, est dirigé classiquement vers le bord. **(Nans bujan, 2009)**



**Chapitre (II) :
Présentation de la
zone d'étude**

1. Introduction :

Ce chapitre va faire l'objet d'une description de notre zone d'étude, la frange côtière de Bordj El Kiffan, plus précisément les deux plages ('Bateau cassé' et 'Stamboul').

En premier temps, nous allons présenter la situation géographique de cette zone. Ensuite nous allons entamer les différents aspects de la zone : géographique, géologique, morphologique, météorologiques, hydrographiques et sédimentologique.

2. Cadre géographique :

La baie d'Alger s'inscrit en creux au centre du littoral algérien, aux débouchés de la Mitidja. Elle se caractérise par sa forme semi-circulaire dont l'ouverture est de l'ordre de 18 km d'Est en Ouest et de 7 km du nord au sud, elle est limitée à l'est par cap Matifou, à l'ouest par le massif de Bouzeréah, au nord par la Méditerranée et au sud par la plaine de la Mitidja.

Ces coordonnées Lambert sont comme suit :

- Longitude : Est 03°01'00" E à 03°14'30" E
- Latitude : Nord 36°44'30" N à 36°49'15" N



Figure (II)- 1 : Situation géographique de la baie d'Alger.

3. Cadre géologique :

La connaissance de la géologie et la géomorphologie locale d'un site permettent de définir sa sensibilité face aux agressions marines ; elle renferme les affleurements pléistocène Est Algérois. (LEM, 1996)

La région d'Alger a connu une très grande lacune de sédimentation au cours du secondaire et de base du tertiaire (Eocène-Oligocène). Seul le Primaire et le Mio- Poli-quaternaire sont représentés. Les terrains bordant la baie d'Alger appartiennent à des plioquaternaires. Mais la formation la plus importante est celle du Quaternaire. (LEM, 1996) (Voir annexes)

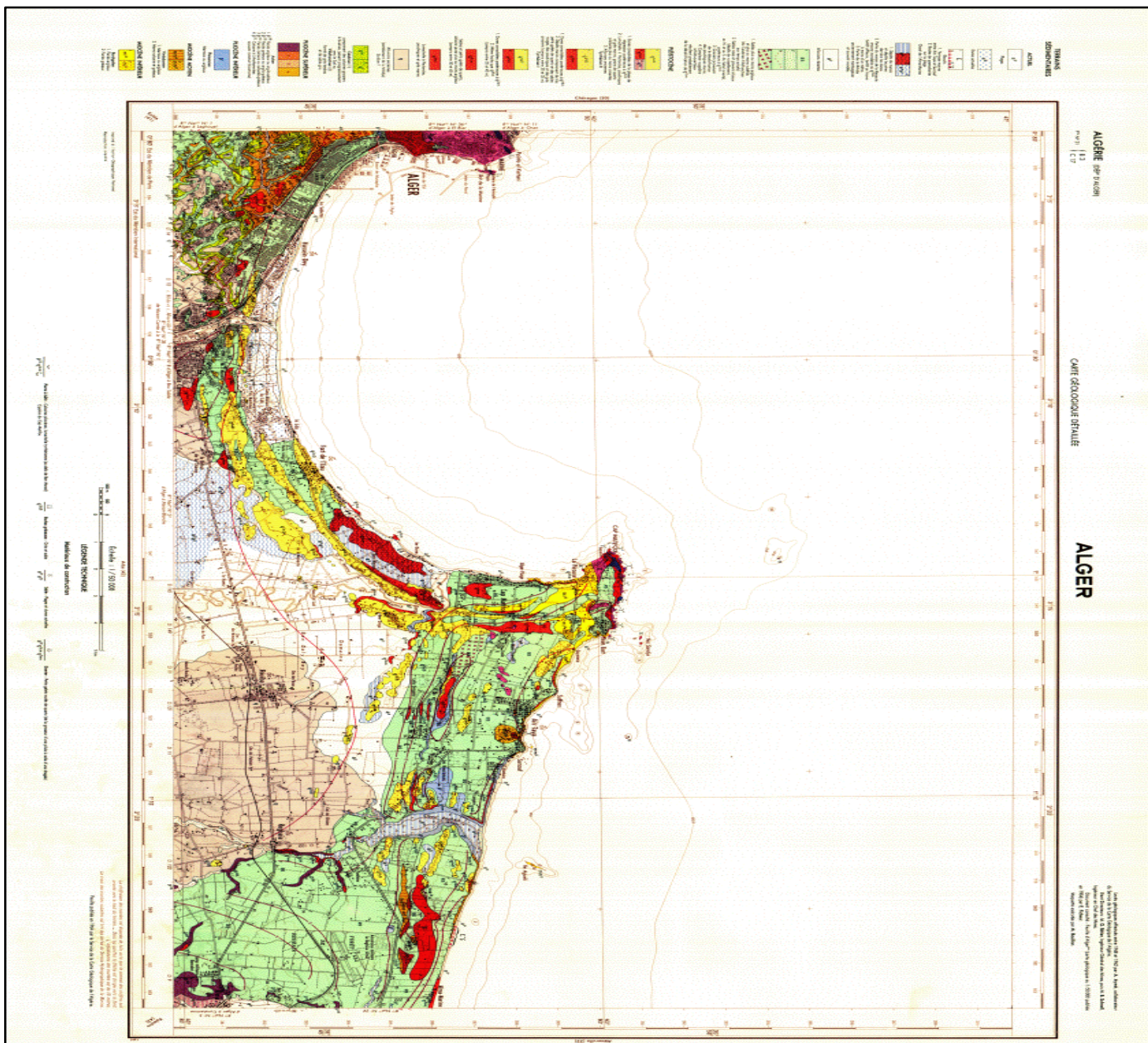


Figure (II)- 2 : Carte géologique de la baie d'Alger. (INRH, 1964)

4. Cadre morphologique :

Le linéaire côtier de la baie d'Alger s'étend sur environ 34 km .il est composé des plages, des dunes et de côtes rocheuses (**Merzouk.G, 2016**) :

4.1.Les plages :

Se rencontre essentiellement au niveau à Mohamadia, au lido, à Bordj El Kiffan, à l'embouchure d'Oued El Hamiz et au niveau d'Alger plage. Ces plages sableuses assez développées présentent le plus souvent des pentes faibles $< 3 \%$. La largeur de ses plages varie entre 20 m et 40 m.

Elles sont caractérisées par une granulométrie de types (sable fin et moyen), au niveau des plages Bateau Cassé, Verte Rive, lido, Mohamadia et Alger plage : ou sable grossier au niveau des plages Stamboul et Sirène. Au niveau de Bordj El Kiffan les plages sont caractérisées par des largeurs réduites limitées par des affleurements gréseux peu étendues et sensés par l'érosion marine, montrant un profil longitudinal irrégulier

4.2.Les falaises :

Les falaises prennent naissance à la limite de la plage Ondine Est sur une longueur de 389 m.

Ces falaises sont constituées de roches cristallophylliennes (les gneiss, les schistes et les micaschistes) et de dépôts marins à sables rouges poudingues et grés grossiers et des dunes consolidées.

4.3. La morphologie sous-marine :

La pente continentale passe du massif de la Bouzeréah au Cap Matifou d'une façon quasi rectiligne, le rivage s'incurve entre la pointe de Rais Hamidou et le Cap Matifou et délimite une baie très régulière, bien encadrée dans les terres émergées, le fond de cette baie est en pente douce, uniforme de 0 à 100 mètres.

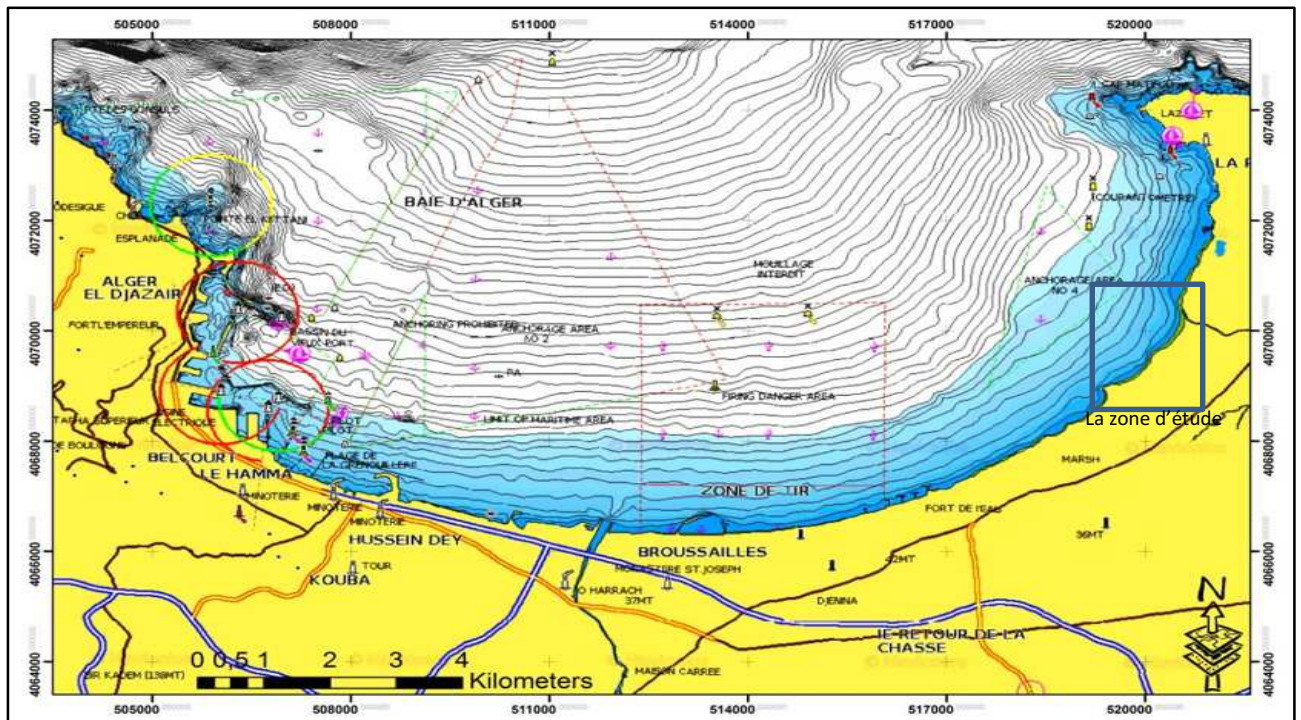


Figure (II)- 3 : Carte bathymétrique de la baie d'Alger exploitée par le logiciel ArcGis 10.2
(Navionics, 2017)

5. Cadre météorologiques et hydrographiques :

5.1. Aspect climatologique :

La connaissance des conditions météorologiques et hydrologiques est très importante pour une bonne compréhension des régimes hydrodynamiques régnant dans notre zone d'études. (Abderrahmanl et Khedimi, 2008)

5.1.1. Précipitations :

La moyenne annuelle donnée par la station de Dar El Beida couvrant l'année 2017 est de l'ordre de 18.24 mm.

Chapitre (II) : Présentation de la zone d'étude

Les précipitations se concentrent de mois de (Novembre jusqu'en Février), avec un maximum hivernal de 253.4 mm en Novembre ; celles-ci diminuent progressivement du mois de Mai pour devenir faibles de (Juin jusqu'en Août) avec un minimum de 0.8 mm en Juillet.

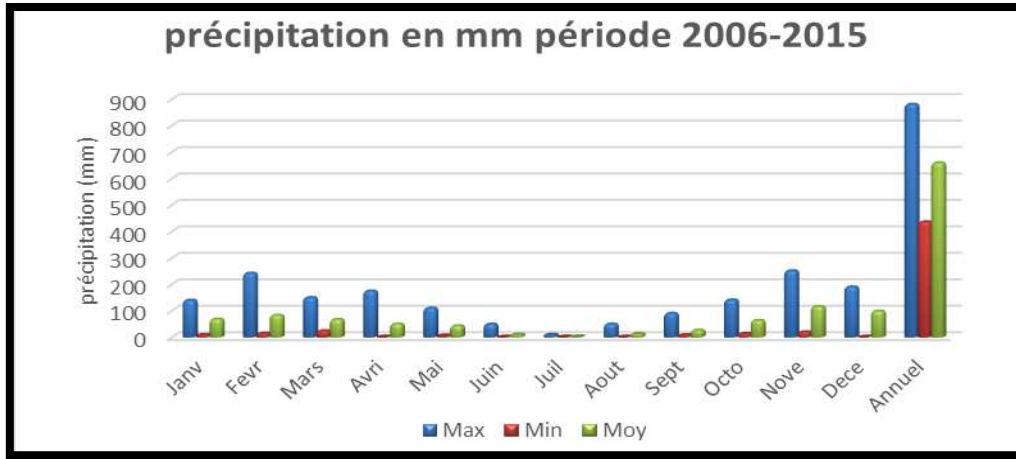


Figure (II)- 4 : Diagramme de précipitations. (O.N.M) période 2006-2015 de Dar El Beida)

5.1.2. Température :

L'analyse des températures moyennes mensuelles du littoral présente une période estivale caractérisée par des températures qui sont relativement élevées avec 26.5°C en Août, 31.9°C pour Septembre et 23.9°C au mois d'Octobre. Quant au mois le plus froid est celui de Janvier avec 11.4°C.

La valeur maximale de la température est enregistrée durant le mois d'Aout avec une valeur de 35.1°C, tandis que la température minimale est enregistrée durant le mois de Mars qui ne dépasse pas 18.6°C.

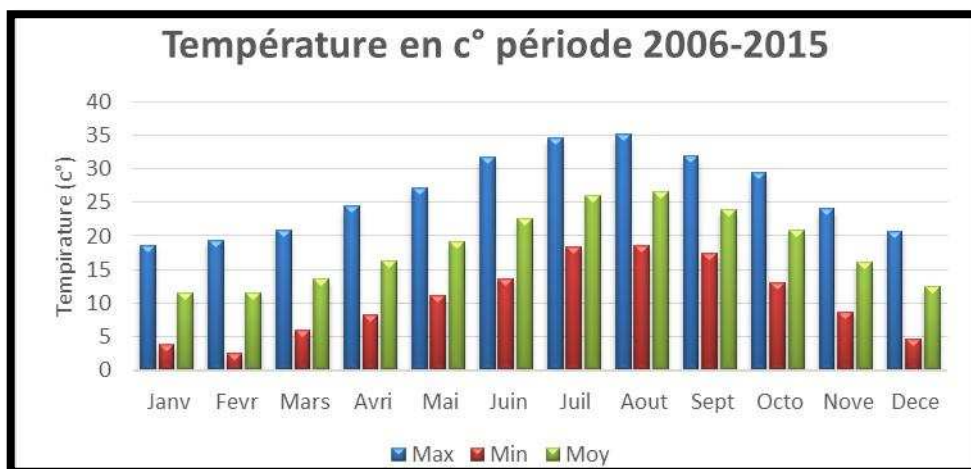


Figure (II)- 5 : Diagramme de température. (O.N.M) période 2006-2015 de Dar El Beida)

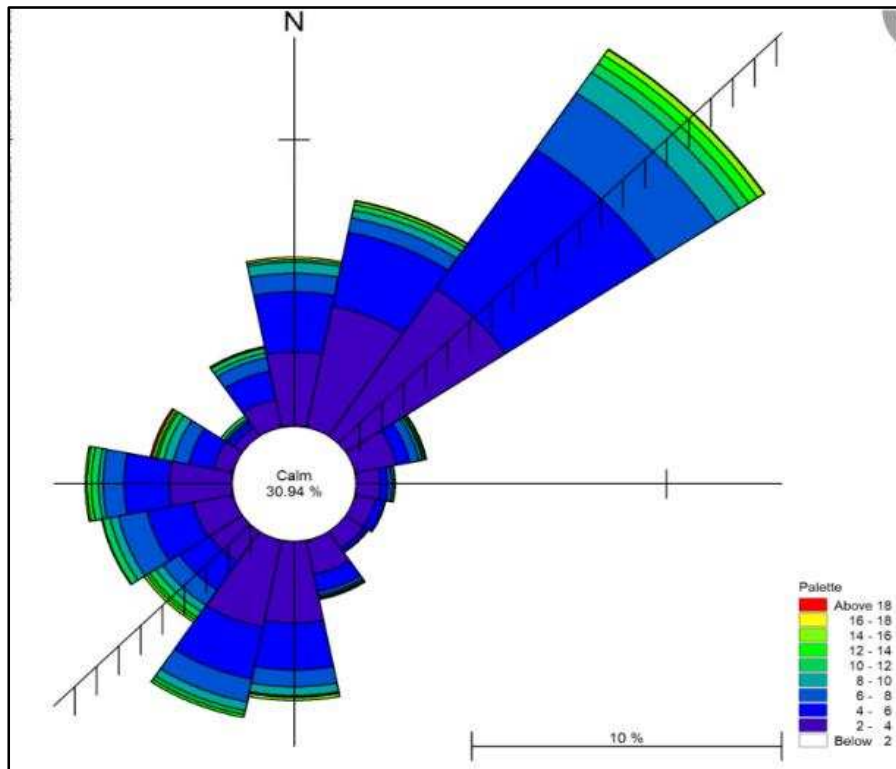
Chapitre (II) : Présentation de la zone d'étude

5.1.3. Les vents :

Les vents jouent un rôle important dans la dynamique des eaux marines superficielles. Ils sont générateurs des houles et des courants superficiels.

Tableau (II)- 1 : Fréquence d'apparition du vent par vitesse et par direction au large d'Alger.
(Laarbi.N,2017)

Vitesse (m/s)	Directions				
	W	NW	N	NE	E
0.5-1.5	1.0%	0.7%	1.1%	1.0%	1.4%
2-5.1	10.4%	6.1%	4.8%	6.5%	9.1%
5.6-10.7	13.2%	6.1%	2.4%	2.8%	5.6%
11.2-17.1	5.3%	2.7%	0.6%	0.5%	0.5%
17.3-24.0	1.1%	8%	0.1%	0.0%	0.1%
>25.0	0.0%	0.1%	0.0%	0.1%	0.0%



5.2. Réseaux hydrographiques et les apports fluviaux :

La baie d'Alger est alimentées en apports par les oueds (oued el Harrach, oued el Hamiz), ces cours d'eau prennent leur source dans l'Atlas blidéen et coulent dans la plaine de la Mitidja avant de déboucher en mer. Les régimes hydrauliques de ces oueds se caractérisent par un long étiage et des crues observées surtout en hiver et rarement au printemps. (**Abderrahmanl et Khedimi, 2008**)

5.2.1. Oued el Harrach :

Son bassin versant couvre une superficie de 1200 Km² et englobe en plus d'oued El Harrach même les oueds Djemaa à l'Est et Terro à l'Ouest.

Il s'écoule du sud vers le nord à travers l'atlas Blidéen, la Mitidja et le sahel où finalement il se jette à la mer. Le bilan des écoulements moyens annuel est de 5,41 m³/S. Ce dernier reçoit tous les rejets urbains, industriels et agricoles, de ce fait altère toute la biodiversité qui y vit, de par sa qualité physico-chimique et microbiologique très dégradée. (**Charakdji et al, 2006**)

5.2.2. Oued el Hamiz :

La superficie du bassin versant d'oued El Hamiz est de l'ordre de 315Km², son embouchure se situe près du cap Matifou.

Les principaux affluents (**Abderrahmanl et Khedimi, 2008**) :

- Oued Segia (Oued Bouera) bassin versant de 54Km² ;
- Oued Barek (dérivé artificiellement dans l'oued El Hamiz) avec un bassin versant de 58Km² ;
- La présence du barrage d'El Hamiz réduit considérablement ses apports solides vers la mer.

5.3.Facteurs hydrodynamiques :

L'étude hydrodynamique nous permettra de déterminer le rôle des vagues et houles, sur la dynamique littorale ainsi que celui des courants.

Chapitre (II) : Présentation de la zone d'étude

5.3.1. La houle :

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

Les données de houle ont été requises d'un document de l'U.S Naval Weather Command intitulé « summary of synoptic météorological observation » S.S.M.O s'étalant sur une période de 8ans (1963 à 1970).

Tableau (II)- 2 : fréquence mensuelle par direction au large d'Alger (1 mois=100%) (U.S. Naval Weather Service Command (S.S.M.O) 1963-1970, 4500 Observations).

Mois	N	N.E	E	S.E	S	S.W	W	N.W
Janvier	08.10	12.90	18.20	05.00	06.50	13.20	28.80	07.30
Février	08.80	10.30	12.60	04.00	06.00	16.90	35.60	05.80
Mars	11.30	12.60	15.80	03.60	04.50	13.30	30.50	09.20
Avril	11.70	15.30	16.00	02.00	04.40	13.70	26.60	10.20
Mai	08.40	26.30	31.90	03.00	03.30	07.20	13.90	06.20
Juin	09.20	29.10	29.80	01.80	01.40	08.20	16.30	04.20
Juillet	05.90	32.50	35.10	01.40	00.90	05.90	16.20	02.00
Août	08.90	27.70	37.40	01.90	01.01	05.00	13.40	04.90
Septembre	06.70	26.40	40.50	02.20	02.30	04.50	14.80	02.50
Octobre	07.80	14.10	20.30	03.20	04.30	14.80	28.80	06.90
Novembre	05.40	05.70	10.00	05.10	08.00	15.90	40.40	09.40
Décembre	10.20	06.20	09.30	04.60	07.40	15.00	37.10	10.00

La synthèse de ces données montre une nette répartition saisonnière des directions de houle. Au large, les directions correspondent en grande partie à celle des vents, du moins pour les secteurs Ouest et Nord-Est.

D'après le LEM, le résultat de cette synthèse est précisé par le tableau 1 dans lequel on constate que (**Abderrahmanl et Khedimi, 2008**) :

- Les houles de Nord-Est sont les plus fréquemment observées.
- Les fréquences d'observations sur l'année des houles d'Est et Ouest sont sensiblement identiques avec toujours avec une légère prédominance du secteur Est.

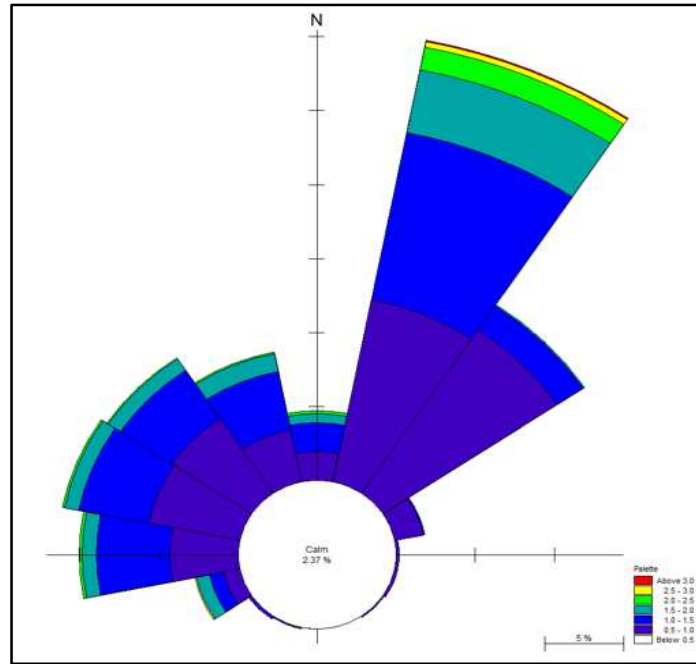


Figure (II)-7 : Rose des houles au large d'Est de la baie d'Alger réalisé à l'aide du logiciel .MIKE ZERO.

5.3.2. Les marées :

Le long des côtes algériennes, l'amplitude moyenne des marées astronomiques est de l'ordre de 30 cm.

Les variations du plan d'eau sont soumises plus à l'effet des vents (phénomène de seiche) qu'à l'attraction luni-solaire. Les variations journalières observées sur les côtes algériennes sont inférieures à dix (10) cm. La différence entre valeur maximale et valeur minimale de la marée ne dépasse pas 50 cm. (LEM, 1996)

6. Etude sédimentologie :

La connaissance de la nature du fond de la baie d'Alger est essentielle. Beaucoup de travaux y sont faits, montrant que la distribution des sédiments est fonction de la bathymétrie. Ainsi leur répartition et déplacement obéissent à la dynamique sédimentaire et à l'hydrodynamique locale.

A partir de la composition globale des dépôts, distingue, de façon générale, trois types de faciès (Maouche, S, 1987) :

Chapitre (II) : Présentation de la zone d'étude

6.1. Faciès sableux :

Se limitant à la bordure littorale (entre -10 m et -35 m) ; les sables moyens à la limite du secteur littoral de la bordure rocheuse occidentale et les sables grossiers prédominant dans le secteur Est, mélangés au faciès pélitique.

6.2. Faciès carbonatés :

Localisés dans la bordure Ouest jusqu'à -35 et -50 m et à des profondeurs plus importantes à l'Est au droit du Cap Matifou.

6.3. Faciès pélitiques :

70 % des dépôts superficiels constituent les faciès vaso-sableux à vaseux. La fraction pélitique représente 10 % des dépôts à 10 m de profondeur, 50 % dès la profondeur de - 25 m et 75 à 95 % à la profondeur de - 30 m et -50 m, à proximité des oueds. (Taieb errahmani, D, 2009)

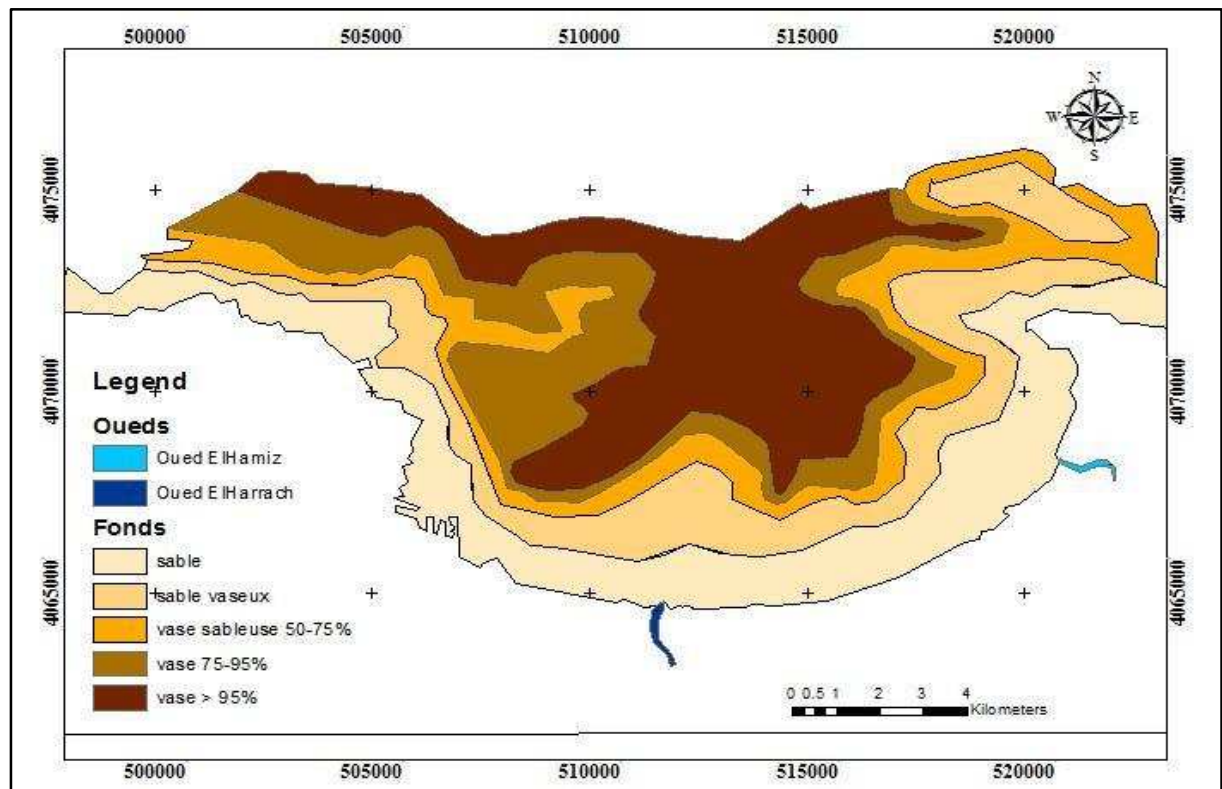


Figure (II)- 8 : Nature des fonds de la baie d'Alger modifiée in (Taieb errahmani, D, 2009)

**Chapitre(III) :L'étude
de l'évolution du trait
de côte**



1. Introduction :

Les études de l'évolution côtière examinent et explorent les raisons pour lesquelles la position et la nature du trait de côte se modifient d'un moment à l'autre. En général, il a été constaté que de nombreux littoraux mondiaux sont sous la menace de l'érosion. **(Williams. S, 1990)**

Dans ce chapitre on va traiter l'évolution du trait de côte par l'utilisation d'une extension DSAS de logiciel Arc Gis10.2 pour le but de voir le phénomène de l'érosion et son influence sur la frange littorale de notre zone d'étude.

2. Matériel et Méthode :

2.1. Aperçu du logiciel:

2.1.1. ArcGis10. 2 :

ArcGis est un logiciel qui offre de nombreuses potentialités pour la manipulation, la gestion, l'analyse et l'édition des données spatiales. Différentes couches d'informations spatiales peuvent être manipulées offrant la possibilité d'analyser une ou plusieurs couches sous le contrôle des autres. Le seul lien entre ces différentes couches est le lien spatial, c'est-à-dire, l'appartenance au même espace géographique et ayant le même système de coordonnées. **(Demouche.R, 2017)**

2.1.2. Google Earth pro :

Google Earth Pro est un logiciel qui permet de voyager dans le monde via un globe virtuel et d'afficher des images satellites, des plans, des reliefs et des bâtiments 3D. C'est un logiciel qui contient des images de grande résolution de l'ordre de 30m à 60cm (SPOT, QUICKBIRD, IKONOS,...).ces images sont issues d'entreprises de commercialisation d'images et sont archivées sur le serveur de Google Earth Pro qui est accessible par connexion à l'internet. Elles sont mises à jour au fur et à mesure. L'utilisation gratuite des images présentées par le logiciel n'est autorisée que par des captures d'écran ou une utilisation en ligne. Google Earth Pro permet d'imprimer des images en haute résolution, alors qu'il faut se contenter de la résolution de l'écran avec la version basique. **(Ahfir et Meziane, 2016)**

2.1.3. L'extension DSAS :

Le système d'analyse Shoreline Digital (DSAS) est une application logicielle disponible gratuitement qui travaille dans le (ESRI) Système d'informations géographiques (ArcGIS). DSAS calcule les statistiques de taux de changement pour une série chronologique des

données vectorielles du littoral. Les méthodes utilisées peuvent être décrites comme suit (ESRI Arcgis 10.2):

2.1.3.1. La méthode de la Mouvement de rivage net (Net Shoreline Movement- NSM) :

Le mouvement du littoral net indique une distance et non un taux. Le NSM est associé aux dates de deux rivages seulement. Il indique la distance entre les rivages les plus anciens et les plus jeunes pour chaque transects. Cela représente la distance totale entre les rivages les plus anciens et les plus jeunes. (Si cette distance est divisée par le nombre d'années écoulées entre les deux positions littorales, le résultat est le taux final indiqué dans la section suivante.

2.1.3.2. La méthode de la régression linéaire (Linear Regression - LRR) :

Une statistique de taux de changement de régression linéaire peut être déterminée en ajustant une ligne de régression par les moindres carrés à tous les points de rivage pour un transects particulier. La ligne de régression est placée de sorte que la somme des résidus au carré (déterminée en mettant au carré la distance de décalage de chaque point de données de la ligne de régression et en additionnant les résidus au carré ensemble) est minimisée. Le taux de régression linéaire est la pente de la ligne.

2.1.3.3. La méthode des points extrêmes (End Point Rate - EPR) :

Le taux du point final est calculé en divisant la distance du mouvement de trait de côte par le temps écoulé entre le littoral le plus ancien et le plus récent. Les principaux avantages de l'EPR sont la facilité de calcul et l'exigence minimale de seulement deux dates riveraines. L'inconvénient majeur est que dans les cas où plus de données sont disponibles, les informations supplémentaires sont ignorées.

2.1.4. Barre d'outils de DSAS (USGS, 2016) :

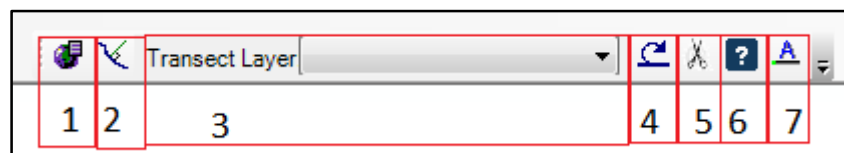


Figure (III)- 1 : Barre d'outils de DSAS

1: **Définir / Modifier les paramètres** : spécifiés les noms de fichiers pour les entrées de référence et de rivage et d'autres paramètres, tels que l'espacement des profils.

2: **Transects Cast** : génère une nouvelle (ou écrase un existant) classe d'entités des profils en fonction des paramètres par défaut spécifiés par l'utilisateur.

3: **Le menu déroulant** : répertorie tous les fichiers de transects reconnus ajoutés au projet ArcMap actif.

4: **Calculer les statistiques** : lance une boîte de dialogue peuplée avec une liste sélectionnable des statistiques de changement de taux à calculer.

5: **Clip transects à SCE** : lance une boîte de dialogue offrant aux utilisateurs la possibilité de générer une copie du fichier de profils spécifié qui est accroché à l'enveloppe de changement de rivage (SCE) ou la distance maximale entre tous les rivages.

6: **Lance la fonction d'aide DSAS.**

7: **A propos de DSAS** : fournit des informations sur le logiciel, y compris le numéro de version.

➤ Les données disponibles utilisées pour analyser l'évolution passée et actuelle du trait de côte sont des images prises pendant la saison estivale :

- Les traits de côtes issus des images satellitaires extraites de Google Earth pro(2007-2009-2011-2013-2015-2017-2018).
- Image satellitaire 2017 géoréferencée. (Quick-bird 2017) résolution 0.62 m (Voir annexe(I))
- Trait de côte de 1984 issu de la photo aérienne (l'INCT). Échelle 1/10000 Résolution 1m



Figure (III)- 2 : la photo aérienne de 1984(l'INCT).



Figure (III)- 3 : Image satellitaire de la zone d'étude de l'année 2007 (Google Earth pro)



Figure (III)- 4 : Image satellitaire de la zone d'étude de l'année 2009 (Google Earth pro)



Figure (III)- 5 : Image satellitaire de la zone d'étude de l'année 2011 (Google Earth pro)



Figure (III)- 6 : Image satellitaire de la zone d'étude de l'année 2013 (Google Earth pro)



Figure (III)- 8: Image satellitaire de la zone d'étude de l'année 2015 (Google Earth pro)



Figure (III)- 7 : Image satellitaire de la zone d'étude de l'année 2018 (Google Earth pro)

3. Résultats et Discussion :

Dans le cadre de ce travail, afin d'évaluer l'évolution du littoral dans notre zone d'étude (les deux « 02 » plage 'Bateau cassé' et 'Stamboul') nous avons effectué une étude statistique grâce à l'extension « DSAS » du logiciel « ArcGIS », en utilisant un ensemble des traits de côtes, ces traits de côtes ont été récoltés par la digitalisation de certaines images satellitaire extraites de « Google Earth Pro » (l'extension Add Path et export sous la forme KML), une image satellitaire (année 2017) et deux photos aériennes. (Voir annexe (I))

3.1. dynamique des traits de côte :

La digitalisation des traits de côte par l'ArcGis a permis d'obtenir les résultats suivants :

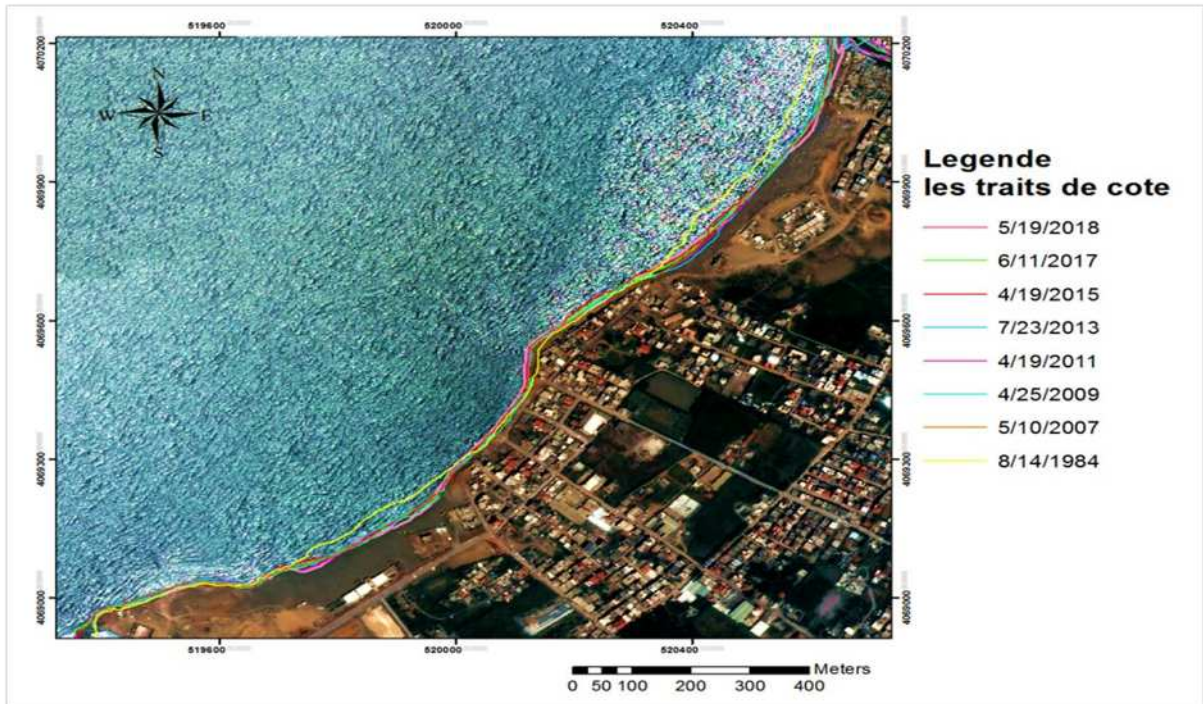


Figure (III)-9 : Évolution de la ligne du rivage dans la région d'Est de la baie d'Alger durant les années 1984_2018.

- L'extension DSAS nous a permis de créer automatiquement 385 transects d'une longueur de 300 m espacée entre eux de 05 m. (Voir annexe (I))

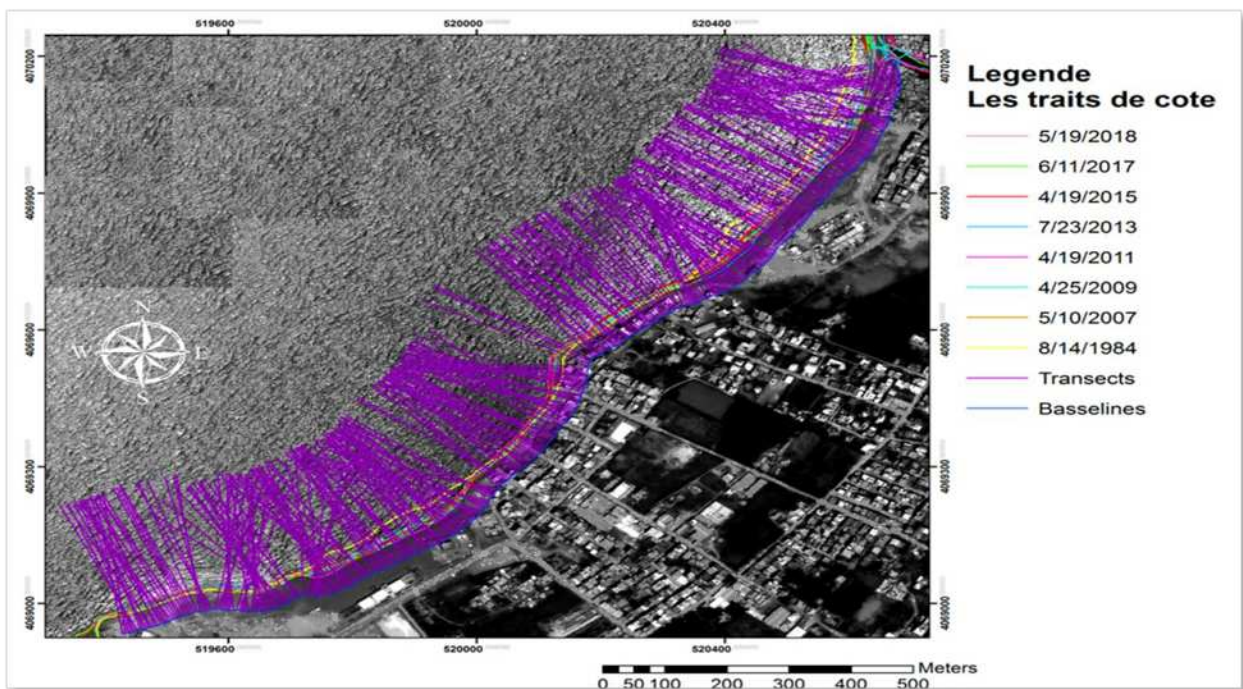


Figure (III)- 10 : Transects et traits de côte de la zone d'étude durant les années 1984_2018.

- Les taux de changements de rivages sont calculés en utilisant des méthodes NSM, EPR et LRR.

3.1.1 Analyse de la méthode Net Shoreline Movement (NSM) :

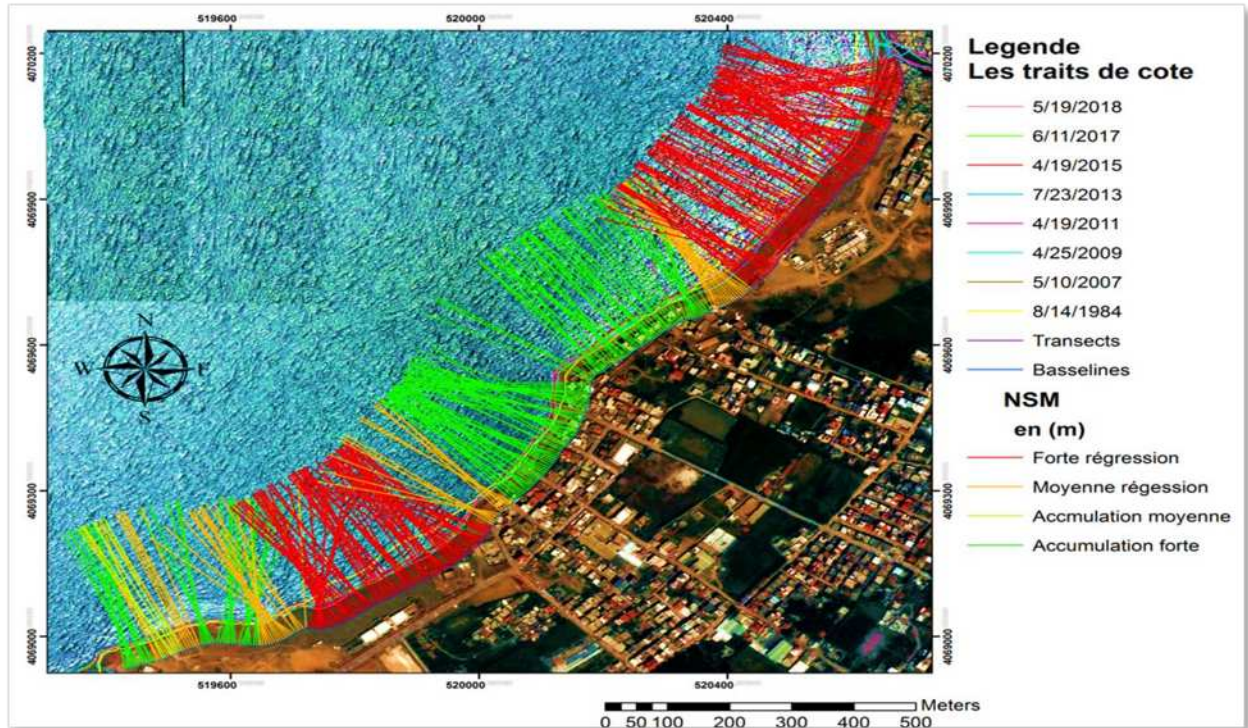


Figure (III)-11 : Illustration du rythme d'évolution du trait de côte NSM en m entre 1984_2018.

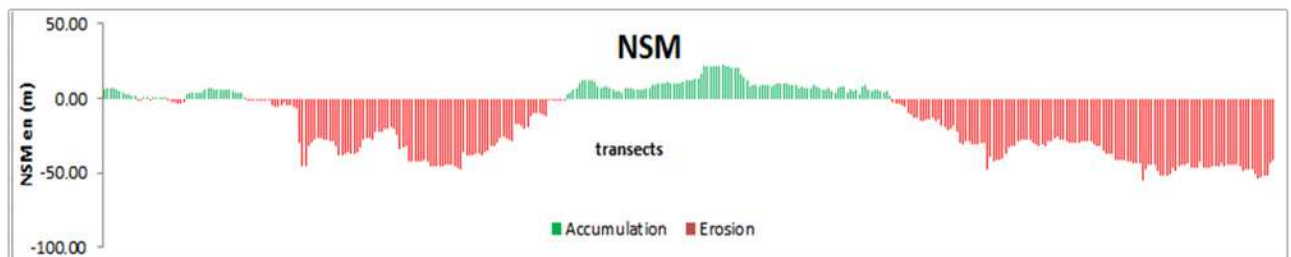


Figure (III)-12 : Représentation graphique de changements moyens de la position de la ligne de rivage de la zone d'étude durant la période 1984_2018 en(m).

Commentaire :

Les deux (Figure (III)-11, et Figure (III)- 12) indiquent les variations de la distance entre les traits de côte de l'année 1984 et celui de l'année 2018.

On observe que la plage de 'Bateau cassé' fait apparaître une forte tendance à l'érosion d'environ de -25.27 m en moyenne durant une période de 34 ans, et pour la deuxième plage

Chapitre(III) :L'étude de l'évolution du trait de côte

de 'Stamboul' nous avons pu constater aussi une forte érosion avec une perte moyenne de -34.37 m durant ladite période, cette évolution pourrait être justifiée par :

- ✓ la réduction des apports sédimentaire d'oued El-Hamiz qui est due probablement à la construction de barrage (barrage de Hamiz) en amont pendant la période de sécheresse prolongée ;
- ✓ l'extension de zones urbaines et l'arasement des cordons dunaires en arrière-plages ;
- ✓ la grande fréquentation touristique surtout durant la période estivale ;
- ✓ l'installation de réseau d'assainissement au niveau de la plage de (Bateau cassé).



Photo (III)- 1 : l'installation de réseau d'assainissement au niveau de la plage de « Bateau Cassé».

3.1.2. Analyse de la méthode End Point Rate (ERP) :

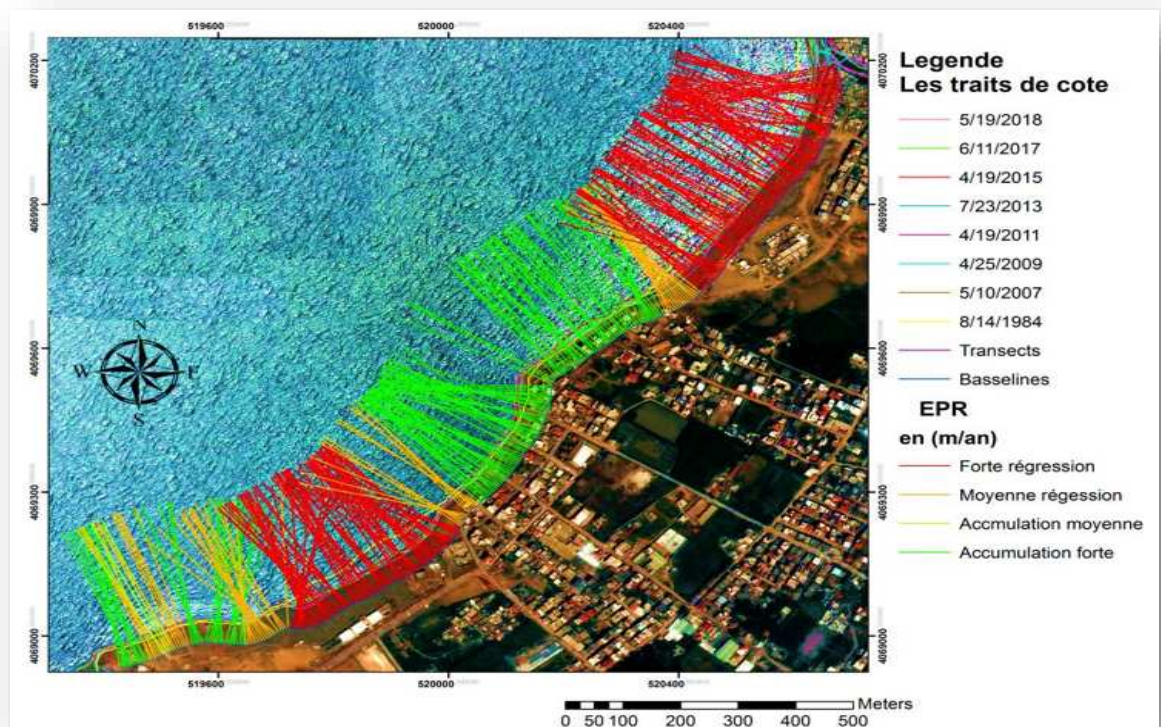


Figure (III)-13 : Illustration du rythme d'évolution du trait de côte EPR en m/an entre 1984_2018.

Commentaire :

La (Figure (III)-13) indique la vitesse d'évolution avec laquelle la variation s'est effectuée entre le trait de côte le plus ancien de 1984 et le plus récent de 2018.

Dans la plage 'Bateau cassé' qu'est en situation d'érosion avec vitesse d'évolution est très grande allant de (-0.03 m/an à -1.34 m/an) et avec une vitesse moyenne de -0.75 m/an durant les 34ans, et en ce qui concerne la deuxième plage de 'Stamboul' qui a subi aussi une forte régression avec une vitesse allant de (-0.12 m/an à -1.55 m/an) et avec une vitesse moyenne de -1.01 m/an durant ladite période.

3.1.3. Analyse de la méthode Linear Regression (LRR) :

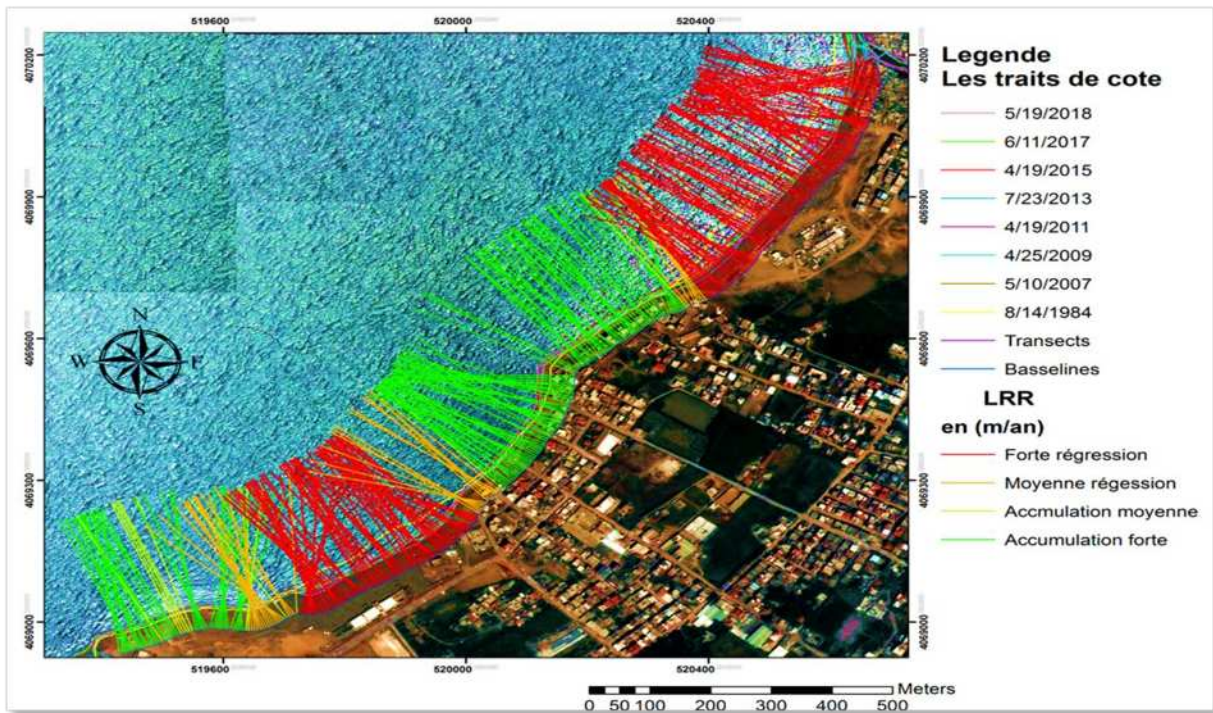


Figure (III)-14 : Illustration du rythme d'évolution du trait de côte LRR en m/an entre 1984_2018.

Commentaire :

La (Figure (III)- 14) indique comme celle de l'EPR, une estimation de taux d'évolution du trait de côte en m/an, on observe un grand taux d'érosion pour les deux « 02 » plages (Bateau cassé et Stamboul) avec une moyenne de -0.85 m/an. (Voir annexe n°01) .

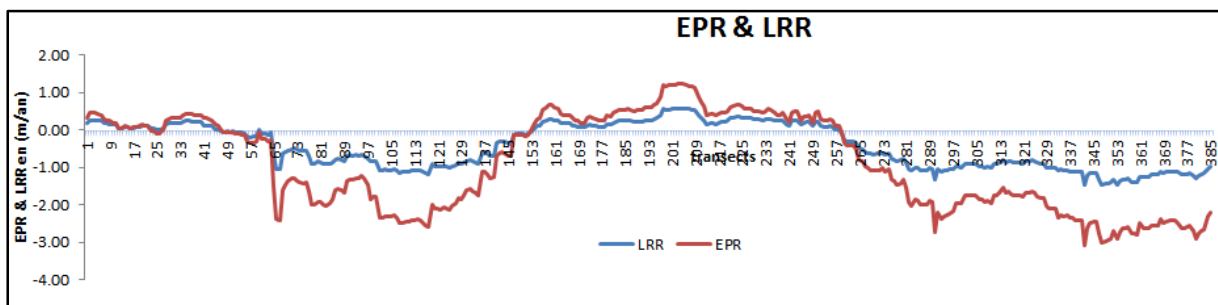


Figure (III)-15 : Représentation graphique des variations des paramètres d'évolution de trait de côte (LRR et EPR) en m/an.

Commentaire :

La Figure (III)-15 démontre une forte corrélation entre la courbe de la régression linéaire (LRR) et la courbe des points extrêmes (EPR), car la superposition de ces deux « 02 » paramètres prouve une ressemblance dans l'allure des courbes en montrant ainsi un

rapprochement des tendances évolutives. ce qui révèle aussi que le paramètre EPR ne prend que deux transects et que le paramètre LRR qui prend un ensemble de traits de côte a abouti à un même résultat justifié par l'absence de variations remarquables durant cette période (1984-2018) qui aurait pu influencer la variation du paramètre LRR.

3.2. Bilan surfacique de la zone d'étude

La quantification du bilan sédimentaire (pertes et gains de sédiments) tout au long littoral de la zone d'étude (les deux plages : ('Bateau cassé' et 'Stamboul') et des changements du trait de côte ont été exprimés en termes de surfaces.

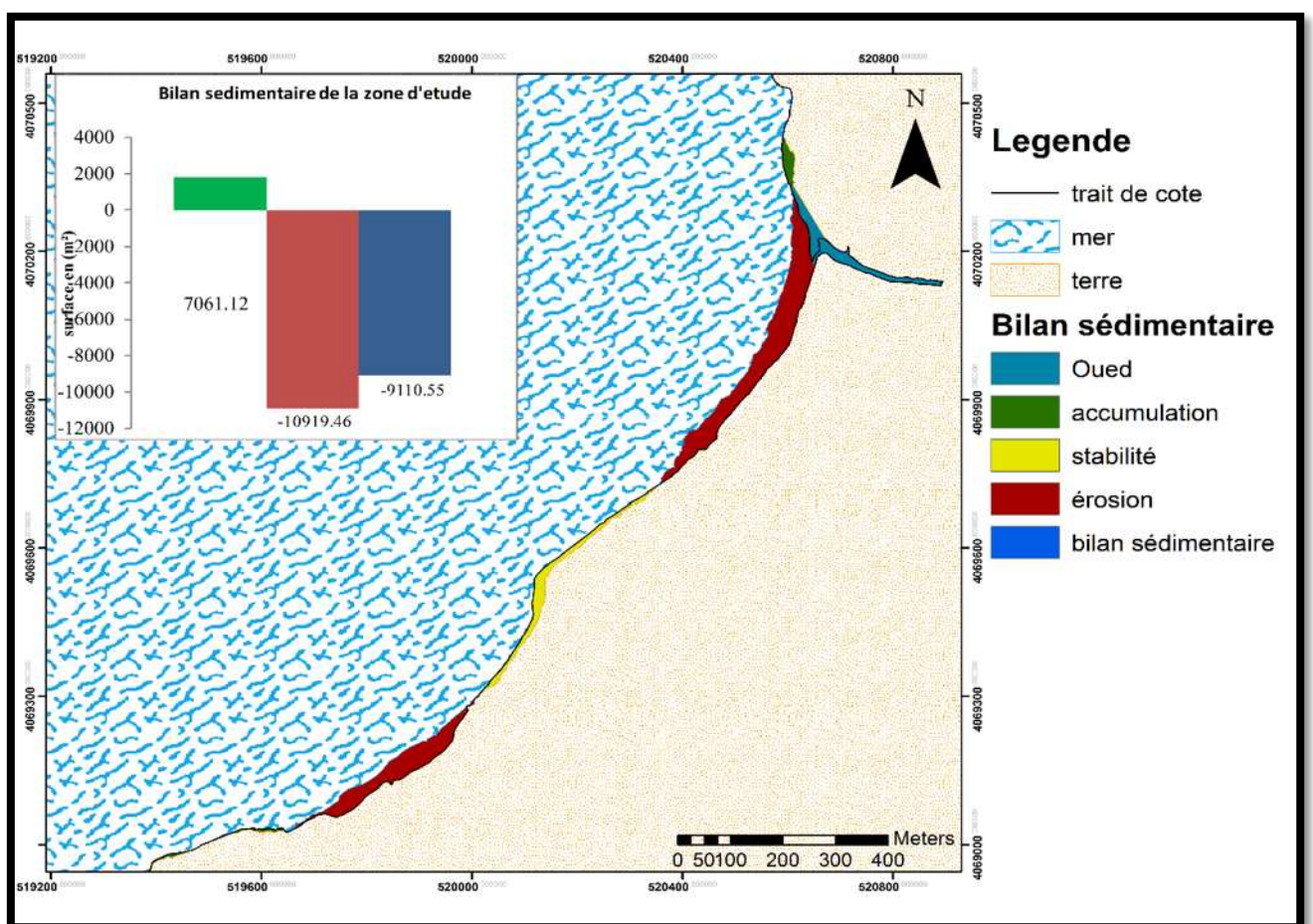


Figure (III)- 16 : Bilan surfacique sédimentaire de la zone d'étude durant la période 1984_2018.

La cartographie de l'évolution surfacique des plages sableuses (Bateau cassé et Stamboul) de la partie Est de la baie d'Alger pour une période de 34ans (1984 – 2018), a permis de calculer les surfaces d'érosion et d'accrétion .

L'analyse de l'histogramme montre d'une façon synthétique que :

Notre zone d'étude a subi une érosion significative et qui a été prouvé par les résultats du bilan surfaciques. Ces bilans montrent une perte surfacique de -9110.55 m^2 tout au long de notre zone d'étude.

4. Conclusion :

- ✚ L'analyse chronologique des traits de côte de la zone d'étude (les deux plages : Bateau cassé et Stamboul) a permis de déterminer ses tendances évolutives.
- ✚ Notre zone d'étude a connu beaucoup de changements sur son évolution du trait de côte sous l'effet de plusieurs facteurs cité précédemment qui génèrent le majeur problème de l'érosion, cette dernière est présenté dans tous les résultats des analyses (NSM, EPR et LRR) par une distance de recul de -29.82 m et avec une vitesse d'évolution -0.85 m/an pendant ces dernières 34 ans.
- ✚ Cela nécessite une surveillance continue au niveau du trait de côte pour mieux comprendre ce phénomène.

**Chapitre (IV) : Etude
Granulo-Sédimentaire**



1. Introduction :

L'analyse granulométrique d'un sol consiste à déterminer la proportion des diverses classes de grosseur des particules. Il n'existe pas de méthode parfaite pour déterminer la granulométrie; l'exactitude de la méthode dépend de la nature du sol et, plus précisément, de la forme géométrique des particules et du pourcentage des matières organiques qu'elles renferment. (Demouche.R, 2017)

Ce chapitre nous permet de présenter la méthodologie suivie lors de ce travail et le matériel utilisé, que ce soit des prélèvements, analyses faites au laboratoire où des traitements des résultats par des logiciels spécifiques qui sont (ArcGIS, Excel et Matlab).

2. Matériel et Méthode :

2.1.Prélèvement et échantillonnage :

2.1.1. Site d'étude :

Notre zone d'étude est située à la commune de Bordj El Kiffan (la Wilaya d'Alger) du point de vue administratif avec largeur d'environ 1.88 km.

Ses coordonnées Géographiques sont :

- Longitude EST $3^{\circ}12'58.98''E$ à $3^{\circ}14'07.05''E$
- Latitude NORD $36^{\circ}46'02.38''N$ à $36^{\circ}46'44.32''N$
-



Photo (IV)-1 : plage de « Bateau Cassé ».



Photo (IV)-2 : plage de « Stamboul ».

2.1.2. Le prélèvement dans la partie terrestre :

Dans le but de prélever des échantillons de la partie aérienne de notre zone d'étude (les deux plages 'Bateau cassé' et 'Stamboul'), une sortie terrain a été effectuée le 19/05/2018. Les coordonnées des stations de prélèvement ont été prises à l'aide d'un GPS. L'étude sédimentologique a été effectuée sur 37 échantillons répartis sur 16 profils. Le prélèvement a été fait à la main, les échantillons ont été ensuite mis dans des sacs en plastique et étiqueté. (Voir annexe(II))



Figure (IV)-2 : les Positionnements des points de prélèvement dans la partie terrestre de la plage 'Stamboul'.

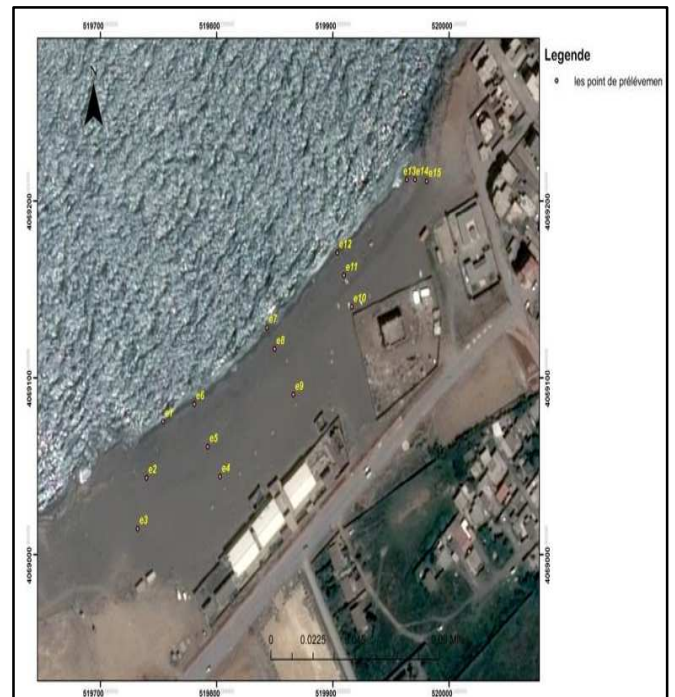


Figure (IV)- 1 : Les Positionnement des points de prélèvement dans la partie terrestre de la plage 'Bateau cassé'.

2.2. Etude au laboratoire :

- L'analyse granulométrique est l'opération consistant à étudier la répartition des différents grains d'un échantillon, en fonction de leurs caractéristiques (poids, taille, ...).
- Tamisât : partie de l'échantillon passé à travers les mailles du tamis.
- Refus : partie de l'échantillon qui n'est pas passée à travers les mailles du 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.



Les pourcentages des refus cumulés, où ceux des tamisats cumulés, sont représentés sous la forme d'une courbe granulométrie en portant les ouvertures des tamis en abscisse, sur une échelle logarithmique, et les pourcentages en ordonnée, sur une échelle arithmétique. La courbe est tracée de manière continue et ne peut pas passer rigoureusement par tous les points.

Cette étude a été effectuée au niveau du laboratoire de l'École Nationale Supérieure Des Sciences De La Mer Et De L'aménagement Du Littoral (ENSSMAL).

2.3. Protocole d'analyse :

La technique de mesure la plus couramment utilisée est le tamisage à sec. Nous examinerons successivement ses différentes opérations en suivant les normes AFNOR.

2.3.1. Préparation du matériel Méthode d'analyse :

L'ensemble des prélèvements sédimentaire a été analysé au laboratoire selon les techniques classiques de tamisage.



Photo (IV)- 3 : Les étapes de l'analyse granulométrique dans LGA I de l'ENSSMAL.

1. Les échantillons sont étiquetés.
2. Les échantillons vont être séchés de 24 à 48 h à une température de 105°C.
3. À l'aide d'une balance de précision ; on prend une quantité de 200g de chaque échantillon.
4. Laver l'échantillon dans un tamis de 40 μm .
5. Mettre les échantillons dans des boîtes de pétrie après lavage avec l'eau.
6. Deuxième séchage dans l'étuve pendant 24 à 48 h à une température de 105°C.
7. Les tamis sont placés les uns sur les autres dans le sens décroissant.
8. Faire passer les échantillons dans la tamiseuse pendant 10 min à 60 Hz.
9. Chaque refus de tamis est pesé à l'aide d'une balance de précision.

- L'analyse granulométrique réalisée a passé par plusieurs étapes qui sont représentées par la Figure (IV) 3 :

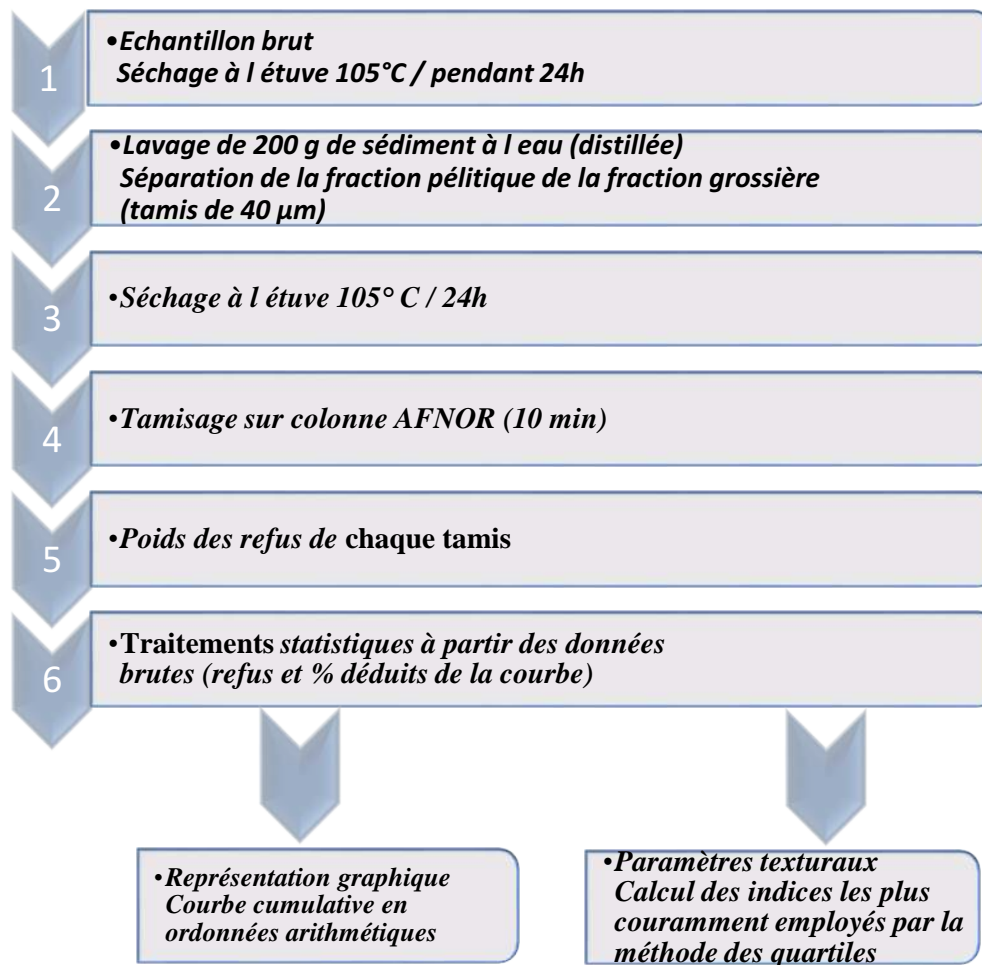


Figure (IV)- 3 : Les étapes de l'analyse granulométrique.

2.4. 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.

2.4.1. 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.

2.4.1.1. 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.

2.4.1.2. Les quantiles :

- D10 : diamètre du grain à l'ordonnée 10%, premier décile.
- D90: diamètre du grain à l'ordonnée 90%, second décile.

2.4.2. Les indices granulométriques :

Les indices granulométriques sont exprimés en unité (ϕ). L'échelle ϕ est une unité de mesure définie par la relation suivante.

$$\Phi = -\log_2(D) \dots \dots (1)$$

D : diamètre des grains en mm.

2.4.2.1. Indice central :

D'après Folk et Ward l'indice central est un positionnement global de l'échantillon sur l'échelle des dimensions des sédiments. Il traduit la puissance moyenne des paléoécoulements (Losson et Corbonnois, 2006)

$$Mz = (\Phi_{16} + \Phi_{50} + \Phi_{84})/3 \dots \dots (2)$$

Tableau(IV)- 1 : Les valeurs adoptées de Mz. (Mezouar, 2009)

Limite de Mz	Taille moyenne	Limite de Mz	Taille moyenne
Mz < -6	Galet	0 < Mz < 1	Sable moyen
-6 < Mz < -2	Granule	1 < Mz < 2	Sable fin
-2 < Mz < -1	Sable très grossier	2 < Mz < 3	Sable très fin
-1 < Mz < 0	Sable grossier	3 < Mz < 3.98	Vase

2.4.2.2. Les indices de dispersion ou de classement :

D'après Folk et Ward les indices de classement donnent une idée sur l'étalement de la courbe granulométrique autour de son grain moyen, et nous renseignent sur le degré de classement du sédiment.

$$So = [(\Phi_{84} - \Phi_{16}) / 4] + [(\Phi_{95} - \Phi_5) / 6,6] \dots\dots (3)$$

Tableau(IV)- 2 : Les limites de l'indice de classement de Trask « So ». (Dahmani. A, 2016)

Valeur	Classement	Interprétation (courant)
1.00 <So < 1.20	sédiment très bien classé (homogène)	très régulier
1.20 <So < 1.60	sédiment bien classé	régulier
1.60 <So < 2.00	sédiment moyennement classé	peu régulier
So > 2.00	sédiment mal classé (hétérogène)	irrégulier

2.4.2.3. Les coefficients d'asymétrie (FOLK et WARD) :

Ils indiquent la prédominance des sédiments fins ou des sédiments grossiers. Ils caractérisent le degré de symétrie de la courbe granulométrique par rapport à la médiane.

$$Ski = ((\phi_{16} + \phi_{84} - 2\phi_{50}) / 2 (\phi_{84} + \phi_{16})) + ((\phi_5 + \phi_{95} - 2\phi_{50}) / 2 (\phi_{95} + \phi_5)) \dots (4)$$

Tableau(IV)- 3 : Les limites de l'indice d'asymétrie « Ski ».

Valeur de Sk	Asymétrie	Signification	(intensité du courant) Interprétation
Sk = 1	nulle	courbe à tendance symétrique	courant modéré
Sk < 1	positive	décalage et classement maximum vers les particules grossières.	courant fort
Sk > 1	négative	décalage et classement maximum vers les particules fines.	courant faible

3. Résultats et Discussion :

Un programme MATLAB nous a permis d'effectuer le calcul de ces paramètres granulométriques. Ce programme utilise les trois formules de Folk & Ward citées précédemment pour effectuer le calcul et avoir les résultats présentés par la suite. (Voir annexe(II))

3.1. Partie terrestre :

3.1.1. Analyse de la fraction fine :

Les teneurs en fraction fine ($< 40 \mu\text{m}$), calculées pour l'ensemble des stations, nous ont permis d'établir la carte de répartition des pélites. Cependant, la fraction pélitique est représentée dans l'ensemble des échantillons avec des taux variables d'une station à une autre.

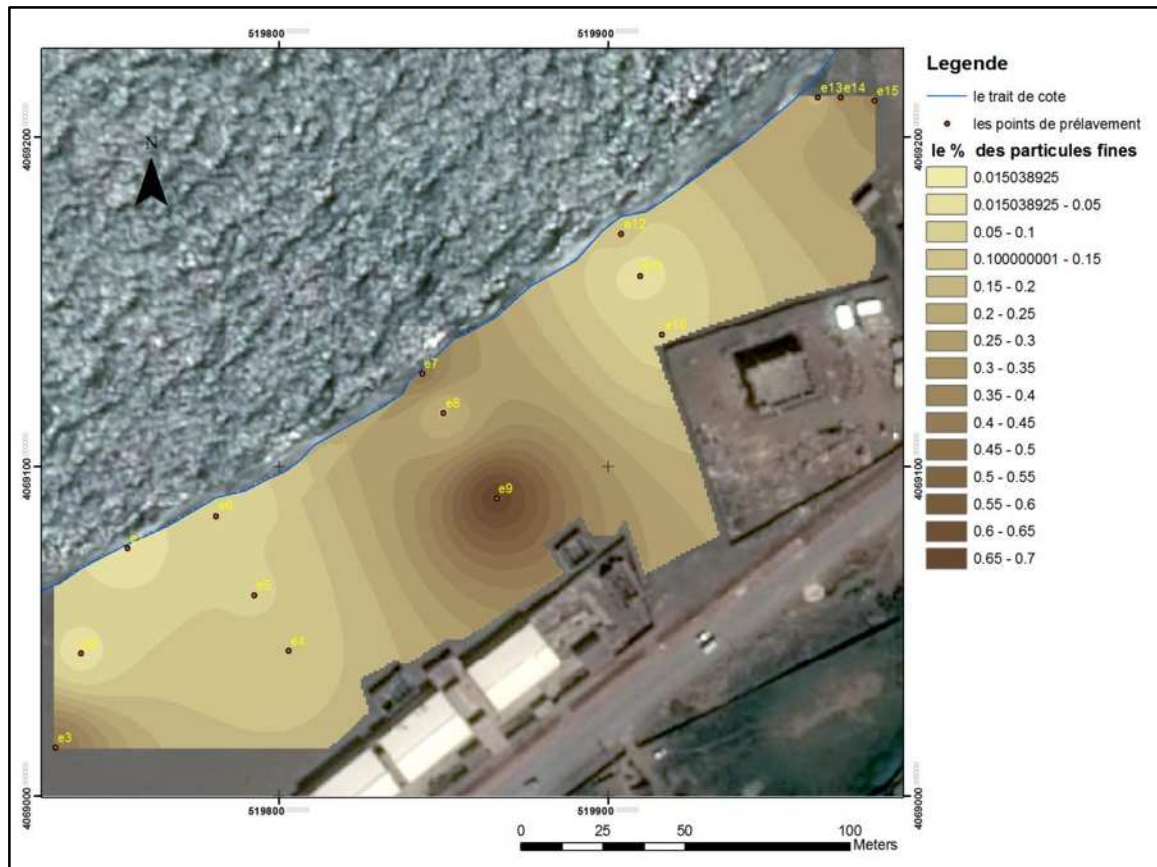


Figure (IV)- 4 : Carte de la répartition des pélites (%) dans la partie terrestre au niveau de la plage « Bateau Cassé ».

Commentaire :

La distribution spatiale de pourcentage des pélites dans la partie terrestre au niveau de la plage 'Bateau Cassé' montre une augmentation de ce dernier en éloignant de trait de côte vers l'arrière plage, Les teneurs les plus élevées sont enregistrées dans la partie centre de la plage.

- Cela peut être lié à la force du vent qui génère le mouvement des particules au niveau de la zone (l'échantillonnage a été effectué après la saison hivernale).

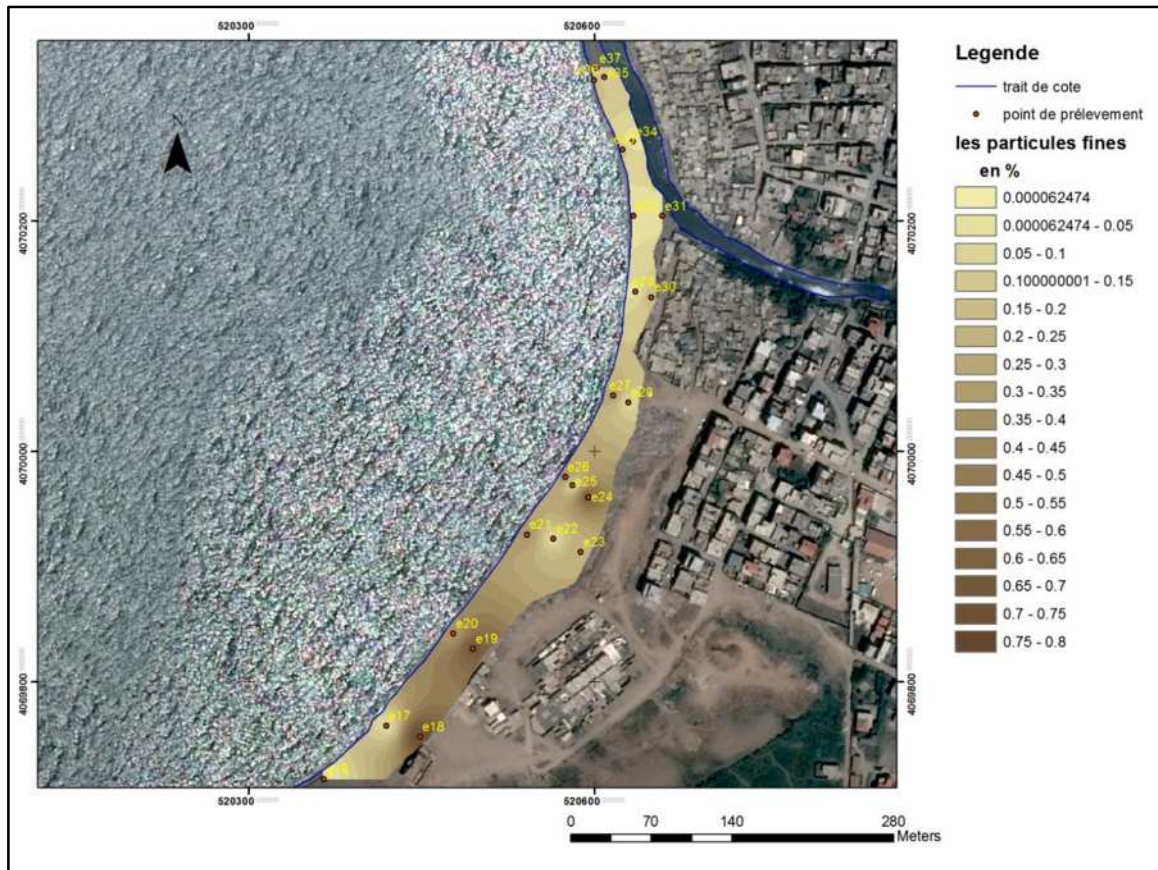


Figure (IV)- 5 : Carte de la répartition des pélites (%) dans la partie terrestre au niveau de la plage « Stamboul ».

Commentaire :

La distribution spatiale du pourcentage des pélites dans la partie terrestre au niveau de la plage « Stamboul » montre une augmentation de ce dernier en allant de l'Est (précisément au niveau de l'embouchure d'oued EL-HAMIZ) vers l'Ouest (l'échantillonnage a été effectué après la saison hivernale).

- Cela peut être dû au sens de transit sédimentaire dominant dans la zone d'étude qui transporte les particules fines charriées par l'oued.

3.1.2. Analyse de grains moyens :

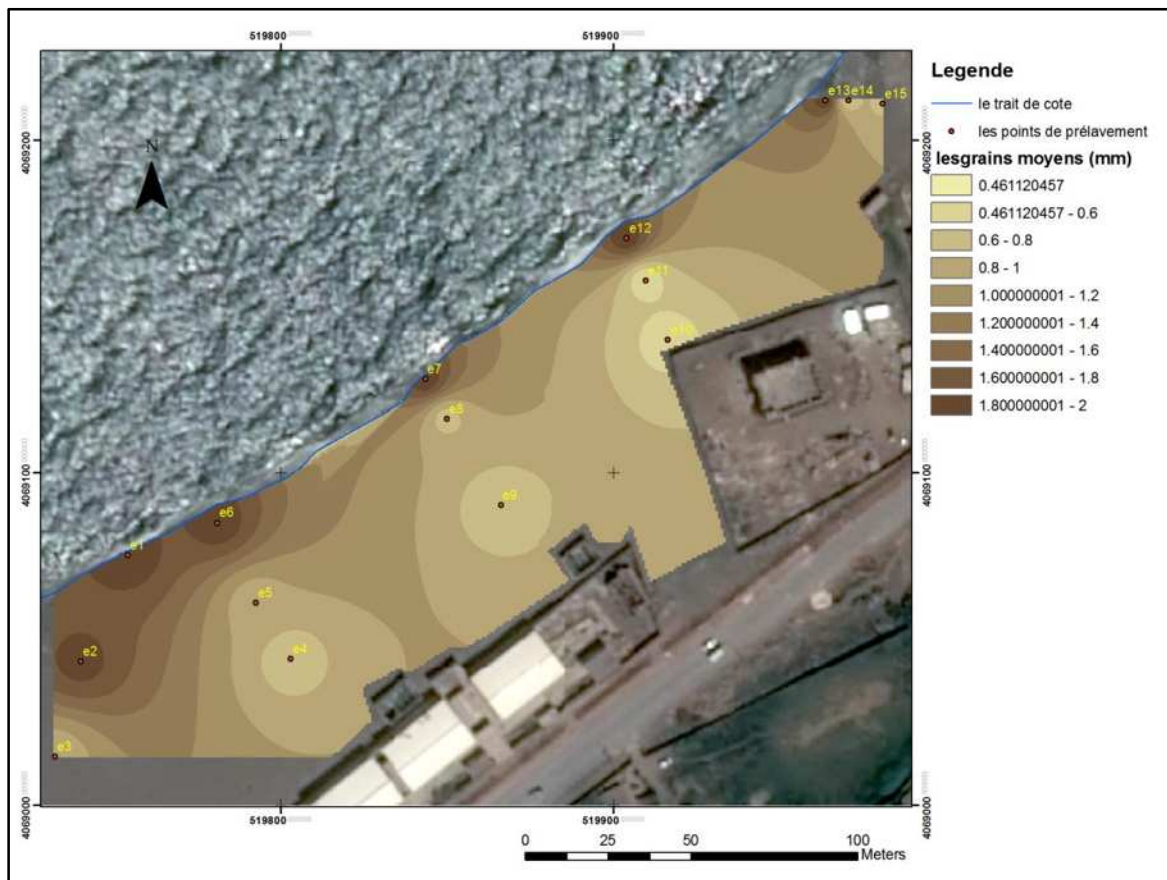


Figure (IV)- 6 : Carte de la répartition du grain moyen dans la partie terrestre au niveau de la plage « Bateau Cassé ».

Commentaire :

La distribution spatiale des grains moyens dans la partie terrestre montre que la teneur en fraction grossière augmente de tout au long de la plage en avançant d'Est vers l'Ouest au niveau de la plage de 'Bateau cassé' avec une valeur maximale de grain moyen qui égale à 1.94 mm et une moyenne de 1.18 mm. Cela a été prouvé par la moyenne des deux indices (S_0 et S_{ki}) qui nous indiquaient un sable bien classé et maximum vers les particules fines et la force éolienne et hydrodynamique.

Selon la classification de « Wentworth » la nature de sable de la plage de 'Bateau cassé' est un «Sable très grossier ». (Voir annexe (II))

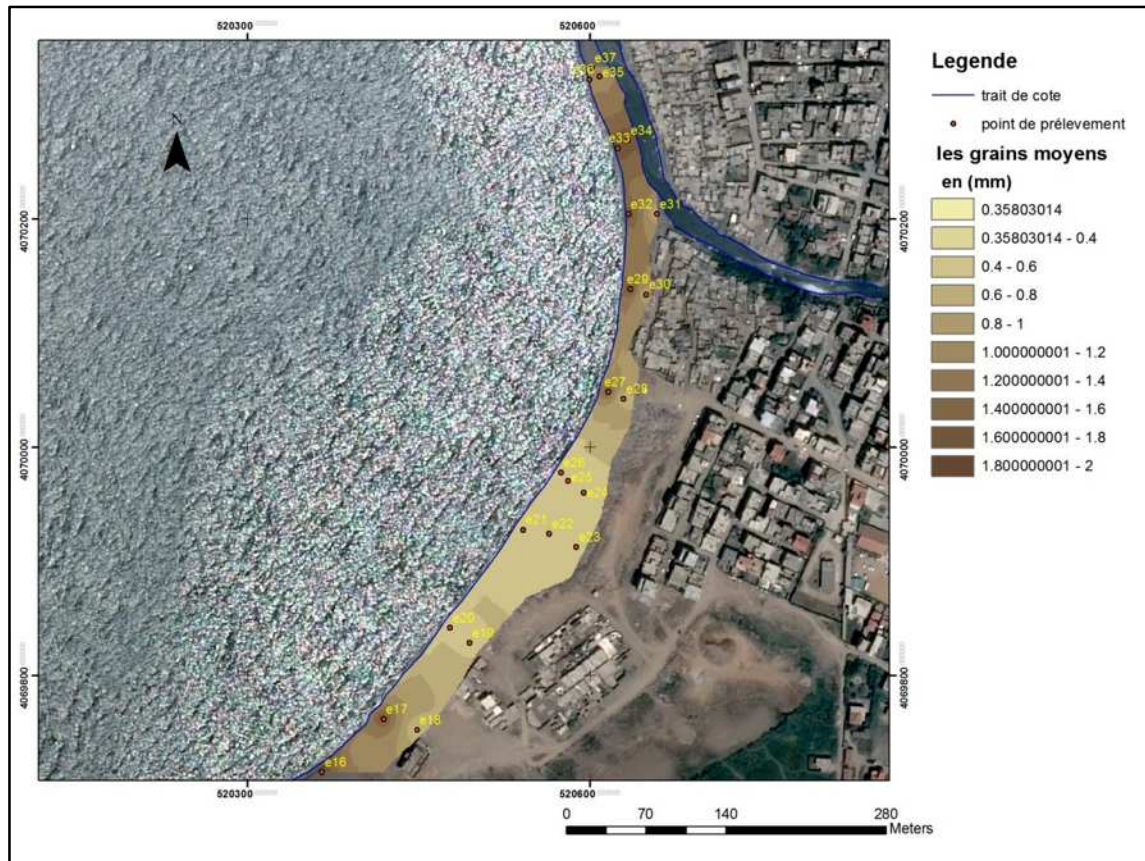


Figure (IV)- 7 : Carte de la répartition du grain moyen dans la partie terrestre au niveau de la plage « Stamboul ».

Commentaire :

Pour deuxième plage du 'Stamboul' la distribution spatiale des grains moyens dans la partie terrestre montre que la teneur en fraction grossière augmente de tout au long la plage en avançant de vers l'extrémité 'Est', avec une valeur maximale de grain moyen qui égale à 1.93 mm et une moyenne de 0.98 mm. Cela a été prouvé par la moyenne des deux indices (S0 et Ski) qui nous indiquent un sable bien classé et maximum vers les particules fines et l'apport sédimentaire et la dérive littorale.

Selon la classification de « Wentworth » la nature de sable de la plage de "Stamboul" est un "Sable grossier" (voir annexe (II))

3.2. Les indices granulométriques :

3.2.1. Partie terrestre :

Les résultats de calcul des indices granulométriques des échantillons prélevés de la partie terrestre sont synthétisés dans le tableau avec une interprétation des résultats.

Chapitre (IV) : Etude Granulo-Sédimentaire

Tableau(IV)- 4 : Calcule des indices granulométriques et interprétation des résultats de la partie terrestre.

N	Mz (ϕ)	So	Ski	Grain moyen	Classement	Asymétrie
1	1.9006	1.0649	1.5906	Sable fin	sédiment très bien classé (homogène)	Négative : décalage et classement maximum vers les particules fines
2	1.8316	1.1209	1.4904	Sable fin	sédiment très bien classé (homogène)	Négative : décalage et classement maximum vers les particules fines
3	0.82556	1.6214	1.0912	Sable moyen	sédiment moyennement classé	Négative : décalage et classement maximum vers les particules fines
4	0.68694	1.8134	0.9432	Sable moyen	sédiment moyennement classé	Positive : décalage et classement maximum vers les particules grossières.
5	0.81242	1.6866	1.0906	Sable moyen	sédiment moyennement classé	Négative : décalage et classement maximum vers les particules fines
6	1.8924	1.069	1.5638	Sable fin	sédiment très bien classé (homogène)	Négative : décalage et classement maximum vers les particules fines
7	1.8971	1.0664	1.5749	Sable fin	sédiment très bien classé (homogène)	Négative : décalage et classement maximum vers les particules fines
8	0.70996	1.3981	1.0469	Sable moyen	sédiment bien classé	Négative : décalage et classement maximum vers les particules fines
9	0.64947	1.8593	1.0253	Sable moyen	sédiment moyennement classé	Négative : décalage et classement maximum vers les particules fines
10	0.50337	1.7308	0.91029	Sable moyen	sédiment moyennement classé	Positive : décalage et classement maximum vers les particules grossières.
11	0.45021	1.433	1.0699	Sable moyen	sédiment bien classé	Négative : décalage et classement maximum vers les particules fines
12	1.8938	1.0663	1.5874	Sable fin	sédiment très bien classé	Négative : décalage et classement maximum vers les particules fines

Chapitre (IV) : Etude Granulo-Sédimentaire

					classé (homogène)	maximum vers les particules fines
13	1.8968	1.0668	1.5769	Sable fin	sédiment très bien classé (homogène)	Négative : décalage et classement maximum vers les particules fines
14	0.61444	1.5068	1.121	Sable moyen	sédiment bien classé	Négative : décalage et classement maximum vers les particules fines
15	0.73473	1.6839	1.0529	Sable moyen	Sédiment moyennement classé	Négative : décalage et classement maximum vers les particules fines
16	1.8987	1.0658	1.5836	Sable fin	sédiment très bien classé (homogène)	Négative : décalage et classement maximum vers les particules fines
17	1.8699	1.0863	1.5342	Sable fin	sédiment très bien classé (homogène)	Négative : décalage et classement maximum vers les particules fines
18	0.41646	1.5174	0.8621	Sable moyen	sédiment bien classé	Positive : décalage et classement maximum vers les particules grossières.
19	0.43757	1.3886	0.89253	Sable moyen	sédiment bien classé	Positive : décalage et classement maximum vers les particules grossières.
20	0.53672	2.3869	0.64359	Sable moyen	sédiment mal classé (hétérogène)	Positive : décalage et classement maximum vers les particules grossières.
21	0.71137	2.2933	0.88993	Sable moyen	sédiment mal classé (hétérogène)	Positive : décalage et classement maximum vers les particules grossières.
22	0.42871	1.4797	0.91527	Sable moyen	sédiment mal classé (hétérogène)	Positive : décalage et classement maximum vers les particules grossières.
23	0.3669	1.3996	0.95229	Sable moyen	sédiment bien classé	Positive : décalage et classement maximum vers les particules grossières.
24	0.41979	1.5871	0.85225	Sable moyen	sédiment bien classé	Positive : décalage et classement maximum vers les particules grossières.
25	0.33308	1.5007	0.92299	Sable moyen	sédiment bien classé	Positive : décalage et classement

Chapitre (IV) : Etude Granulo-Sédimentaire

					classé	maximum vers les particules grossières.
26	0.411979	1.5871	0.85225	Sable moyen	sédiment bien classé	Positive : décalage et classement maximum vers les particules grossières.
27	1.8695	1.112	1.6079	Sable fin	sédiment très bien classé (homogène)	Négative : décalage et classement maximum vers les particules fines
28	0.45516	1.6839	0.83651	Sable moyen		Positive : décalage et classement maximum vers les particules grossières.
29	1.8802	1.0761	1.5455	Sable fin	sédiment très bien classé (homogène)	Négative : décalage et classement maximum vers les particules fines
30	0.56686	1.7114	0.94344	Sable moyen	sédiment moyennement classé	Positive : décalage et classement maximum vers les particules grossières.
31	0.39226	1.5764	0.89796	Sable moyen	sédiment bien classé	Asymétrie très positive vers les fins
32	1.7098	1.194	1.6926	Sable fin	sédiment très bien classé (homogène)	Négative : décalage et classement maximum vers les particules fines
33	1.751	1.2373	1.6778	Sable fin	sédiment bien classé	Négative : décalage et classement maximum vers les particules fines
34	1.8577	1.1416	1.6218	Sable fin	sédiment très bien classé (homogène)	Négative : décalage et classement maximum vers les particules fines
35	1.0817	1.8515	1.2629	Sable fin	sédiment moyennement classé	Négative : décalage et classement maximum vers les particules fines
36	1.06	1.7607	1.1389	Sable fin	sédiment moyennement classé	Négative : décalage et classement maximum vers les particules fines
37	0.91829	1.8523	0.9751	Sable moyen	sédiment moyennement classé	Positive : décalage et classement maximum vers les particules grossières.

4. Conclusions :

L'étude de la fraction sableuse conduit à définir sa répartition et ses différentes caractéristiques sédimentologiques :

- ✚ La répartition de la médiane granulométrique indique la dominance de " Sable grossier" cela a été jugé par le calcul de la moyenne de la médiane (100 μm) selon la classification de « Wentworth ».
- ✚ Les sédiments sont moyennement bien classés (presque homogène) selon l'indice de classement de Trask « So » (1.47), indique aussi la présence des courants réguliers dans la zone d'étude.
- ✚ Et en ce qui concerne l'indice d'asymétrie « Ski » avec une moyenne d'environ (1.18) cela indique que les sédiments de notre zone d'étude présentent une symétrie négative traduite par un décalage et classement maximum vers les particules fines. Avec l'existence des courants faibles.

**Chapitre (V) : Etude
bathymétrique et
hydro sédimentaire**



1. Introduction :

Ce chapitre est porté sur l'étude hydrodynamique et hydro sédimentaire littorale, nous avons mobilisé un certain nombre de données et d'outil pour faire ressortir des paramètres telles quelles : les changements et les modifications survenus à la houle lors de sa propagation du large vers la cote, courants générés par la houle et le transport sédimentaire.

Pour les résultats des simulations numériques en utilisant le DHI Mike 21.

Et pour ce faire, nous avons suivi ces étapes :

- ✓ L'étude bathymétrique.
- ✓ La modélisation de la réfraction de la houle avec le modèle SW.
- ✓ La modélisation des champs de courants générés par la houle au moyen du modèle HD.
- ✓ La modélisation du transport sédimentaire sous l'effet de la houle et les courants à l'aide du modèle ST.

2. Description du 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);
- **MIKE 21-ST** (Non-Cohesive sediment transport).



2.1.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-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. Le modèle équivalent sur maillage en différence finie est le modèle MIKE21-NSW. (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 :

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \nabla \cdot (\vec{v}N) = \frac{S}{\sigma} \dots\dots\dots (V n^{\circ}1)$$

Avec : $N(\vec{x}, \sigma, \theta, t)$ densité d'action, t le temps, $\vec{x} = (x, y)$ les coordonnées cartésiennes, $\vec{v} = (c_x, c_y, c_\sigma, c_\theta)$ Est la vitesse de propagation d'un groupe de vagues dans l'espace de 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 :

$$(c_x, c_y) = \frac{d\vec{x}}{dt} = \vec{c}_g + \vec{U} \dots\dots\dots (V n^{\circ}2)$$

$$c_\sigma = \frac{d\sigma}{dt} = \frac{\partial \sigma}{\partial d} \left[\frac{\partial d}{\partial t} + \vec{U} \cdot \nabla_{\vec{x}} d \right] - c_g \vec{k} \cdot \frac{\partial \vec{U}}{\partial s} \dots\dots\dots (V n^{\circ}3)$$

$$c_\theta = \frac{d\theta}{dt} = -\frac{1}{k} \left[\frac{\partial \sigma}{\partial d} \frac{\partial d}{\partial m} + \vec{k} \cdot \frac{\partial \vec{U}}{\partial m} \right] \dots\dots\dots (V n^{\circ}4)$$

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)

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

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. (DHI, 2014)

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

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = \frac{\partial d}{\partial t} \dots\dots (V n^{\circ}5)$$

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{gp\sqrt{p^2+q^2}}{c^2.h^2} - \frac{1}{\rho_w} \left[\frac{\partial}{\partial x} (h\tau_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (h\tau_{xy}) \right] - \Omega_q - fVV_x + \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial x} (p_\alpha) = 0 \dots\dots (V n^{\circ}6)$$

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{q^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{gp\sqrt{p^2+q^2}}{c^2.h^2} - \frac{1}{\rho_w} \left[\frac{\partial}{\partial y} (h\tau_{yy}) + \frac{\partial}{\partial x} (h\tau_{xy}) \right] + \Omega_p - fVV_y + \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial y} (p_\alpha) = 0 \dots\dots (V n^{\circ}7)$$

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

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

$d(x, y, t)$: Variation temporelle de la profondeur de l'eau (m).

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

$p, q(x, y, t)$: Densités de flux dans les directions x et 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.

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

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

$P_\alpha(x, y, t)$: Pression atmosphérique ($kg/m/s^2$).

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

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

2.3.Modèle numérique de transport de sable (MIKE 21-ST) :

Le modèle MIKE 21-ST est un modèle numérique qui calcule les taux de transport de sédiments non cohésifs (Sable) sur le fond et en suspension sous l’action combinée des courants et des vagues .Ce modèle n’utilise que le modèle STPQ3D en cas de houle et des courants combinés. Les transports de sables sont déterminés par l’interpolation dans les tableaux de transport. **(DHI, 2014)**

Ces tableaux doivent être générés au préalable par « MIKE 21 Toolbox » avec le choix de « Generation of Q3D Sediment Tables ». Ils doivent intégrer une condition quelconque de bathymétrie, courant, houle, ou sédiment prédit par le module intégré. **(DHI, 2014)**

On est amené à résoudre cette équation de transport-diffusion pour calculer la concentration des sédiments transportés.

$$\partial C/\partial t + di((U^{\vec{}} + Ws^{\vec{}})C) = div(\gamma t * \nabla^{\vec{}} C) \dots \dots \dots (V n^{\circ}8)$$

Avec :

$U^{\vec{}}$: Étant le champ de vitesse 3D ;

$Ws^{\vec{}}$: vecteur vitesse de chute des particules dirigé vers le bas ;

γt : le coefficient de diffusivité turbulente des sédiments. **(DHI, 2014)**

La variation correspondante de la hauteur de la houle (Par rapport à la hauteur de la houle au large, Hs), due à la redistribution de l’énergie le long des crêtes, est habituellement exprimée par le coefficient de réfraction Kr. **(Benoît et al, 2009)**

Le coefficient de réfraction correspondant, Kr est donc calculé comme suit **(Benoît et al, 2009)** :

$$Kr = \frac{Hs\ locale}{Hs\ large} \dots \dots \dots (V n^{\circ}9)$$

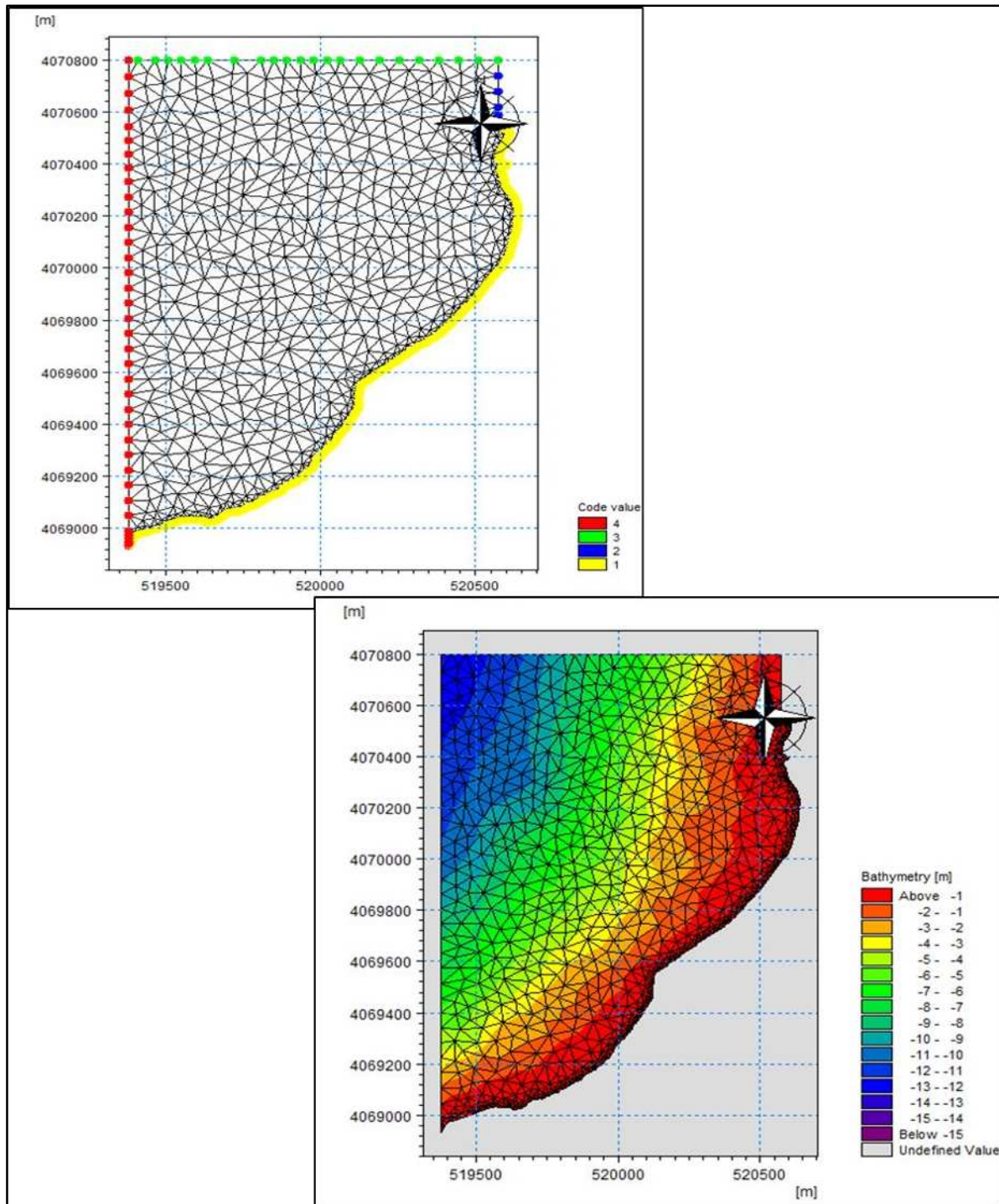
Tableau (V)-1 : Amplitudes et coefficients de réfraction à la profondeur -4m au large de la zone d’étude

Direction de la houle	Période de la houle en (s)	Amplitude de la houle au large Hs (m)	Amplitude de la houle a - 4m	Kr
N	8	2,67	1,8	0,67
NE	8	2,56	1,3	0,51
NO	8	2,64	1,7	0,64

3. Matériel et méthode :

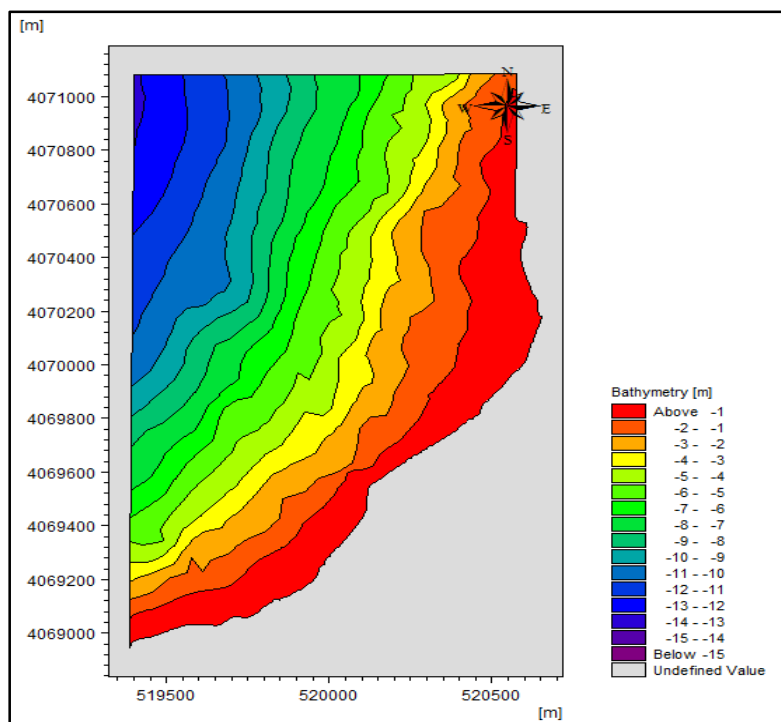
3.1.Préparation des données :

Création d'une Mesh de la zone d'étude des deux plages 'Bateau cassé' et 'Stamboul' par l'utilisation de l'extension « Mesh Generator ». (Voir annexe (III))



Figure(V)- 1 : Maillage du domaine de travail de la zone d'étude « Bateau cassé » et « Stamboul ».

3.2. Etude bathymétrique :



Figure(V)- 2: Carte bathymétrique de « Bateau cassé » et « Stamboul ».

La bathymétrie est la mesure des profondeurs pour déterminer la topographie d'un fond marin. Notre travail nécessite de l'étude bathymétrique. Des processus hydro-sédimentaires dépendent de cette dernière.

3.3 . Les données utilisées dans le « MIKE 21/3 Coupled Model FM » :

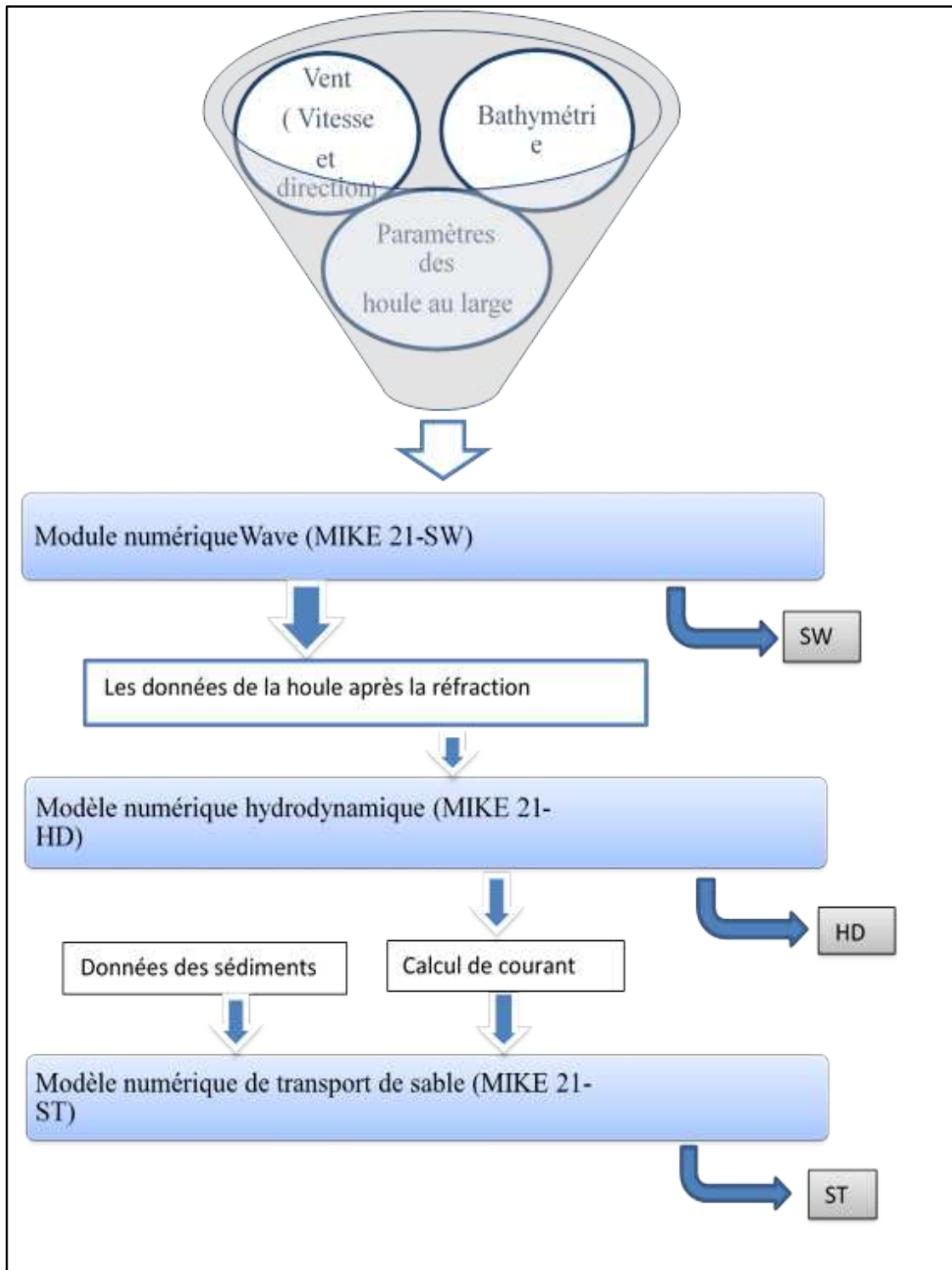
- Les données de vent utilisées (direction et vitesse) obtenues par le site « rp5.ru » et organisées par « Excel » le tableau de vent est traité par « MIKE Zero - time series editor » (Voir annexe (III)).
- Données de houle au large **Hs**, direction et période **T**. (SSMO, 1963 à 1970)

Tableau(V)-2 : données de la houle au large et leur direction et période. (SSMO, 1963 à 1970)

Direction de la houle au large					
Période	Ouest 270°	Nord-Ouest 315°	Nord 360°	Nord-Est 45°	Est 90°
T(s)	Hs(m)	Hs(m)	Hs(m)	Hs(m)	Hs(m)
6s	1,19	1,10	1,00	1,09	1,06
8s	2,67	2,64	2,67	2,56	2,53
10s	5,54	4,53	4,92	5,05	6,52

Chapitre (V) : Etude bathymétrique et hydro sédimentaire

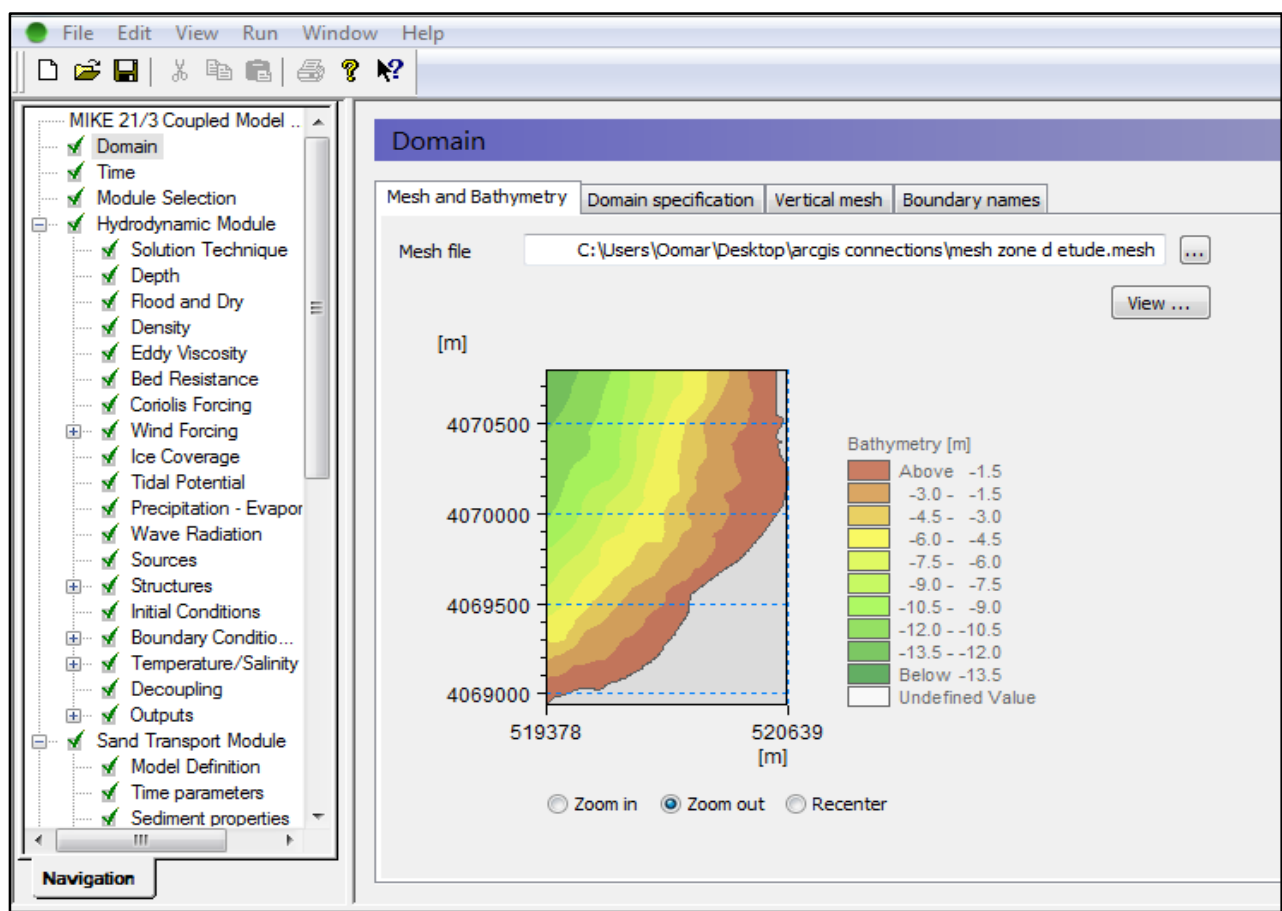
- Une table sédimentaire traitée par « Generation of Q3D Sediment Tables » (Voir annexe III).



Figure(V)- 3 : Approche méthodologique de la modélisation par les codes MIKE-21.

3.3. Paramètre du modèle « MIKE 21/3 Coupled Model FM » :

- Le choix de l'extension : « Coupled Model FM.mfm » ;
- La définition du domaine de travail ;
- Le réglage de la durée de la simulation ;
- La sélection des modules concernés : HD, ST et SW ;
- Paramétrage des modules : données initiales (vent, houle, élévation et sédiment), conditions aux limites, le choix des fichiers de sortie ;
- Lancer les simulations. (Voir Annexe III).

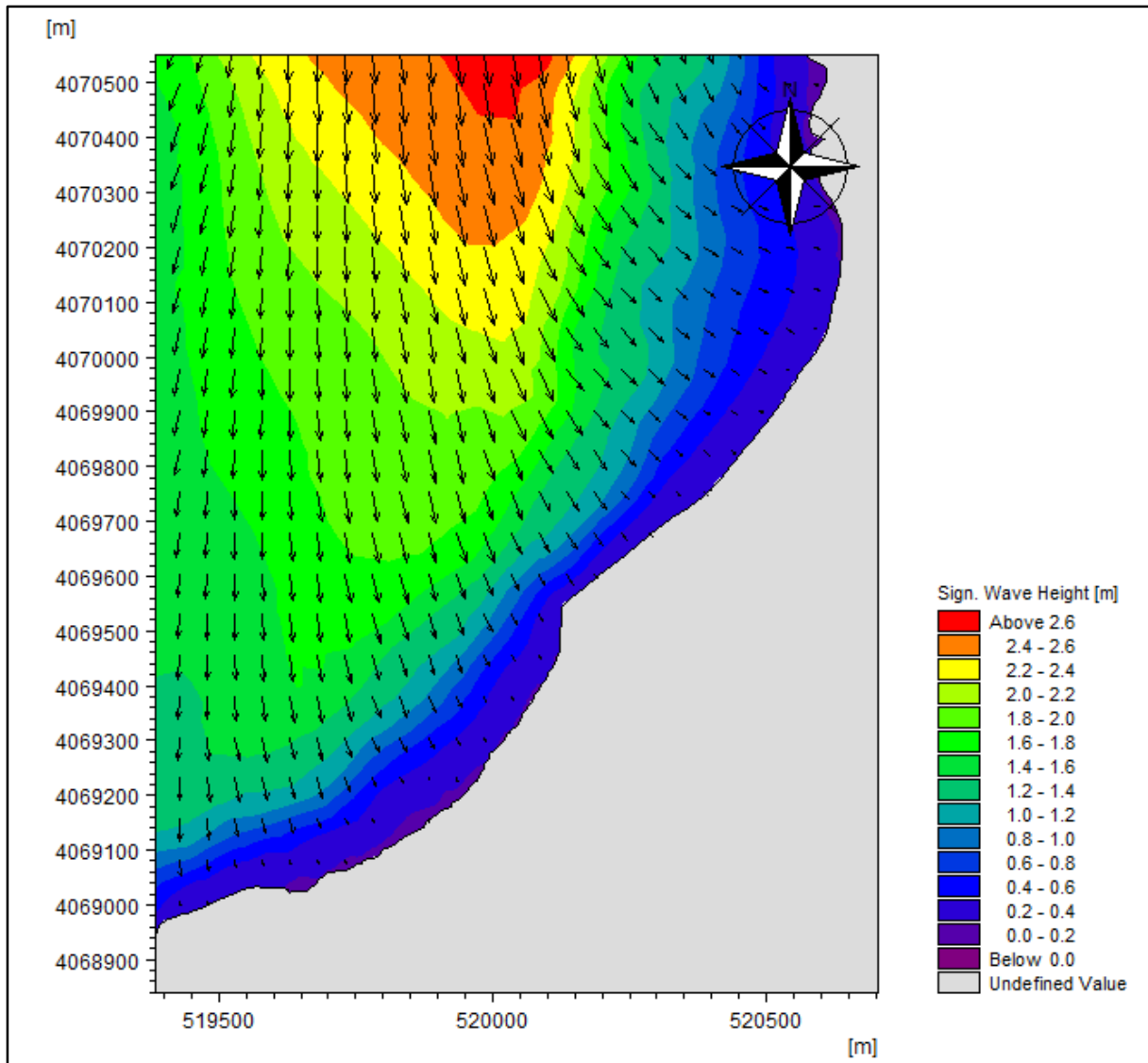


Figure(V)- 4 : Paramètres du modèle « MIKE 21/3 Coupled Model FM ».

4. Résultats et discussion :

Pour les résultats de la simulation nous avons choisi trois directions Nord-Ouest 315°, Nord 360° et Nord-Est 45°, avec une période de 8s, les autres directions sont dans (l'annexe (III)).

4.1 . La modélisation de la réfraction de la houle avec le modèle SW :



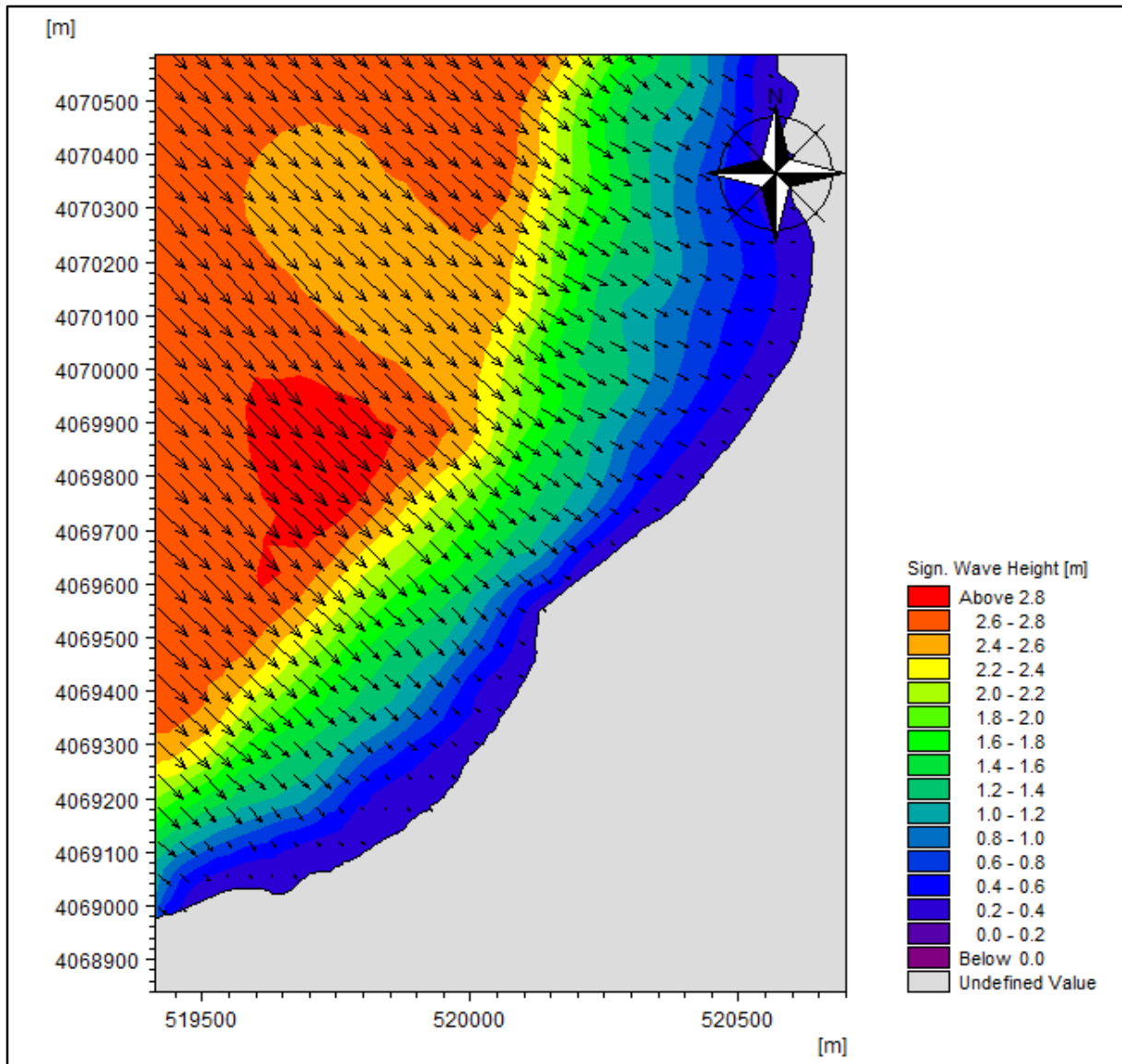
Figure(V)- 5 : Carte de la réfraction de la houle Nord 360°, T=8s

Commentaire :

La Figure(V)- 5 représente la réfraction de la houle pour une direction Nord 360° qui connaît des hauteurs significatives varient globalement entre 0.2m et 2.6m pour une période T=8s.

Le coefficient de réfraction est en moyenne égal à 0,64 à 4 m de profondeur alors la houle perd presque la moitié de son énergie du large.

La propagation de la houle atteint notre zone sans modifier de direction à l'Ouest par contre dans la zone Est on observe un changement de direction qui peut être due à la morphologie de la côte, la houle propage avec une énergie qui diminue graduellement avec la diminution de la profondeur qui peut être due au frottement avec le fond marin.

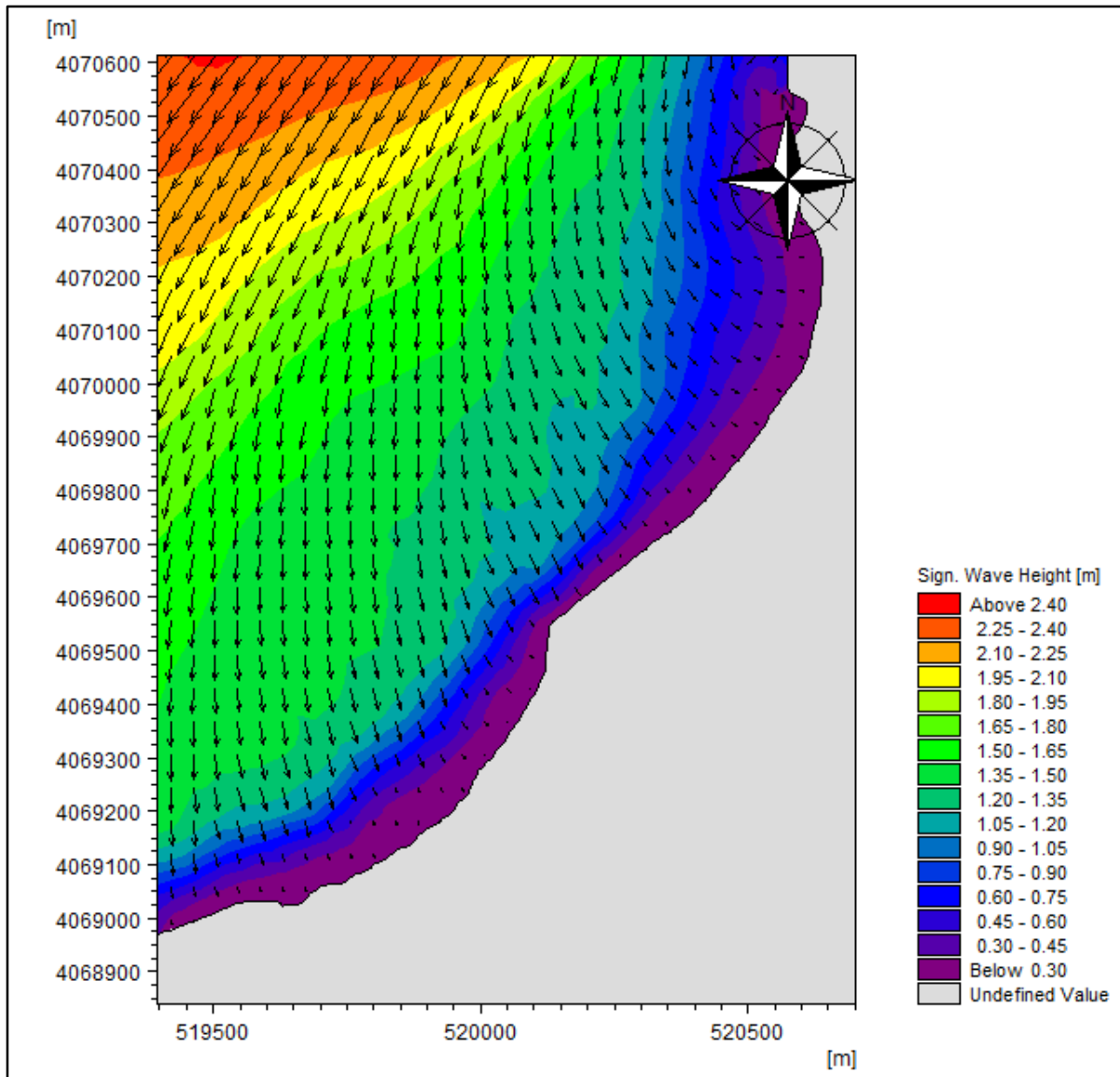


Figure(V)- 6 : Carte de la réfraction de la houle Nord-Ouest 315°, T=8s

Commentaire :

La (Figure(V)- 6) représente la réfraction de la houle pour une direction Nord-Ouest 315° qui connaît des hauteurs significatives varient globalement entre 0.2m et 2.8m pour une période T=8s.

La propagation de la houle atteint notre zone sans être modifier de direction. Le coefficient de réfraction est en moyenne égal à 0,67 à 4 m de profondeur. Donc les houles atteignent de manière perpendiculaire la côte et perdent une partie de leur énergie jusqu'à son arrivée au rivage.



Figure(V)- 7 : Carte de la réfraction de la houle Nord-Est 45°, T=8s

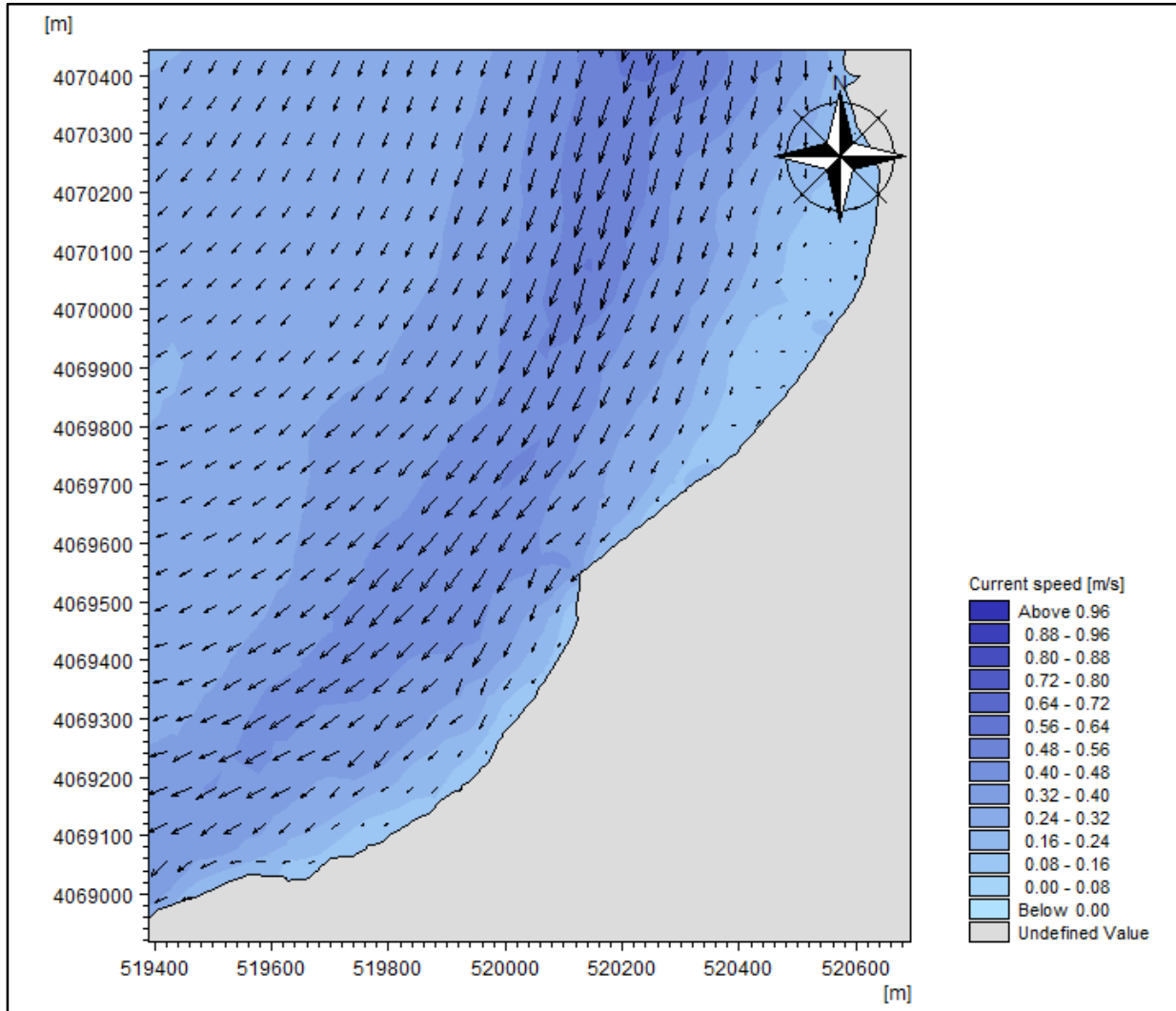
Commentaire :

La figure (V)- 7 représente les résultats obtenus de l'étude de la réfraction de la houle de la direction Nord-Est 45° et cela pour la période 8s. Dans ce cas, les hauteurs significatives varient de 0,3m à 2.4m.

La propagation de la houle atteint notre zone avec une modification de direction.

Le coefficient de réfraction est en moyenne égale à 0,51 à 4 m de profondeur alors la houle perd presque la moitié de son énergie.

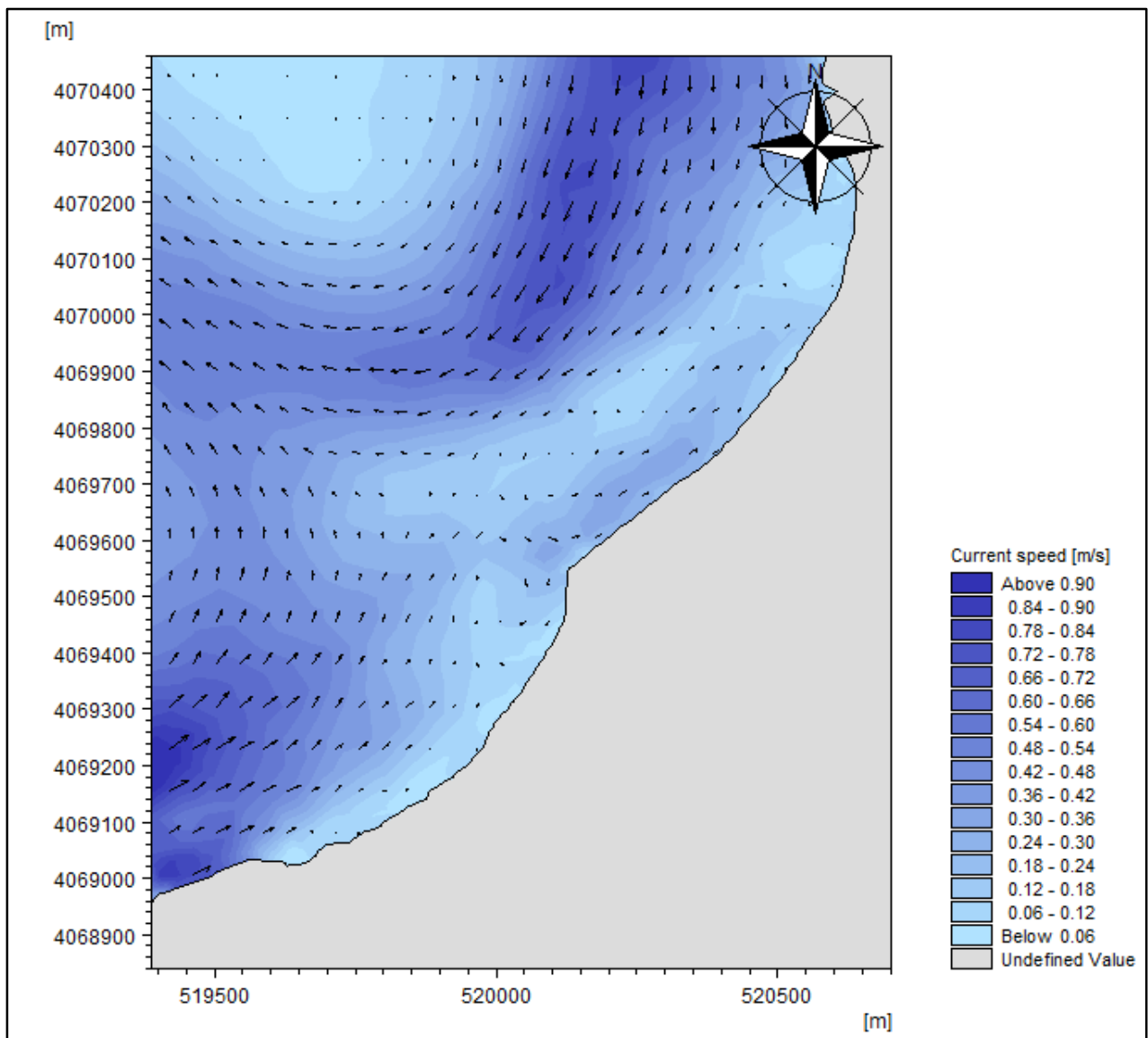
La modélisation des champs de courants générés par la houle au moyen du modèle HD :



Figure(V)- 8 : Carte de la direction et la vitesse des courants Nord 360°, T=8s

Commentaire :

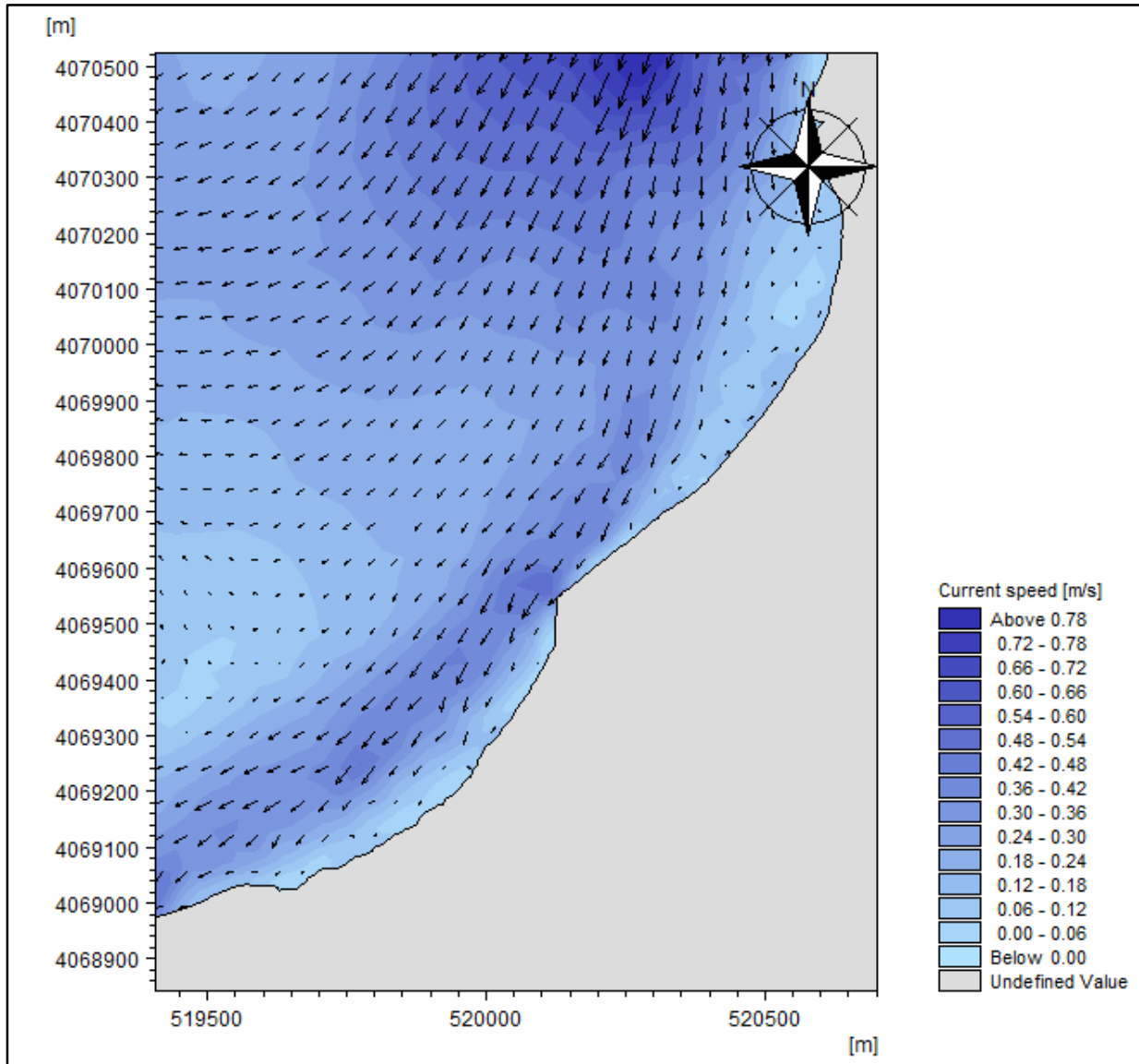
La (Figure(V)- 8) montre la variation des courants et leur direction qui sont générés par une houle du Nord 360°. D'après la carte, les courants sont d'ordre de 0m/s à 0.96m/s et évoluent d'une manière parallèle au rivage. Ils sont liés possiblement au courant de la dérive littorale par une vitesse maximale 0.96m/s du Nord-Est de la zone, les courants de dérive sont orientés vers le S-O. On voit l'absence des courants de retour.



Figure(V)- 9 : Carte de la direction et la vitesse des courants Nord-Ouest 315°, T=8s

Commentaire :

La (Figure(V)- 9) montre des champs de courant induits par une houle du Nord-Ouest 315° avec une variation de vitesse entre 0.06m/s et 0.9m/s, on observe d’après cette carte que les courants sont évoluent avec une vitesse maximale 0.9m/s au Nord-Est et Sud –Ouest de la zone d’étude, deux courant parallèle au rivage de direction différente se rencontrent ce qui engendre un courant de retour.



Figure(V)- 10 : Carte de la direction et la vitesse des courants Nord-Est 45°, T=8s

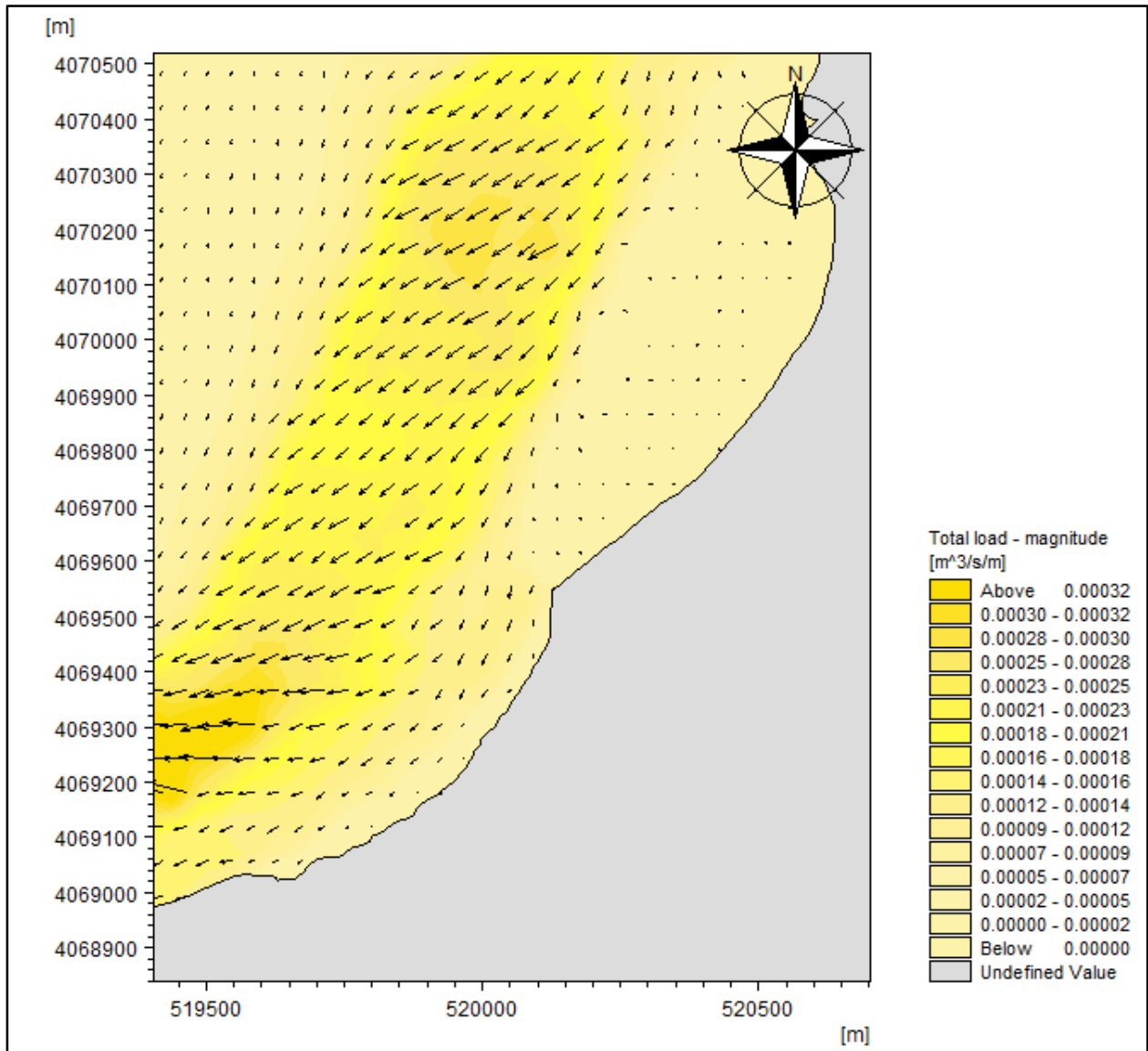
Commentaire :

Les courants littoraux générés par la réfraction de la houle du Nord-Est 45° présentés sur la (Figure(V)- 10) montre des champs de courant répartis dans toute la zone d'étude.

La vitesse des courants varient entre 0.06m/s et 0.78m/s.

Le gradient de vitesse atteint un maximum 0.78m/s au niveau de la partie Nord-Est.

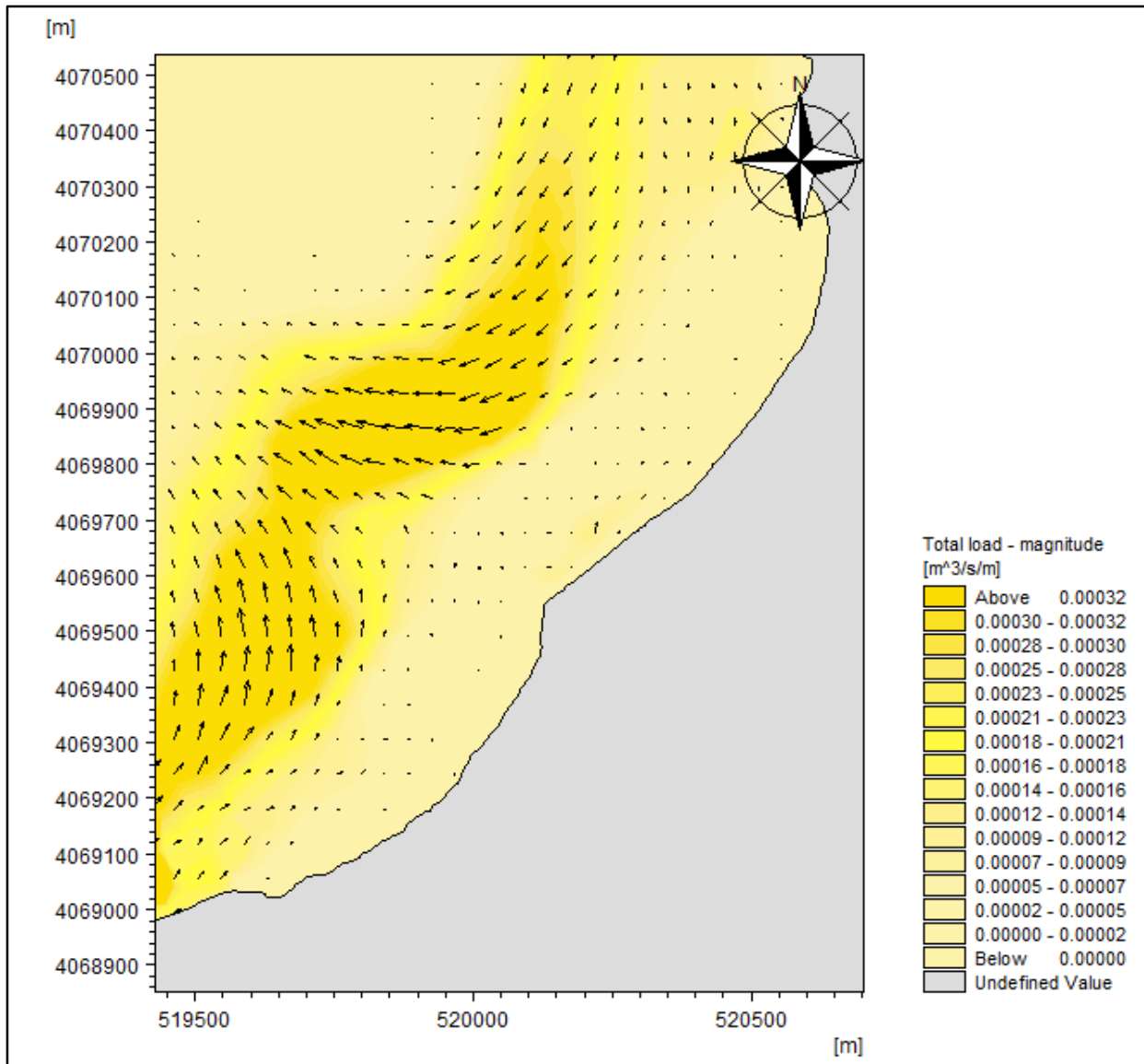
4.2. La modélisation du transport sédimentaire avec le modèle ST :



Figure(V)- 11 : Carte de transport sédimentaire Nord 360°, T=8s

Commentaire :

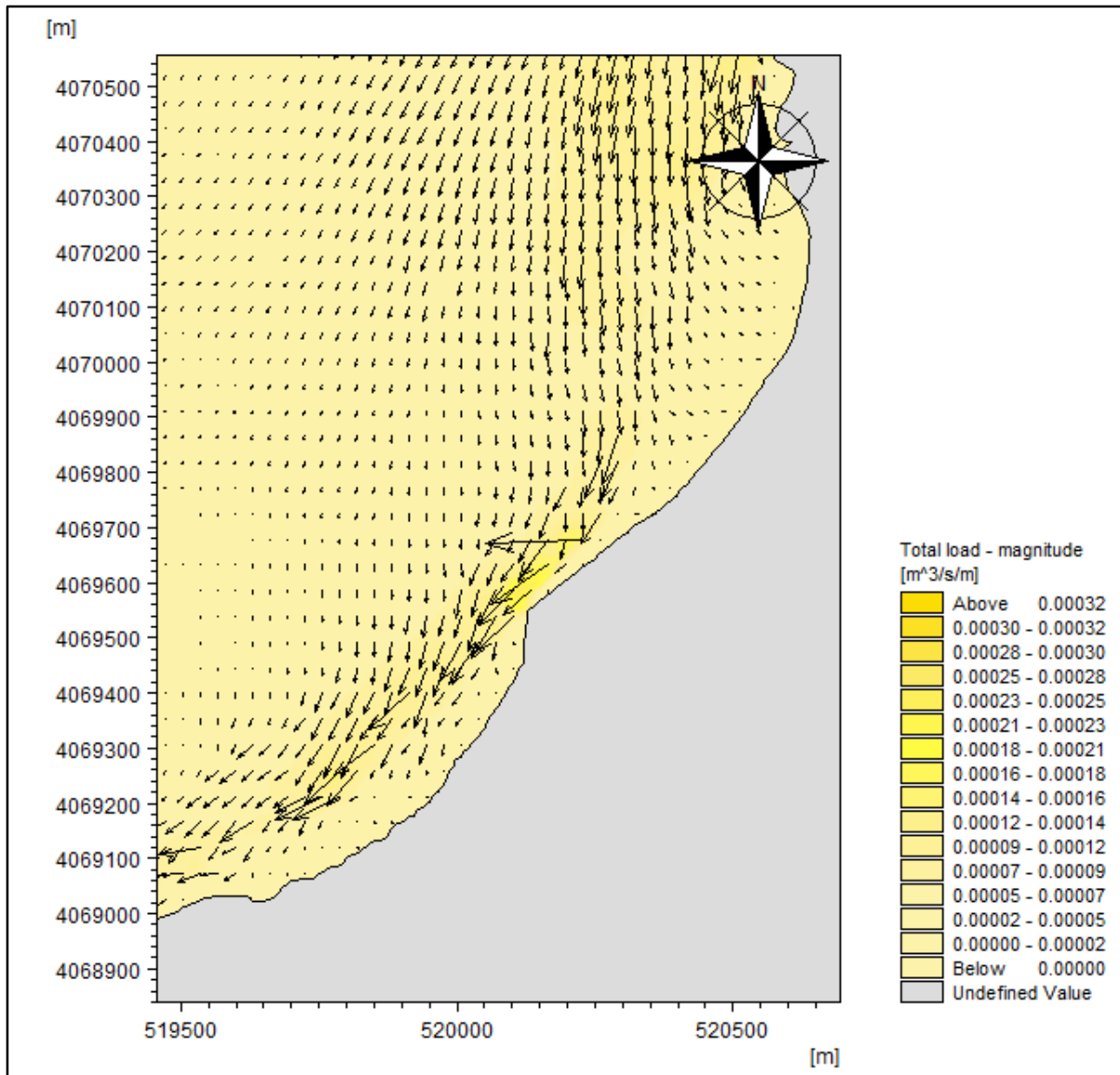
La (Figure(V)- 11) représente le transport sédimentaire généré par la houle de direction Nord360° avec une période de T=8s. Les flux sédimentaire sont proportionnels avec la direction des courants. On observe un taux de transport qui devient de plus en plus important au fur et à mesure de de l'augmentation de l'intensité des courants ; cela peut être dû aussi aux apports de l'Oued EL-HAMIZ qui seront distribués par la suite par les courants de dérives.



Figure(V)- 12 : Carte de transport sédimentaire Nord-Ouest 315°, T=8s

Commentaire :

La (**Figure(V)- 12**) représente le transport sédimentaire généré par la houle de direction Nord-Ouest 315° avec une période de T=8s. Les flux sédimentaires sont proportionnels avec la direction des courants avec un ordre de 10091.52m³/an/m. d’après la carte on observe deux courants de dérive littoral de directions différentes qui se rencontrent pour engendrer un courant qui transporte les sédiments de la côte vers le large.



Figure(V)- 13 : Carte de transport sédimentaire Nord-Est 45°, T=8s

Commentaire :

La (Figure(V)- 13) représente le transport sédimentaire généré par la houle de direction Nord-Est45° avec une période de T=8s.

Nous avons un transport sédimentaire important (jusqu'à 10091.52m³/an/m) qui est plus proche à la cote par rapport aux celles qui sont générés par des houles d'autres secteurs.

Il est également à noter que le courant de la dérive induit par les houles de cette direction cause un transit sédimentaire considérable de secteur Nord-Est vers le Sud-Ouest et transport majoritairement les sédiments d'origine d'Oued EL-HAMIZ vers le rivage.

5. Conclusion :

- ✚ Les résultats de la simulation numérique de la réfraction de la houle dans notre zone d'étude (Bateau cassé et Stamboul) montrent que l'énergie des houles est atténuée du large vers la côte.
- ✚ Lors des événements extrême et tempête d'après notre étude on a eu la confirmation de la houle dominante qui favorise ces derniers se sont les houles de provenance Nord-Est (45°N).
- ✚ Les courants engendrés par les houles les plus énergétiques du Nord-Est sont des courants de dérive littorale avec une direction dominante Nord-Est (45°N) qui génèrent un transit sédimentaire qui transport les matériaux côtiers d'origine d'oued EL-HAMIZ ainsi que des courants de retour.
- ✚ Un transport sédimentaire important (jusqu'à 10091.52m³/an/m).



Chapitre (VI) :
Submersion marine



1. Introduction :

Les espaces littoraux sont des zones d'interface entre la mer et la terre. Ces espaces étant sujets aux assauts de la mer, ils appartiennent même aux “espaces de l'eau”. (Demouche.R, 2017)

La compréhension des phénomènes océano-météorologiques extrêmes est obligatoire pour prévenir les risques de submersion marine en zone côtière ou Créer des aménagements côtiers, portuaires ou des plates-formes offshore, avec des périodes de retour d'intérêt allant généralement de 10 à 100 ans. (Demouche.R, 2017)

2. La submersion marine :

Les submersions marines sont la conséquence de fortes tempêtes et peuvent aussi être influencées par le marnage de la mer ou l'océan (Hénaff et Philippe, 2014), Dans un premier temps, les tempêtes entraînent une élévation du niveau moyen de l'eau car elles combinent les effets d'une faible pression atmosphérique et ceux de forts vents. Ensuite, les effets d'une forte houle s'ajoutent au phénomène : les vagues cassant sur les côtes, plus particulièrement sur les plages plates, vont s'étendre sur plusieurs mètres et générer des effets appelés “wave set up” et “swash”. (Anselme et al, 2011)

- Le “wave set up” correspond à l'élévation du niveau moyen de la mer par les hauteurs atteintes par les vagues ;
- le “swash” est défini comme l'eau s'étendant sur la plage à la suite de l'arrivée d'une vague. Il est capable de déplacer les sédiments dans le sens parallèle à l'arrivée des vagues et fait partie des facteurs accentuant l'érosion ;
- Les submersions marines peuvent durer quelques heures à quelques jours. Trois modes sont distingués (Cariolet, 2011) :
 - **submersion par rupture d'un cordon dunaire ou d'un ouvrage de protection** : lorsque les terrains situés en arrière sont en dessous du niveau marin (brèche, érosion intensive, surverse) ;
 - **submersion par débordement** : lorsque le niveau marin est supérieur à la crête du cordon dunaire ou des ouvrages ;
 - **submersion par franchissement de vagues « paquets de mer »** : Ce mode de submersion concerne toutes les inondations provoquées par le franchissement des vagues au-dessus de cordons naturels ou d'ouvrages de protection.

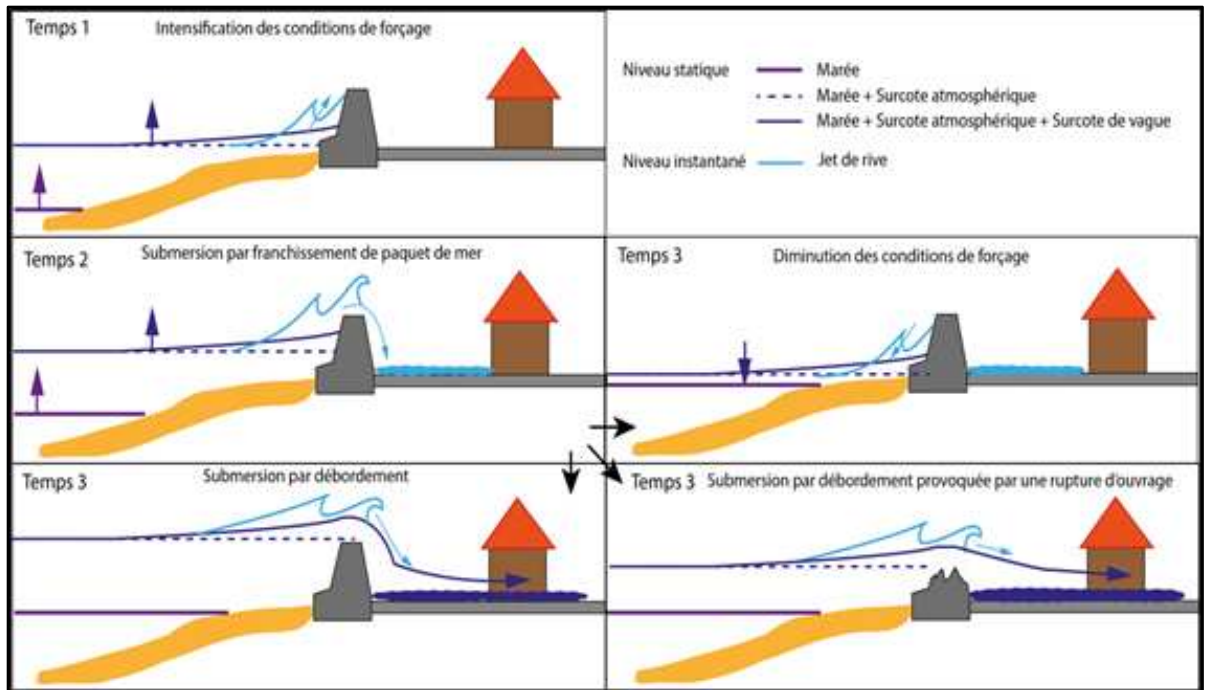


Figure (VI)-1 : Typologie des submersions marines : franchissements, débordement, rupture d'ouvrage. (ORRM)

3. Le phénomène responsable de ces submersions marines d'origine météorologique (ORRM) :

- La chute de la pression atmosphérique entraîne une surélévation du niveau du plan d'eau. C'est le phénomène de baromètre inverse ;
- le vent a un double effet sur le plan d'eau :
 - ❖ Il est à l'origine de l'agitation du plan d'eau et de la formation des vagues dont les caractéristiques, hauteur, période, secteur de provenance, sont directement liées à celles du vent et au Fetch du bassin maritime ;
 - ❖ Il exerce une contrainte à la surface de l'eau en générant une modification du niveau du plan d'eau statique (surcote ou décote) et des courants ;
- les vagues, générées au large par le vent, se propagent vers la côte et déferlent. Elles transfèrent alors leur énergie sur la colonne d'eau, ce qui provoque une surélévation moyenne du niveau de la mer (le « wave set-up », ou set-up, ou surcote liée aux vagues) pouvant s'élever à plusieurs dizaines de centimètres ;
- la marée, peu importante dans le contexte méditerranéen, avec un marnage pouvant atteindre environ 0,5 m au maximum, se cumule en période de tempête à la surcote, favorisant ainsi la pénétration des eaux marines sur les terres émergées ;

Chapitre (VI) : Submersion marine

- Le phénomène de « surcote atmosphérique » ou « surcote de tempête » est l'addition de l'effet baromètre inverse et de l'élévation du niveau du plan d'eau sous l'effet du vent. Ainsi, lors d'une tempête, le niveau moyen de la mer résulte de l'addition de la surcote atmosphérique et du set-up ;
- Le niveau maximal atteint par la mer est défini en tenant compte du « jet-de-rive » (swash). On appelle run-up, l'altitude maximale atteinte par le jet-de-rive sur la côte.

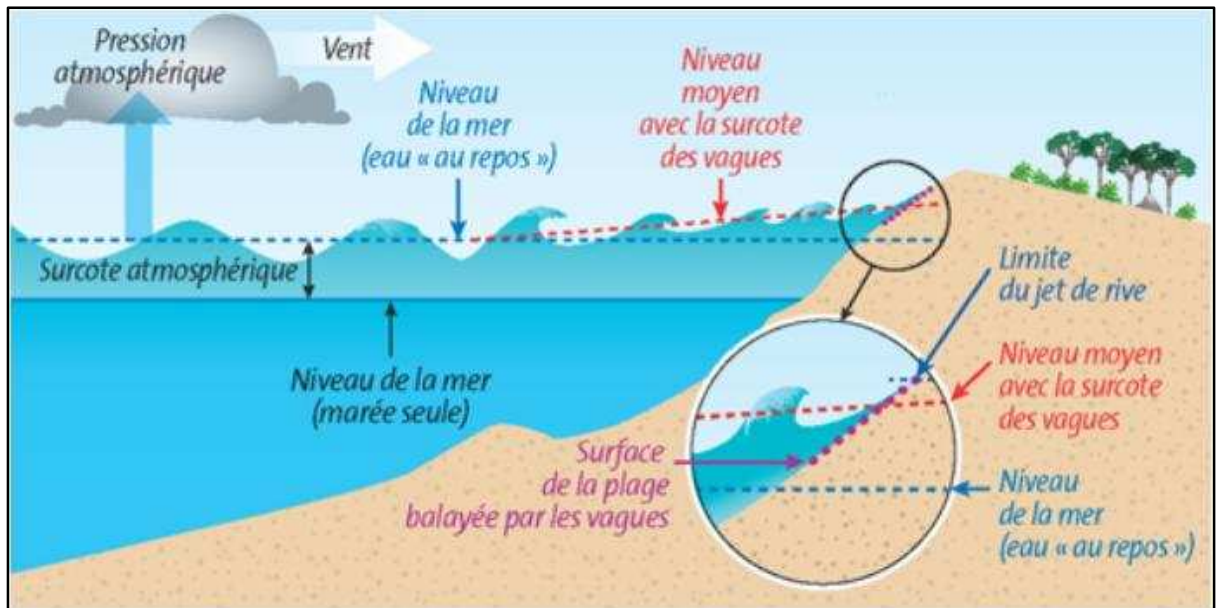


Figure (VI)- 2 : Processus physiques en action lors d'une tempête : agitation et surélévation du plan d'eau. (ORRM)

4. Matériel et Méthode :

Le littoral de notre zone d'étude est constitué de typologies de côte très diversifiées. Chaque nature de linéaire est exposée différemment aux aléas naturels : l'érosion varie considérablement en fonction des secteurs et, de la même manière, ce sont les côtes basses qui sont les plus sensibles à la submersion marine. (Demouche.R, 2017)

Le phénomène de submersion est en réalité plus complexe Il dépend :

- Le cycle de la marée lors d'une tempête (le niveau marin ne reste pas longtemps à sa valeur maximale) ;

Chapitre (VI) : Submersion marine

- la dynamique de défaillance des ouvrages (ruine totale ou brèche) qui peut dans certaines conditions ralentir le flux d'eau entrant. Ainsi, en cas de défaillance des structures de protection ou de surverse de ces dernières ;
- la période de remplissage des zones basses situées à l'arrière de ces structures est limitée dans le temps. Lorsque ces zones représentent un volume important à « remplir », ce remplissage est susceptible de prendre plusieurs heures, et par conséquent le niveau d'eau maximal atteint dans ces zones, peut ne jamais égaler le niveau maximum observé côté mer pendant l'événement.

La modélisation est basée sur un relevé de terrain de précision qui permet de connaître l'altimétrie du terrain en chaque point du territoire d'étude avec une précision de l'ordre de 10 à 20 cm.

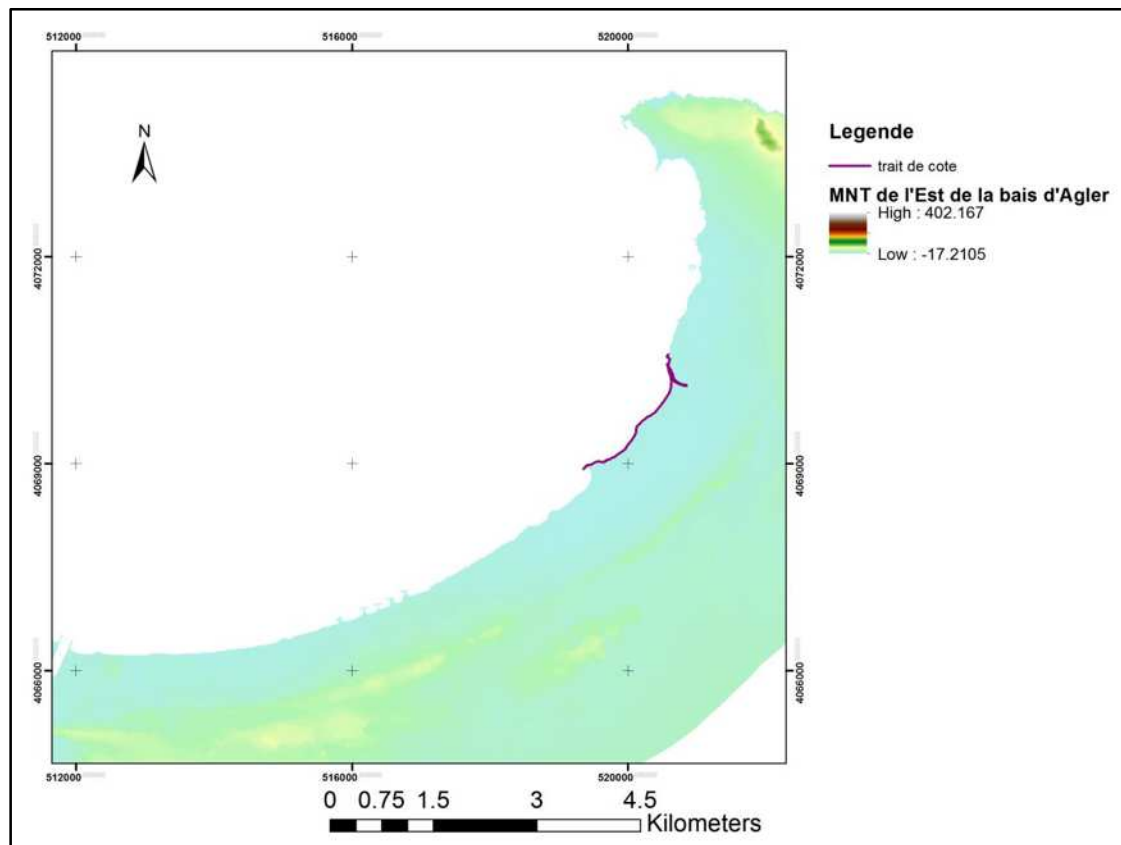


Figure (VI)-3 : Modèle numérique du terrain de l'Est de la Baie d'Alger extrait du site de(ASF) avec une résolution de 35cm.

Le MNT a été digitalisé à partir de logiciel ' ArcGis10. 2' sur l'extension « ArcScene ». (Voir annexe(IV)).

5. Résultats et Discussion :

Les cartes de submersion sont obtenues après la modélisation de ce phénomène sous ArcGIS 10.2 pour plusieurs scénarios de l'élévation de niveau marin à savoir 1m, 2m, 3m et 4m.

- **Scénario d'une élévation de 1m :**

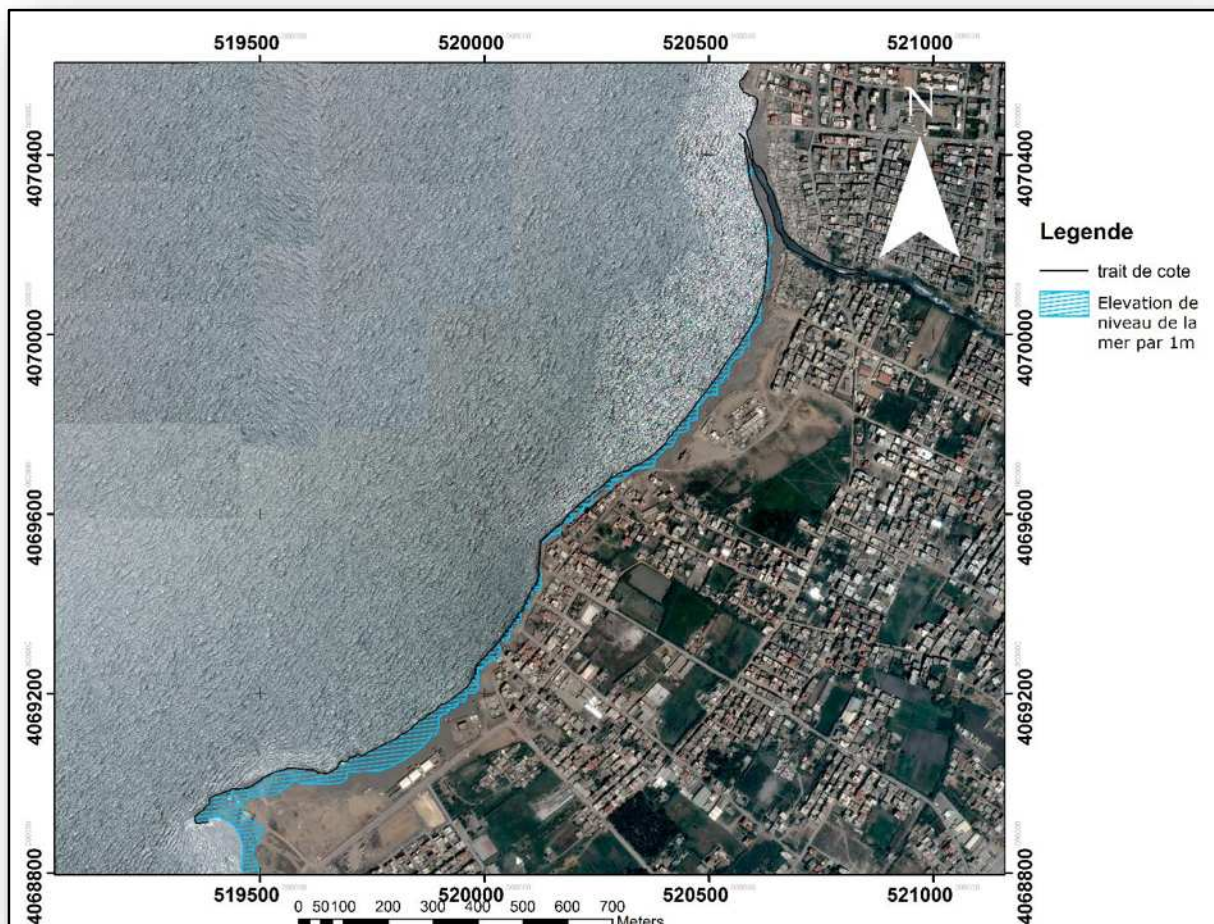


Figure (VI)-4 : Carte de l'aléa submersion en cas d'élévation de 1m de niveau de la mer.

Commentaire :

On remarque sur la Figure (VI)-4 que l'élévation du niveau marin de l'ordre de 1m affecte notre zone d'étude. Que les eaux marines pénètrent surtout l'extrémité Ouest qui est une cote basse avec une distance plus importante d'environ de 150 m vers l'arrière-pays, dans les plages à faible pentes elle a arrivé jusqu'à 50 m, et pour l'extrémité Est on remarque qu'on a un petit franchissement d'environ de 13 m car on a en raison de la présence d'Oueds El Hamiz qui absorbe une partie considérable d'énergies des vagues.

- Scénario d'une élévation de 2m :

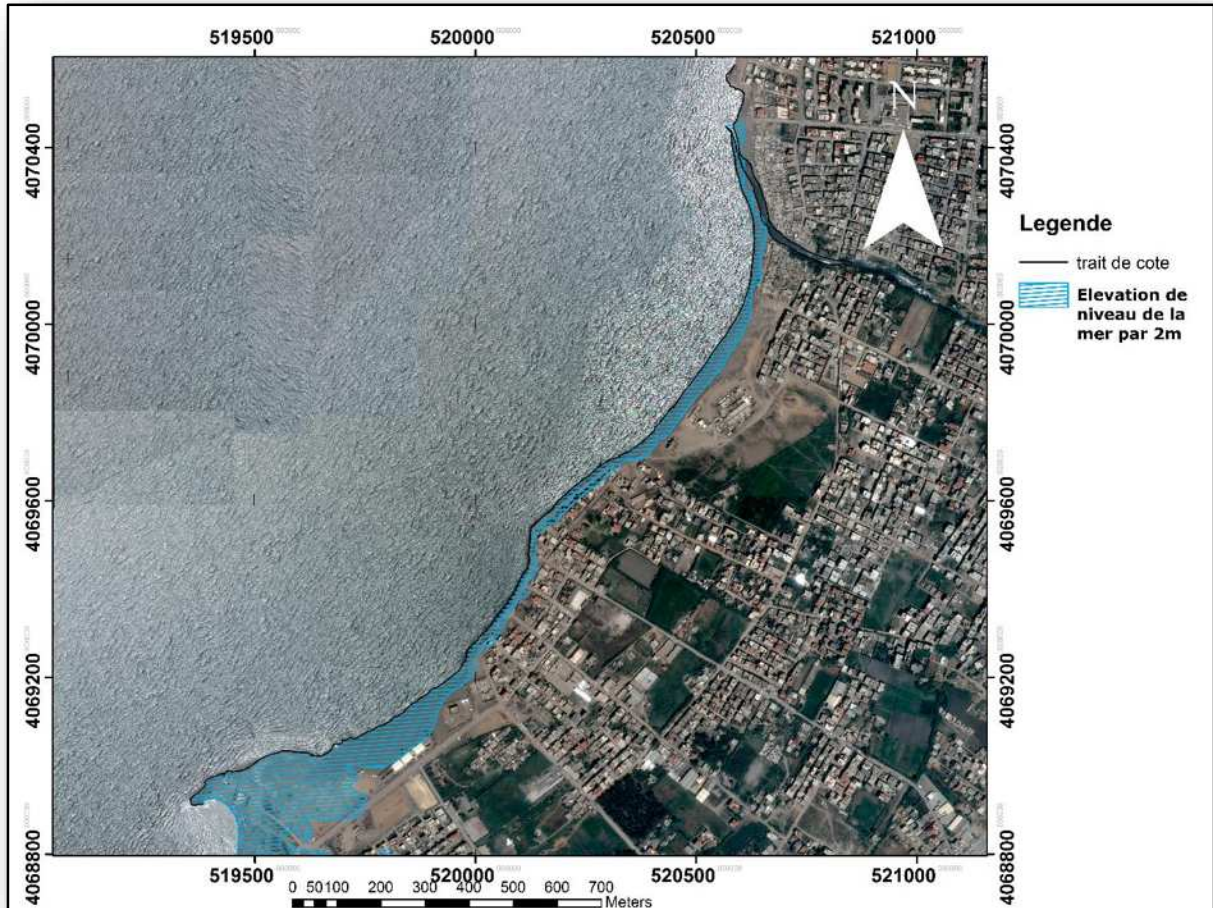


Figure (VI)-5 : Carte de l'aléa submersion en cas d'élévation de 2m de niveau de la mer.

Commentaire :

Pour une élévation de 2m, on remarque que la surface immergée par les eaux de la mer est plus importante, par rapport au scénario précédent.

Dans l'extrémité Ouest la submersion marine occupe une surface de 7 Hectare et une distance peut attendre jusqu'à 250m vers la côte.

- Scénario d'une élévation de 3m :

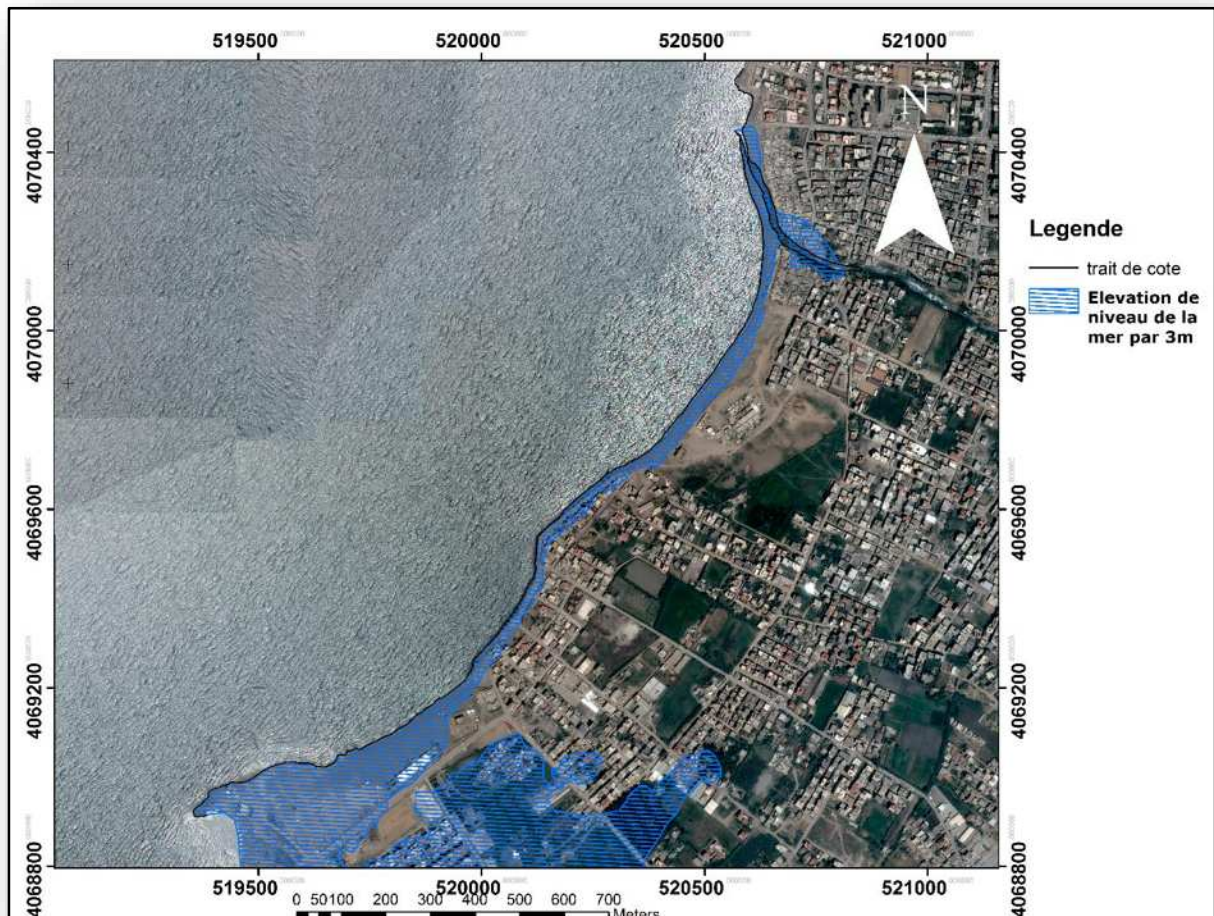


Figure (VI)-6 : Carte de l'aléa submersion en cas d'élévation de 3m de niveau de la mer.

Commentaire :

Pour le cas d'une élévation de 3m de niveau marin, On constate que l'eau de mer pénètre vers l'arrière-pays par des distances très loin de la côte d'environ de 700 m, avec une surface immergée qui s'étale jusqu'à 42.4 Hectare. Et pour qui est de l'extrémité Est de notre zone d'étude on remarque que l'embouchure d'Oued El Hamiz est totalement immergée par les eaux marines est son chenal s'est élargi de 20 m.

- Scénario d'une élévation de 4m :

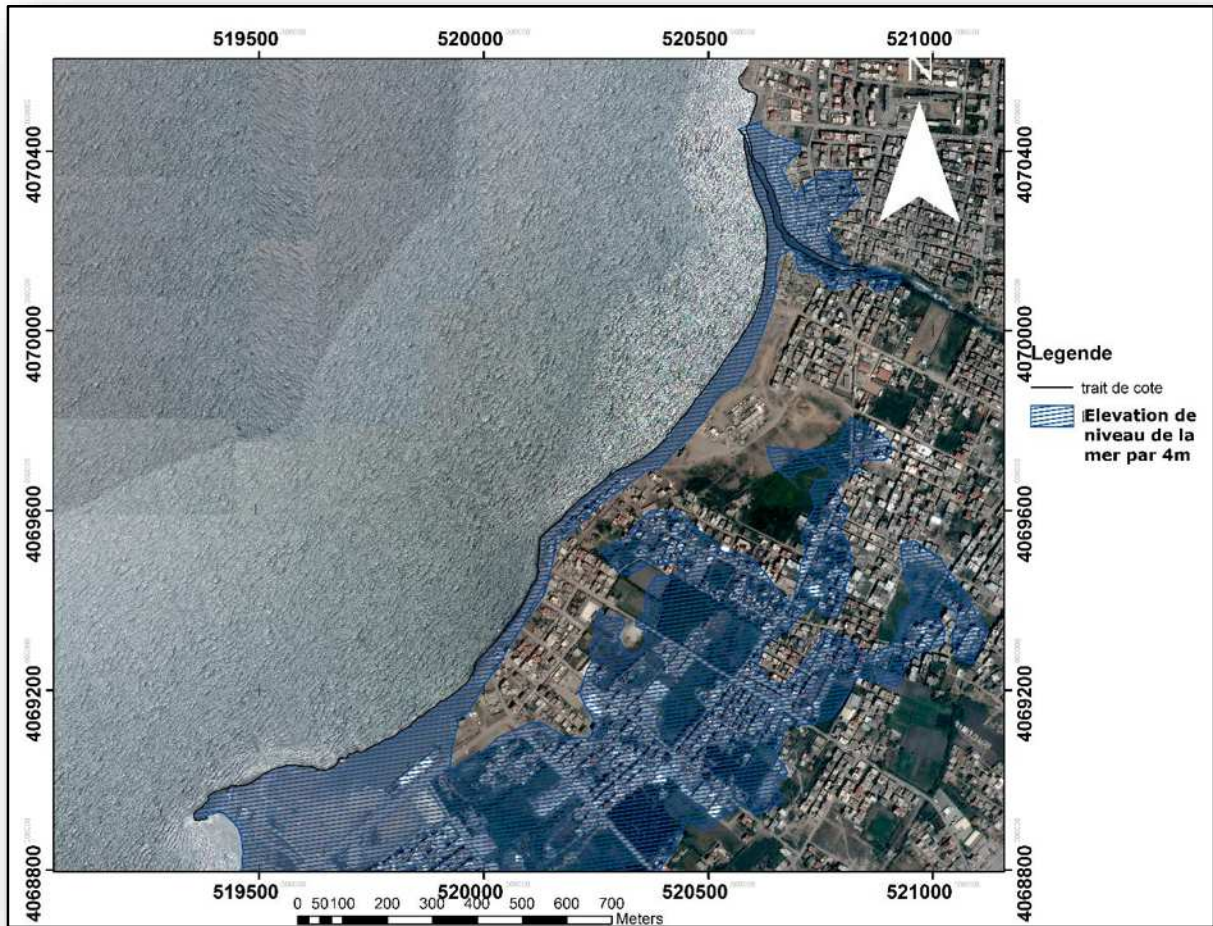


Figure (VI)-7 : Carte de l'aléa submersion en cas d'élévation de 4m de niveau de la mer.

Commentaire :

La figure (VI)-6 montre un cas extrême de la submersion marine dans notre zone d'étude. On remarque que 50 % de la zone est presque recouverte par les eaux marines et la superficie des terres immergées est d'environ 2/3 de la superficie de la zone prospectée surtout la partie Ouest avec une distance d'environ 1km.

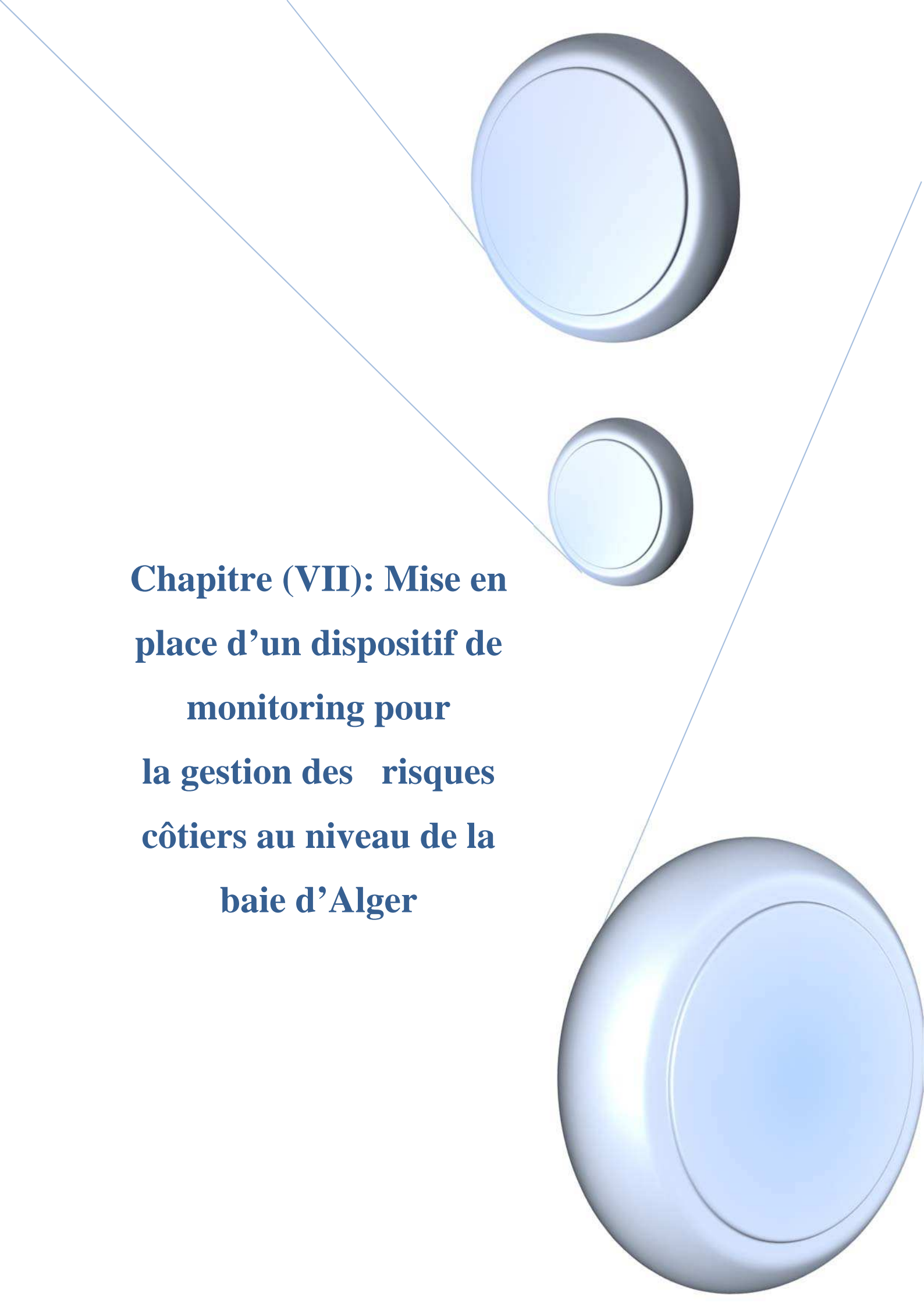
6. Conclusion :

✚ Les résultats de la modélisation de submersion marine ont permis de définir les risques de ce phénomène :

- Le recul mécanique du trait de côte par la remontée du niveau des eaux pourra entraîner l'attaque d'aménagements ;
- Si la plage est fragilisée, les dommages seront importants sur les équipements, aménagements urbains existants ;
- L'eau remontera plus loin dans les oueds dont les embouchures ne sont pas fermées par une flèche sableuse.

✚ Ces derniers sont regroupés sur trois types selon échelle (naturelle et socio-économiques) et leurs dommages :

- Un risque faible (élévation de 1m) avec un dommage sur les deux échelles presque négligeables qui touche juste les zones basses.
- Un risque moyen (élévation de 2m) avec un dommage faible sur l'échelle naturelle qui touche affecte les plages et les zones adjacentes.
- Un risque fort (élévation plus de 2m) avec une catastrophe sur les deux échelles (naturelle et socio-économiques) qui peut attendre une distance plus de 2 km vers l'arrière-pays.



**Chapitre (VII): Mise en
place d'un dispositif de
monitoring pour
la gestion des risques
côtiers au niveau de la
baie d'Alger**

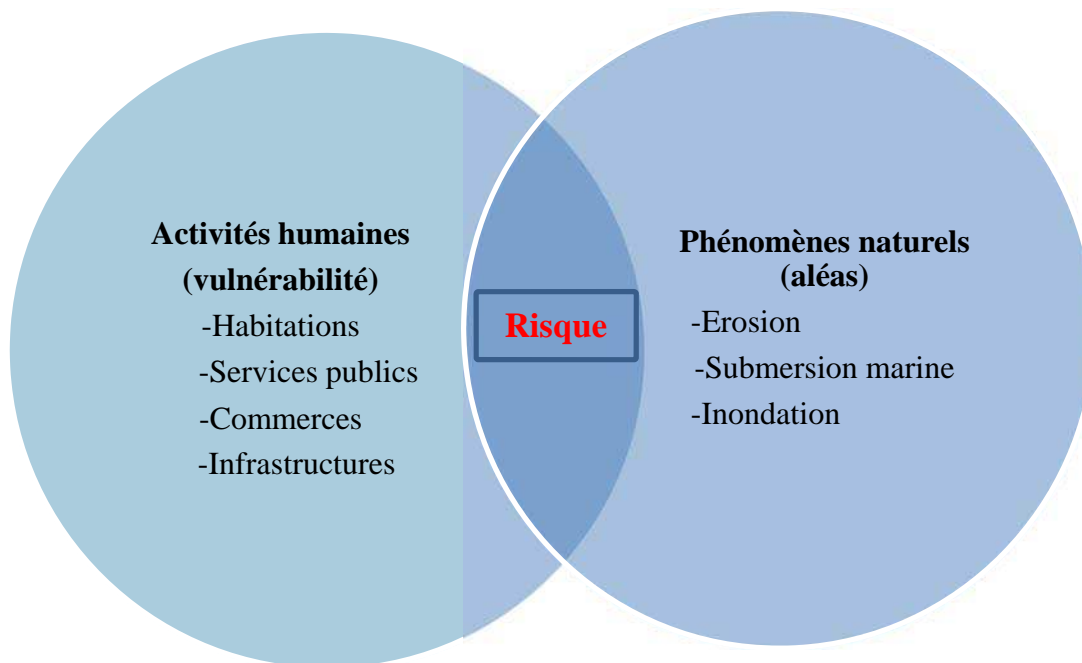
Chapitre (VII): Mise en place d'un dispositif de monitoring pour la gestion des risques côtiers au niveau de la baie d'Alger

1. Introduction :

Les zones côtières, de par leur richesse exceptionnelle, soutiennent une multiplicité de produits et de services. Leurs éléments constitutifs créent à l'interface terre/mer un système dynamique très complexe de relations spatiales, économiques, sociales et environnementales. En outre, l'interdépendance des activités et des ressources y est extrêmement étroite et multiforme. Les nombreux problèmes qui s'y posent font de cet espace un lieu où convergent des préoccupations de plus en plus fortes qui ne peuvent être appréhendées qu'à travers des décisions qui s'inscrivent dans la perspective du développement durable.

La problématique de gestion est donc particulièrement cruciale et importante sur ces territoires spécifiques que sont les zones côtières. Il est à présent reconnu que les solutions sectorielles sont inadéquates. Aussi, s'agit-il de créer des mécanismes adaptés à la complexité de ces zones. (PAC algérois, Février 2005)

2. Risques côtiers au niveau de la baie d'Alger :



Figure(VII)- 1 : Aléas côtiers, activités humaines et risques.



Chapitre (VII): Mise en place d'un dispositif de monitoring pour la gestion des risques côtiers au niveau de la baie d'Alger

La baie d'Alger est soumise à diverses sources et formes d'agressions. Elle est affectée par quatre problèmes environnementaux majeurs : l'urbanisation doublée d'un caractère anarchique ; la pollution marine sous ses diverses manifestations (chimiques, physique, organique et microbiologique) ; l'érosion côtière et la disparition des cordons dunaires ; la déficience du système d'épuration des eaux et la mauvaise gestion des sites culturels côtiers. **(Khdime et Abderrahmani, 2008)**

3. Approche du programme GIZC :

Le linéaire côtier étudié occupe 10 km environ, de Oued El Harrach à l'Ouest jusqu'à Oued El Hamiz à l'Est, il réunit, le Lido, Sirène, Verte Rive, Bateau Cassé et Stamboul. L'évaluation de cette portion côtière nous a permis de ressortir les menaces potentielles et les Pressions environnementales examinées (aussi bien anthropiques que naturelles) exercées ; ainsi que les solutions probables qui doivent être prévues dès aujourd'hui. **(Larrbi.N, 2017)**

3.1.Enjeux et indicateurs clés :

Les enjeux sont « l'ensemble des personnes et des biens susceptibles d'être affectés par un phénomène naturel ». Les biens pris en compte peuvent avoir une valeur monétaire ou non monétaire. En zone littorale algéroise, ils sont nombreux et variés. L'espace perçu et l'attractivité de la côte sont des enjeux même s'ils ne sont pas directement monnayables. **(Ministère de l'Écologie et du Développement Durable de la France, 2010)**

Le type de bâtiments, l'occupation des terres ainsi que les mentalités sont autant d'éléments qui peuvent varier. Les constructions et les infrastructures présentent une certaine vulnérabilité aux perturbations naturelles (aléas). Dans notre étude, l'importance des enjeux dépend donc à la fois du type d'infrastructure qui est soumis à l'aléa mais aussi de la vulnérabilité propre à cette infrastructure.

Chapitre (VII): Mise en place d'un dispositif de monitoring pour la gestion des risques côtiers au niveau de la baie d'Alger

Tableau(VII)- 1 : Indicateurs clés.

N°	Indicateurs	Thèmes
1	Extraction de sable	Sites sensibles
2	Linéaire côtier sableux interdit à la baignade	Sites sensibles
3	Collecte des déchets solides	Pollution
4	Traitement des déchets solides	Pollution
5	Epuration des eaux usées	Ressources en eau
6	Réseau d'assainissement	Ressources en eau
7	Croissance de la population urbaine	Urbanisation
8	Taux d'urbanisation	Urbanisation
9	Linéaire côtiers artificialisé	Sites sensibles
10	Pression du tourisme balnéaire	Urbanisation
11	Erosion des côtes sableuses	Sites sensibles

3.1.1. Les acteurs :

L'identification des acteurs locaux et de la société civile doit se faire en fonction des situations en étroite collaboration avec les communes et/ou les autorités locales et/ou les services locaux des administrations régionales et/ou centrales les plus concernées.

Les acteurs impliqués pour la mise en place d'un dispositif de monitoring pour la gestion des risques côtiers au niveau de la baie d'Alger seront :

- Direction des travaux publics ;
- Les collectivités locales (APC et APW d'est de la baie d'Alger) ;
- Les citoyens locaux ;
- La direction de l'environnement ;
- La direction de l'urbanisme ;
- La direction du tourisme ;
- La direction des ressources en eau ;

Chapitre (VII): Mise en place d'un dispositif de monitoring pour la gestion des risques côtiers au niveau de la baie d'Alger

- Commissariat National du Littoral (CNL) ;
- Clubs de plongée ;
- Gardes de côtes ;
- La chambre de la pêche ;
- Diverses associations locales et régionales.

3.1.2. Solutions proposées :

Dans le but d'infléchir les tendances lourdes existant vers une situation durable, des actions doivent être envisagées en matière :

- Epuration des eaux usées ;
- Protection des sites naturels sensibles ;
- Programme d'habitat ;
- Défense et protection du littoral sableux ;
- Dépollution industrielle ;
- Promulgation des textes d'application de la loi littorale ;
- Renforcement des capacités des organisations associatives ;
- Politique d'aménagement du littoral ;
- le recours vers des solutions de protection douces et écologiques.

Tableau(VII)- 2: Solutions alternatives des menaces et impacts sur l'écosystème.

Thèmes du Littoral, problèmes ou objectifs	Solutions alternatives	Coût, bénéfiques, impacts	Indicateurs
Lutte contre l'érosion côtière	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Rechargement artificiels des plages. ✓ Etudes poussées avant l'édification des ouvrages de défense. ✓ Gestion globale pour un littoral durable. 	<ul style="list-style-type: none"> • Arrêt du recul du trait de côte. • Restauration de plage 	<ul style="list-style-type: none"> - Recul de trait de côte -0.47 m/an. - Extraction de sable.

Chapitre (VII): Mise en place d'un dispositif de monitoring pour la gestion des risques côtiers au niveau de la baie d'Alger

Lutte contre la pollution	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Traitement des eaux usées à 80%. ✓ Interdiction des rejets directs des eaux usées. ✓ Collecte des déchets solides. ✓ Associations pour la protection de l'environnement. 	<ul style="list-style-type: none"> • Amélioration de la qualité des eaux • Amélioration de l'état de plage • Augmentation du nombre de station d'épuration des eaux usées 	<ul style="list-style-type: none"> - Rejet des eaux usées - Rejet des déchets solides - Plage interdite la baignade
Elimination des constructions illégales	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Démolition Rééquilibrage de l'armature urbaine ✓ Déplacer les constructions illégales vers les régions intérieures 	<ul style="list-style-type: none"> • Récupération et Préservation du domaine maritime-terrestre publique 	<ul style="list-style-type: none"> - Nombre total des constructions
Promotion du tourisme durable	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Stratégie de développement touristique durable • Gestion des flux touristiques 	<ul style="list-style-type: none"> • Préservation du potentiel touristique • Conservation des ressources touristiques 	<ul style="list-style-type: none"> - Nombre de touristes / linéaire côtier

4. Conclusion :

Pour une meilleure gestion intégrée des littoraux de la baie d'Alger, nous devons innover en matière de gouvernance tout en visant une gestion intelligente et adaptée au contexte social, économique, écologique, dans le cadre d'un processus dynamique, modulable susceptible de corrections à tous moments du processus.



Conclusion Générale





Conclusion Générale

L'érosion côtière est une grave menace pour de nombreux sites côtiers algériens, en particulier le long des littoraux sableux. Dans le cadre de ce travail, on a commencé notre étude par :

- ❖ Une analyse chronologique des traits de côtes par l'outil DSAS, cela pour faire des statistiques d'évolution surfacique notamment le (NSM, LRR et l'EPR) qui ont dégagé les résultats suivants : une distance de recul de -29.82 m avec une vitesse d'évolution - 0.85 m/an pendant ces dernières 34 ans. Ces dernières signifient révèlent une forte érosion qui nécessite une surveillance continue au niveau du trait de côte pour mieux comprendre ce phénomène.
- ❖ L'étude granulométrique a montré la présence des sédiments grossiers au niveau de notre zone d'étude en biais des résultats de la médiane (D_{50}). 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 du champ 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 et des courants de retours qui induisent le transport sédimentaire d'origine d'Oued El-Hamiz avec une capacité arrivant jusqu'à 10091.52m³/an/m.
- ❖ Les simulations des phénomènes de submersions marines par la proposition des scénarios de l'élévation de niveau marin par (1m,2m,3m, et 4m) ont montré que cette dernière est une contrainte qui doit être forcément intégrer à la conception des aménagements côtiers à l'Est de la baie d'Alger, compte tenu la vulnérabilité des zones basses, des franges littorales et des plages.
- ❖ Enfin pour préserver les potentialités côtières de l'Est de la baie d'Alger d'une dégradation irrévocable, le pouvoir public doit, dans les meilleurs délais, initier une concertation avec les secteurs utilisateurs de l'espace côtier afin de réglementer et organiser son exploitation de façon à la rendre rationnelle dans le respect de sa complexité et sa fragilité, et ça c'est l'objectif de la gestion intégrée.

Ce travail réalisé dans le cadre du projet de fin d'études, a permis de créer une base de données récente qui pourra servir pour une étude future de la zone ou même pour les projets de fin d'études qui traitent le même sujet.

A decorative graphic on the right side of the page. It features three blue circles of varying sizes. The largest circle is at the top center, a medium-sized circle is below it and to the left, and the largest circle is at the bottom right. Thin blue lines connect the top-left edge of the page to the top-left edge of the top circle, and from the top-left edge of the top circle to the top-left edge of the middle circle. Another thin blue line extends from the top-right edge of the page down to the top-left edge of the bottom circle.

Références bibliographiques

Références bibliographiques :

ABDELLAOUI, A. 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, p. 41-47.

ABDERRAHMANL, K. KHEDIMI, F (2008). *Baie d'Alger : Etude de quelques paramètres de gestion du littoral et apport de la télédétection.* Mémoire fin d'étude. Dely Brahim. Alger: [Mémoire d'ingénieur en Aménagement du littoral] ENSSMAL, p. 14-16.

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, Bejaïa, Skikda) Cas d'étude : Sidi Fredj.* Mémoire fin d'étude. Dely Brahim. Alger: [Mémoire d'ingénieur en Aménagement du littoral] ENSSMAL, P 144-148.

ANSELME, B. DURAND, P. THOMAS, Y.-F. NICOLAE-LERMA, A (2011). Storm extreme levels and coastal flood hazards: A parametric approach on the French coast of Languedoc (district of Leucate). *Comptes Rendus Géoscience*, vol. 343, n°10, p. 677-690.

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 : CETMEF, 310-480 p

BERNATCHEZ, P. FRASER, C (2008). COMPRENDRE L'ÉROSION CÔTIÈRE. Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières de l'UQAR, Québec, QC, Saint-Siméon 17 avril 2008.p.22-32.

BIRD, E., (1985). *Coastal changes: A global review.* N°1. London: Wiley. Chichester: s.n. p. 177-192.

BUJAN-NANS. (2009). *Application d'un modèle de circulation quasi-tridimensionnel littoral à la dynamique des plages du Languedoc-Roussillon.* Thèse de doctorat. Montpellier. France : Physique de l'environnement. Université de Montpellier II, P. 250.

CARIOLET, J-M (2011). *Inondation des côtes basses et risques associés en Bretagne: vers une redéfinition des processus hydrodynamiques liés aux conditions météocéaniques et des paramètres morfo-sédimentaires.* Thèse de doctorat. France : Océanographie physique Université de Bretagne occidentale-Brest, p. 247.

CHARAKDJI, F. DJENEDI, R. IFAIDI, F (2006). *Etat du littoral de l'Est Algérois Bordj El Kiffen Et Bordj El Bahri (causes et conséquences de l'érosion).* Mémoire fin d'étude. Dely Brahim. Alger: [Mémoire d'ingénieur en Aménagement du littoral] ENSSMAL, P. 59.

COJAN, Isabelle et RENARD, Maurice(2013). *Sédimentologie (3e édition).*N°3. Paris: Dunod.p.100-220.

COWELL, P.J., THOM, B.G. (1994). *Coastal Evolution: Late Quaternary shoreline morphodynamic.*N°1. Cambridge: University Press. p. 33-86.

DAHMANI, A (2016).*Utilisation de la modélisation physique et numérique pour l'étude des paramètres hydrodynamiques dans la zone centre Algéroise « Le site des Sablettes ».* Mémoire de Magister. Dely Brahim. Alger: ENSSMAL, P. 78.

Références bibliographiques :

DE VRIEND, Huib J. (1991). Sea-level rise and shore nourishment: a discussion. *Coastal Engineering*. Vol. 16, n° 1, p. 147-163.

DEGOUTTE G., (2004). *Cours d'hydraulique, dynamique et morphologie fluviale*, Paris : AgroParisTech. 13mars2018. Disponible sur le web : www.tice.agroparistech.fr/coursenligne/courses/COURSDHYDRAULIQUEDYN/?id_session=0.

DEMOUCHE, R (2017). *Processus mis en jeu dans l'évolution morphodynamique de la Baie de Zemmouri (Modélisation et observations hydrodynamiques et sédimentaires)*. Mémoire fin d'étude. Dely Brahim. Alger: [Mémoire d'ingénieur en Aménagement du littoral] ENSSMAL, P.32-119.

DHI (2014). *MIKE 21 Spectral Wave Module*. Scientific Documentation. Disponible sur le Web : www.mediafire.com/view/rr6pv2o6bf6k87u/M21SW_Scientific_Doc.pdf.

DHI (2014). *MIKE 21/3 Couple Model FM*. Disponible sur le web : www.mediafire.com/view/rr6pv2o6bf6k87u/M21SW_Scientific_Doc.pdf.

DHI (2014). *MIKE ZERO: Creating 2D Bathymetries. Bathymetry Editor & Mesh Generator*. Scientific Documentation. Disponible sur le web : www.mediafire.com/view/yc3w6h2c2elqnhh/BathymetryGeneration_ScientificDoc.pdf.

GARNIER, R (2007). *Modélisation non linéaire d'instabilités Morphodynamique en zone de surf*. Thèse de doctorat. Bordeaux. France : Université Bordeaux I, p. 4.

HENAFF, A. MANUELLE, P 2014. Gestion des risques d'érosion et de submersion marine. In : *Guide méthodologique*. P.153.

INCT. 2017. Photographies aériennes 1984.

JAUD, M (2011). *Techniques d'observation et de mesure haute résolution des transferts sédimentaires dans la frange littorale*. Thèse de doctorat. Sciences de la Terre. France : Université de Bretagne occidentale-Brest.p.25.

KADRI .I (2017). *Impacts de l'implantation des ouvrages de protection sur la frange côtière de Bordj El Kiffan*. Mémoire fin d'étude. Dely Brahim. Alger: [Mémoire d'ingénieur en Aménagement du littoral] ENSSMAL, P. 22-30.

KOMEN, et al (1996). *Dynamics and modelling of ocean waves*. UK: Cambridge university press. P.205-250.

KROON, A. 1994. *Sediment transport and morphodynamics of the beach and nearshore zone*. Thèse de doctorat .near Egmond, Netherlands: Université d'Utrecht, p275.

L'EID Méditerranée., SMNLR, 2005. Connaissance et gestion de l'érosion du littoral. Agence de l'Eau Rhône Méditerranée et Corse. France Mars 2005.p 6-7.

LAARBI, N (2017). *Etude de protection et d'aménagement de la zone de Verte Rive-Bordj EL Kiffan, Recours à la modélisation physique et numérique (MIKE21, LITPACK)*. Mémoire fin d'étude. Dely Brahim. Alger: [Mémoire d'ingénieur en Aménagement du littoral] ENSSMAL, P. 4-10.

Références bibliographiques :

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.

LEVOY, F., 2000. Interaction dune-plage : dynamique éolienne et application aux aménagements dunaires. France: Colloque Génie Civil - Génie côtier.

LOSSON et CORBONNOIS, (2006). Interprétation paléoclimatique des remplissages endokarstiques de la vallée de la Moselle à Pierre-la-Treiche.

MAOUCHE, S (1987). *Mécanismes hydro sédimentaires en baie d'Alger (Algérie) : approche sédimentologique, géochimique et traitement statistique.* Thèse de doctorat. France : Université de Perpignan, P. 213.

MERZOUK, G (2016). *Apport de variable socio-économique sur l'évaluation de vulnérabilité côtière : cas de la baie d'Alger.* Mémoire fin d'étude. Dely Brahim. Alger: [Mémoire d'ingénieur en Aménagement du littoral] ENSSMAL, p. 55.

MEZOUAR, K (2009). *Étude comparative entre les méthodes de protection des deux littoraux Algérien et Roumain.* Thèse de Doctorat. Bucarest. Roumain : Université technique de construction de Bucarest, P. 404.

MILES, J., RUESSINK, B. G., LEVOY, F., RUSSELL, P. E., THORNTON, E. B., & HUNTKEY, D. A, (2000). Shear wave and edge wave distribution on a barred beach. In: *Proceedings of the International Conference of Coastal Engineering.*p.15.

Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie, (2010). *Stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte.* France: Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie. pp. 68-103.

ONM. 2017. Statistiques des données météorologiques de la station de Dar EL Beida de la période (2006-2016). [Données numériques]. 2017.

PAC. 2005: Programme d'Aménagement Côtier : Zone côtière algéroise. *Rapport final intégré. MATE.*

PASKOFF. R CLUS-AUBY. C (2007). *L'érosion des plages : les causes, les remèdes.* Paris/Monaco : Institut Océanographique, coll. p.184.

S.S.M.O. (1963-1970).Tome II Zone Algérienne.

STÉPANIAN, A (2002). *Evolution morphodynamique d'une plage macro tidale à barres: Omaha beach (Normandie).* Thèse de doctorat. Caen. Caen : Université de Caen, P. 22-23.

TAIEB ERRAHMANI, D (2009). *Etude de la pollution et de la géochimie par les métaux traces et les radioéléments dans les sédiments de la baie d'Alger.* Mémoire fin d'étude. Dely Brahim. Alger: [Mémoire d'ingénieur en Aménagement du littoral] ENSSMAL, P. 18-19.

WILLIAMS, S. (1990). Coasts in crisis. *Germany: Geological survey circular,* p. 32-40

WRIGHT, L. D. SHORT, Andrew D. (1984). Morph dynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis. *Marine geology.* vol. 56, n°1-4, p. 93-118.

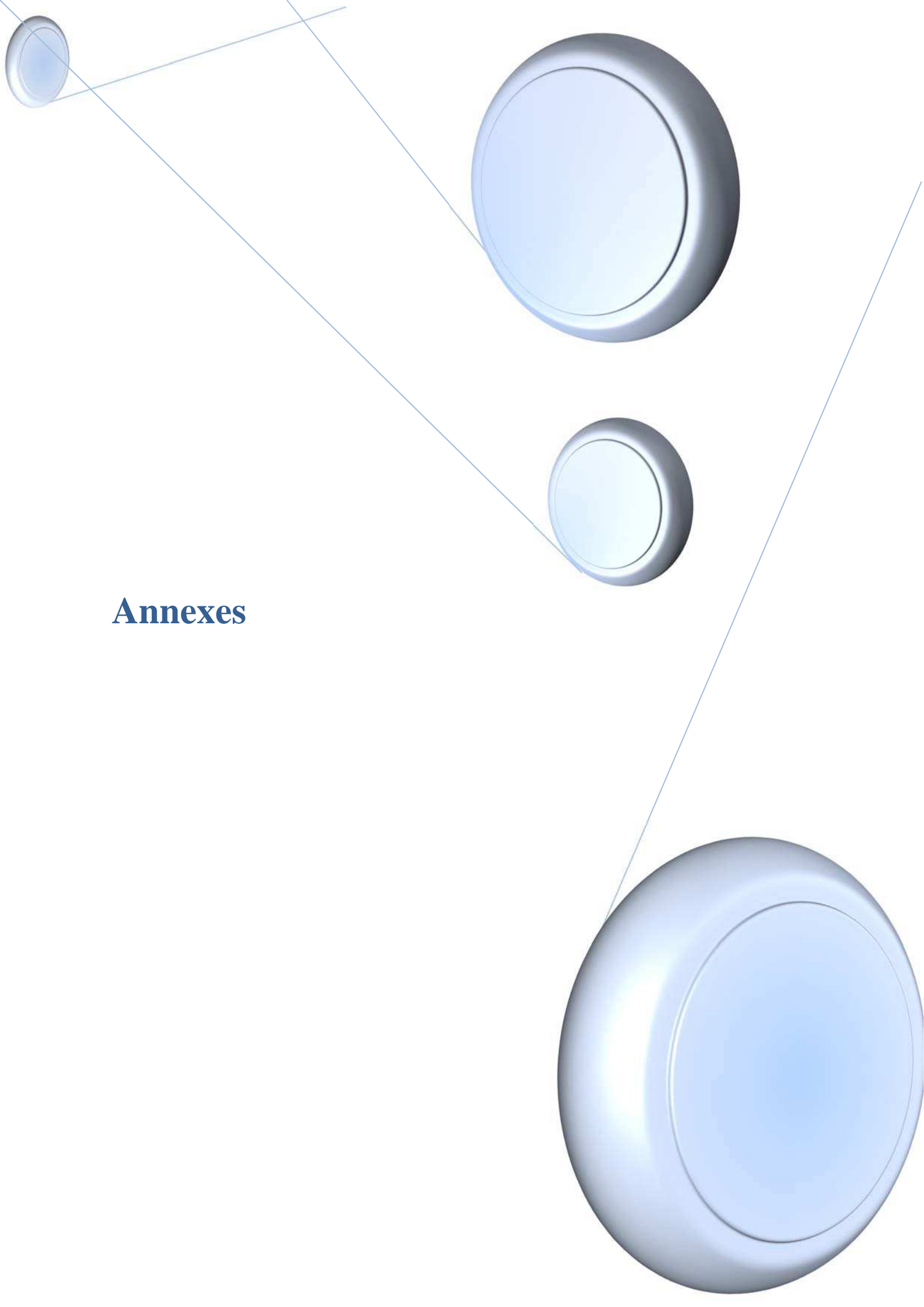


Références bibliographiques :

WRIGHT, L.D., THOM, B.G. (1977). Coastal depositional landforms: a morph dynamic approach. *Progress. Physical Geography*. vol.1, n°1(3), p. 412-459.

Sites web :

- <http://geofree.fr/gf/coordinateconv.asp>.
- <http://observatoire-regional-risques-paca.fr/article/sites-web-5>
- <http://tpehoule.free.fr/page.php?page=def>
- <https://accounts.navionics.com>
- <https://doc.arcgis.com/fr/arcgis-online/>.
- <https://rp5.ru/>.
- <https://vertex.daac.asf.alaska.edu/>.
- <https://www.ventusky.com/?p=36.848;3.334;9&l=temperature2m&t=20170901/00&w=0DAKtpv2B>



Annexes

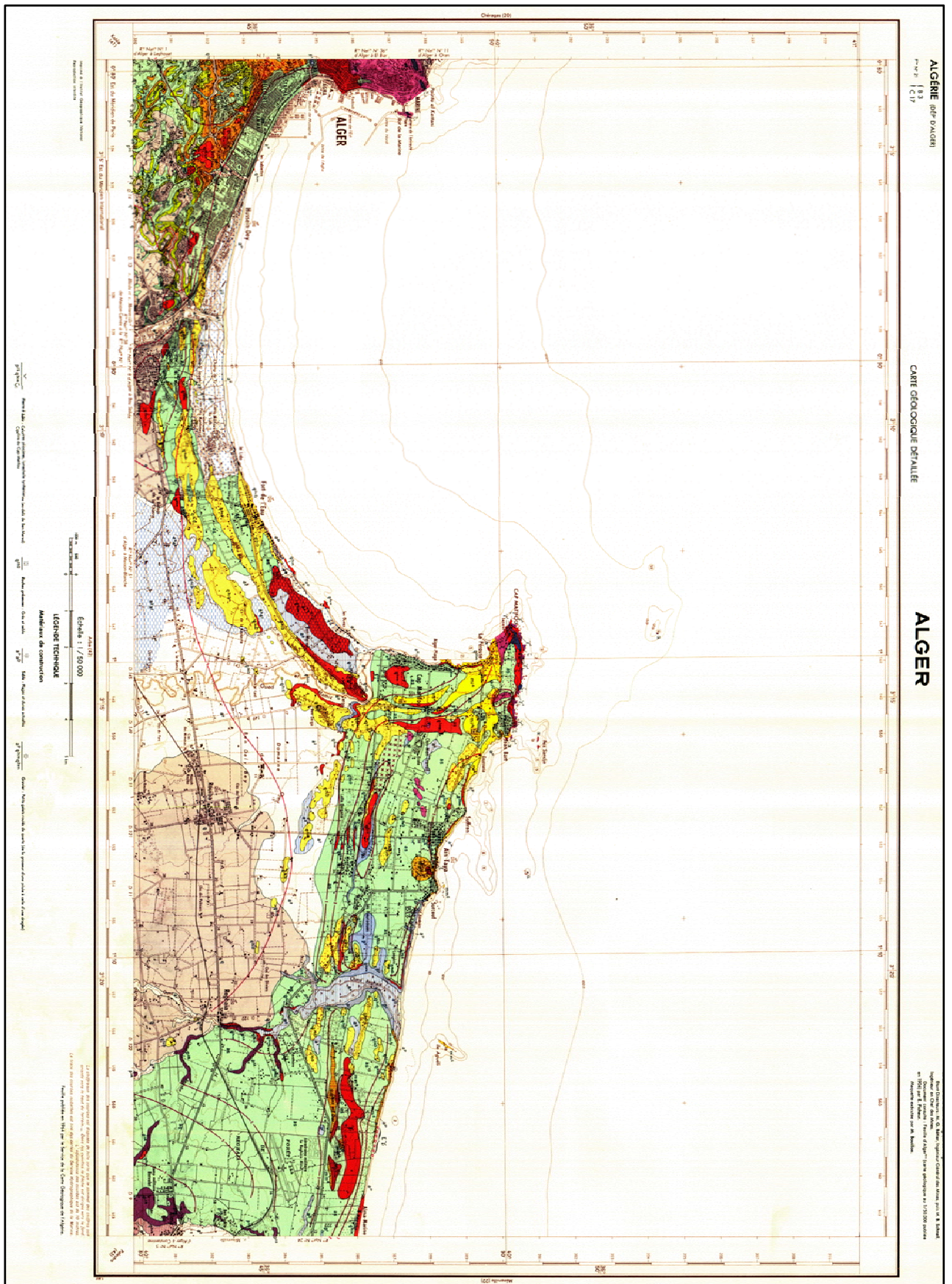
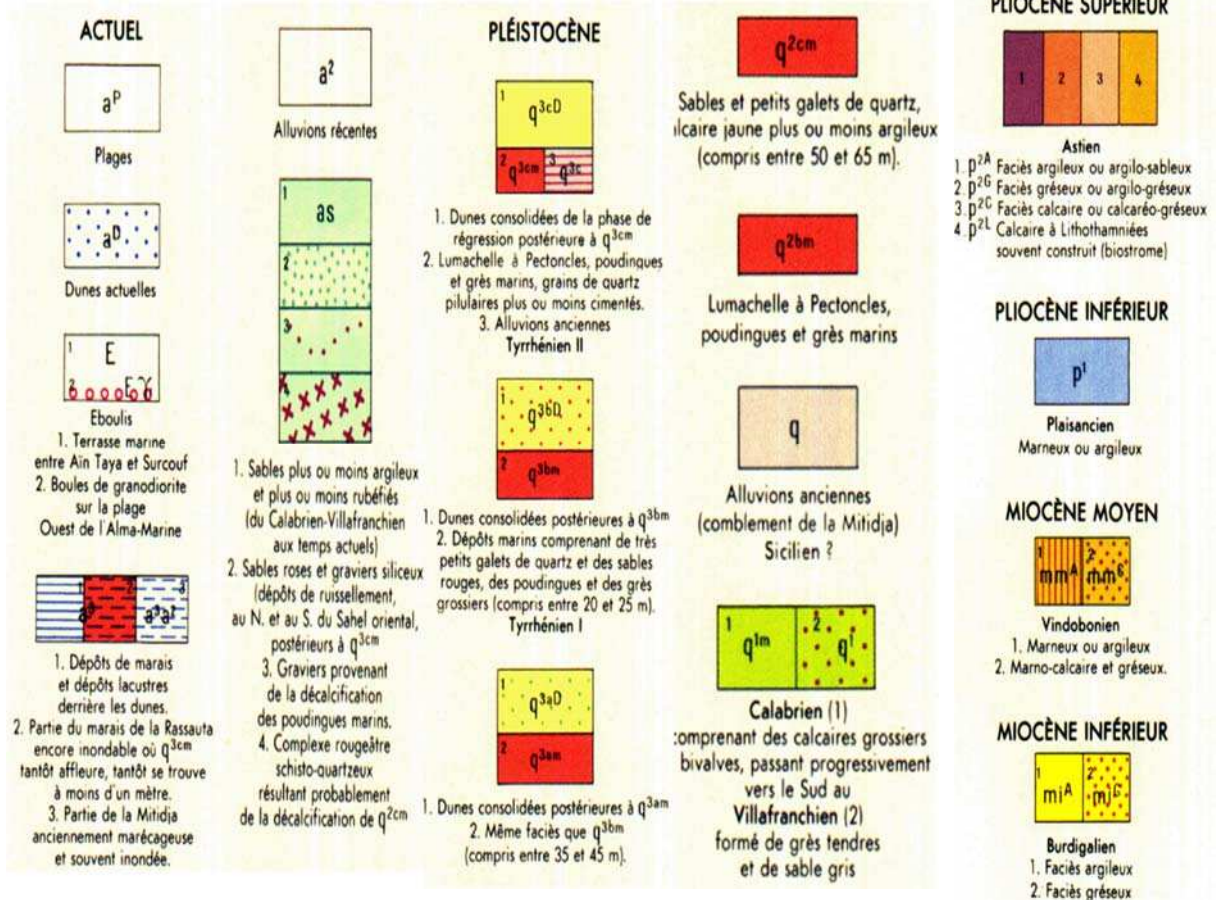


Figure :carte géologique de la baie d'Alger.

Les légendes :



1. Annexe (I) :



Figure 1 : image satellitaire géo refinancé 2017(quick –bird 2017) résolution 0.62m.



Figure 2 : la photo aérienne de 1984 (l'INCT). Échelle 1/10000. Résolution de 1 m

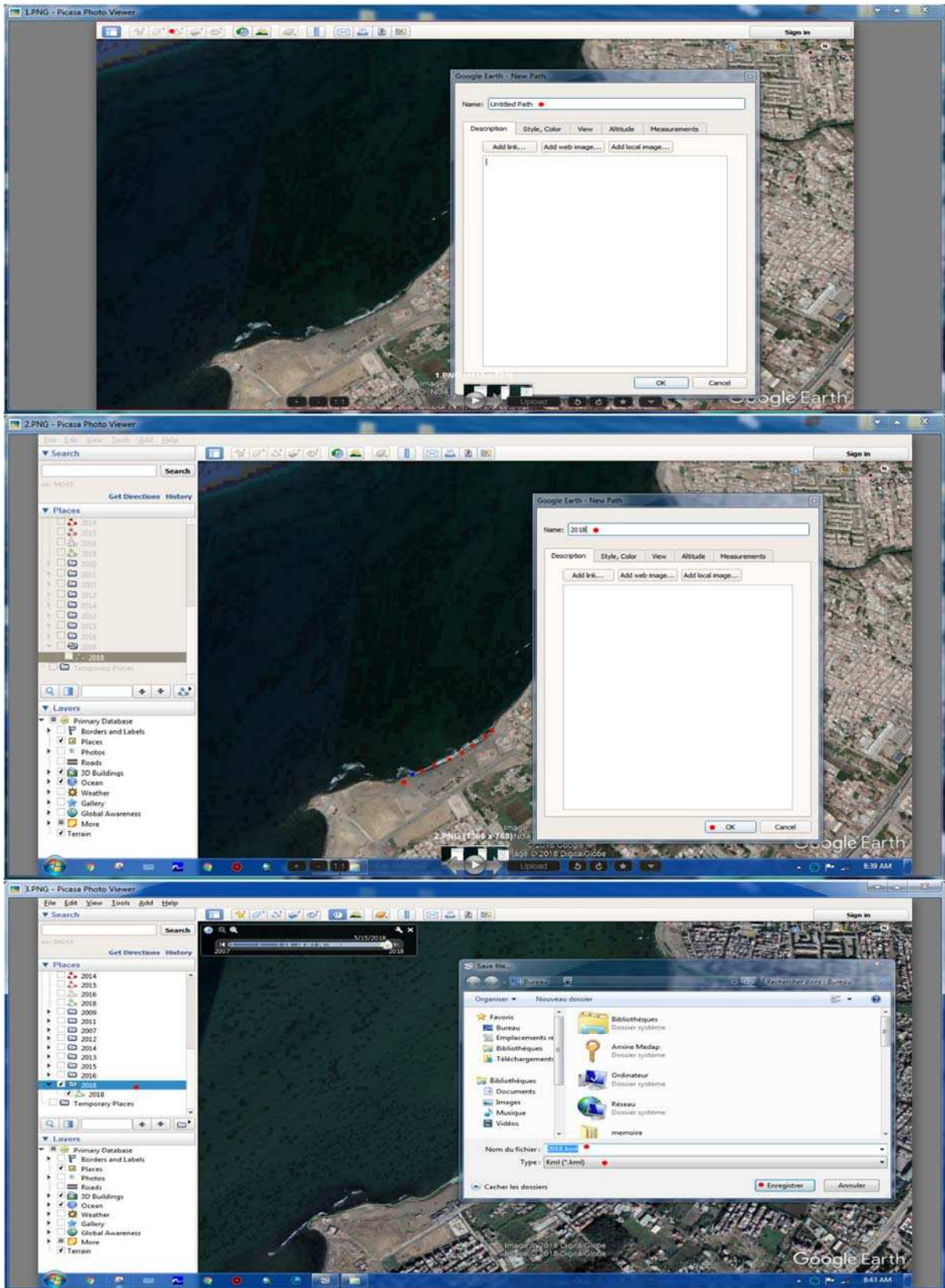


Figure 3 : comment digitalisée et exporter un traits de cote par « Google Earth pro ».

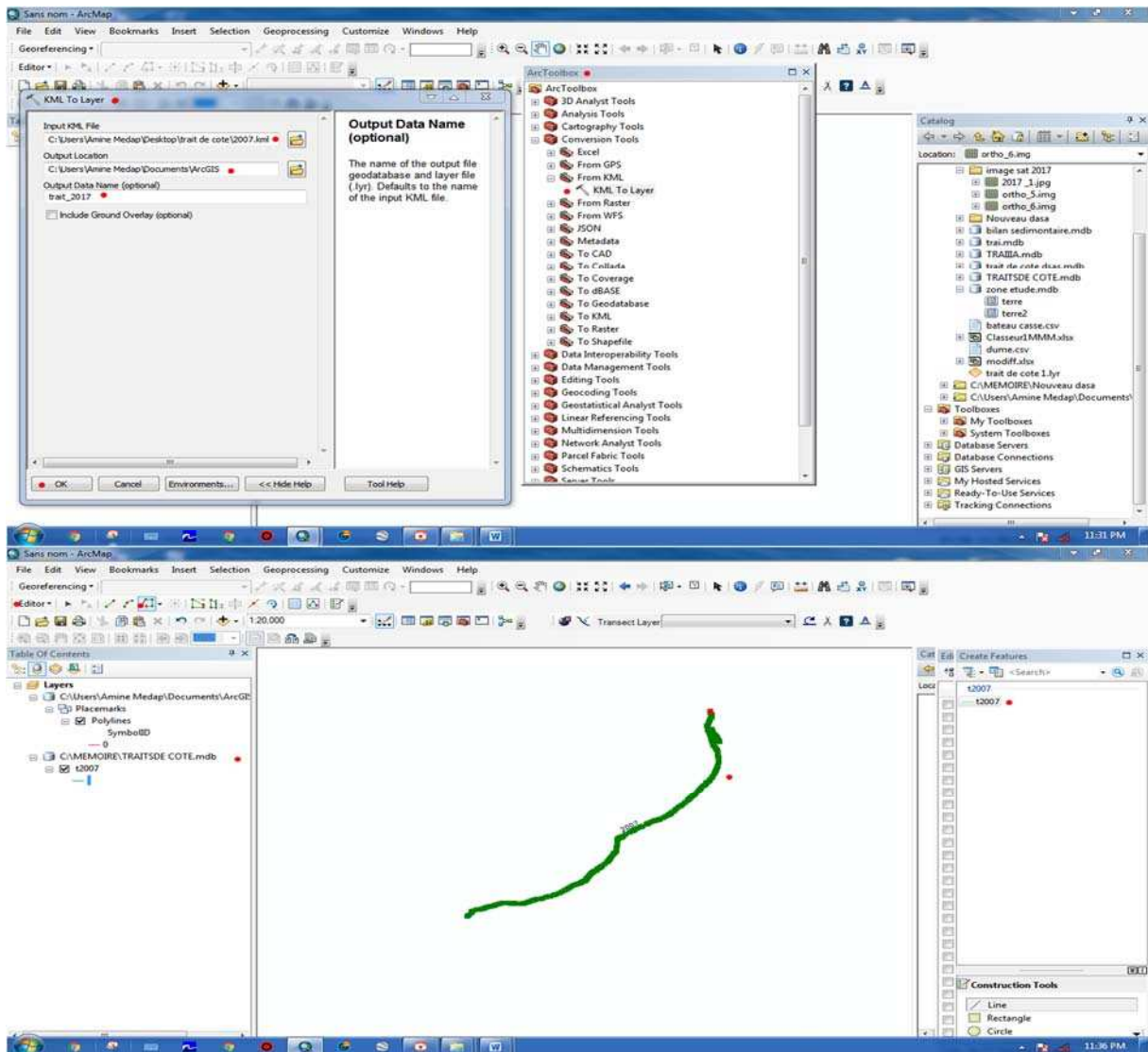


Figure 4 : la digitalisation de trait de côte par Arcgis 10.2.

Application sur l'extension DASA :

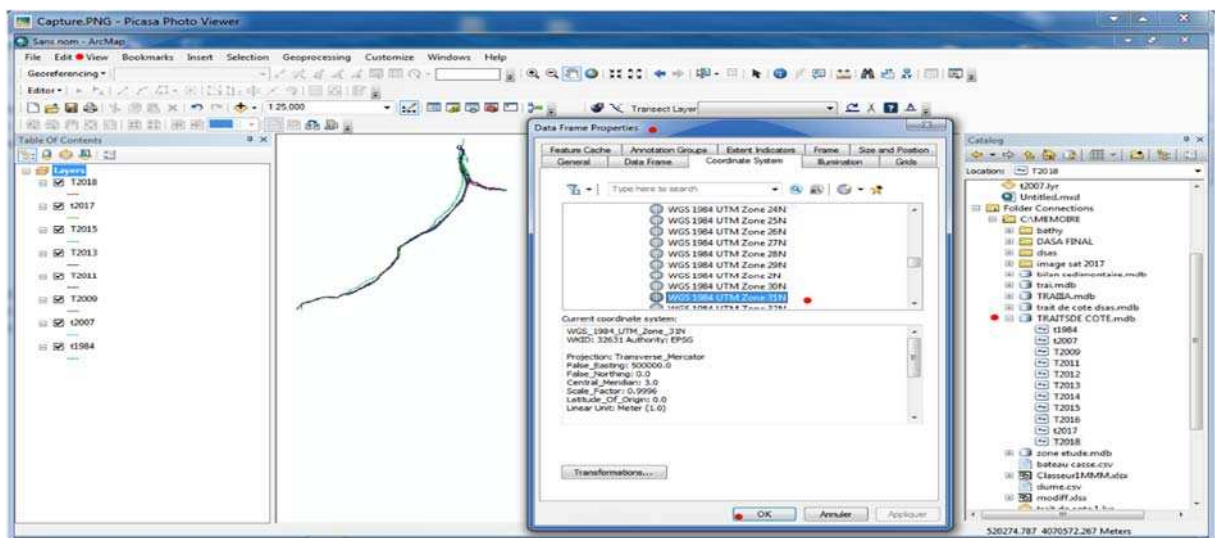


Figure 5 : la préparation des trais de cote.

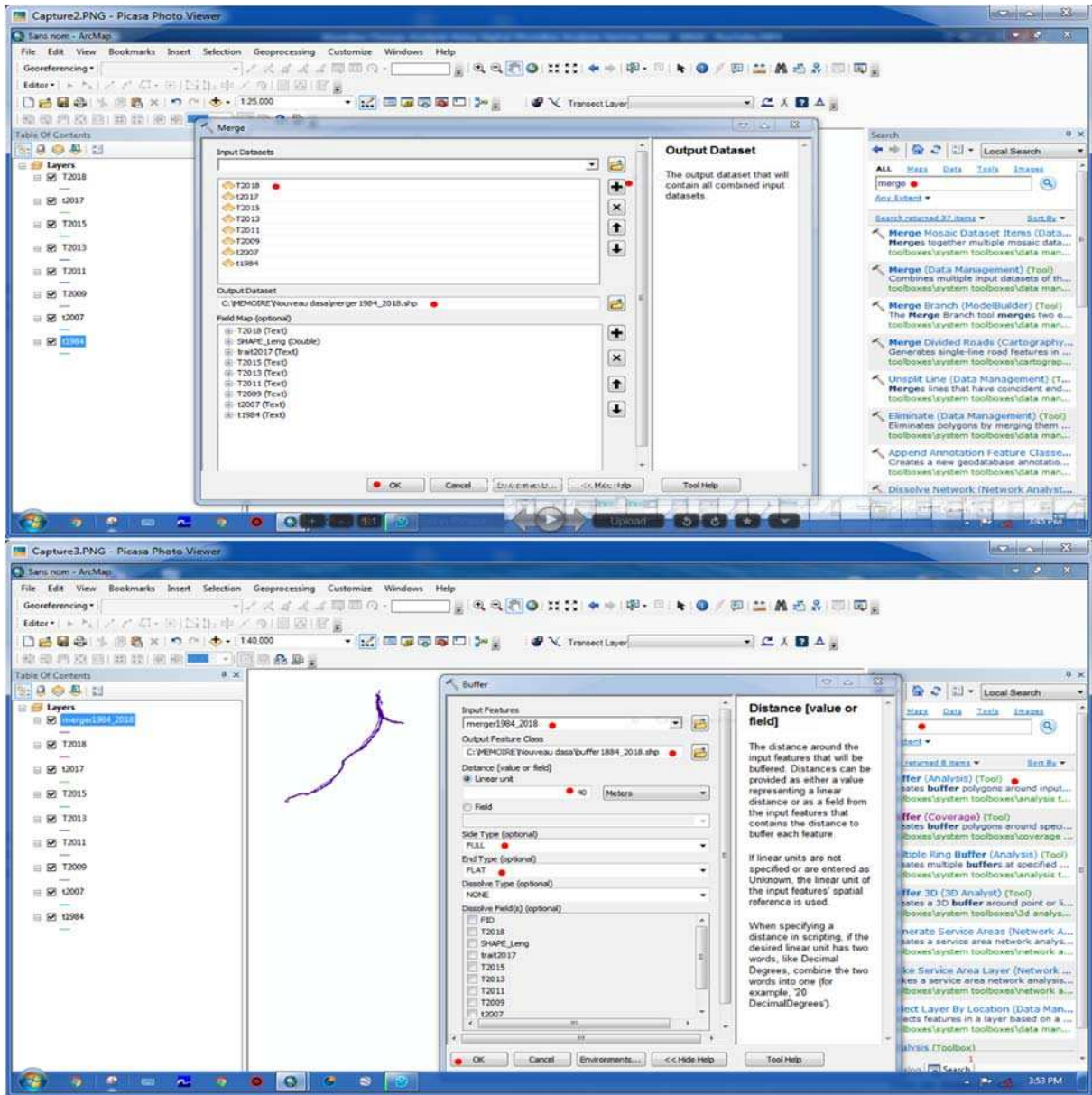


Figure 6 : la création de ‘Marge ‘ et de Buffer.

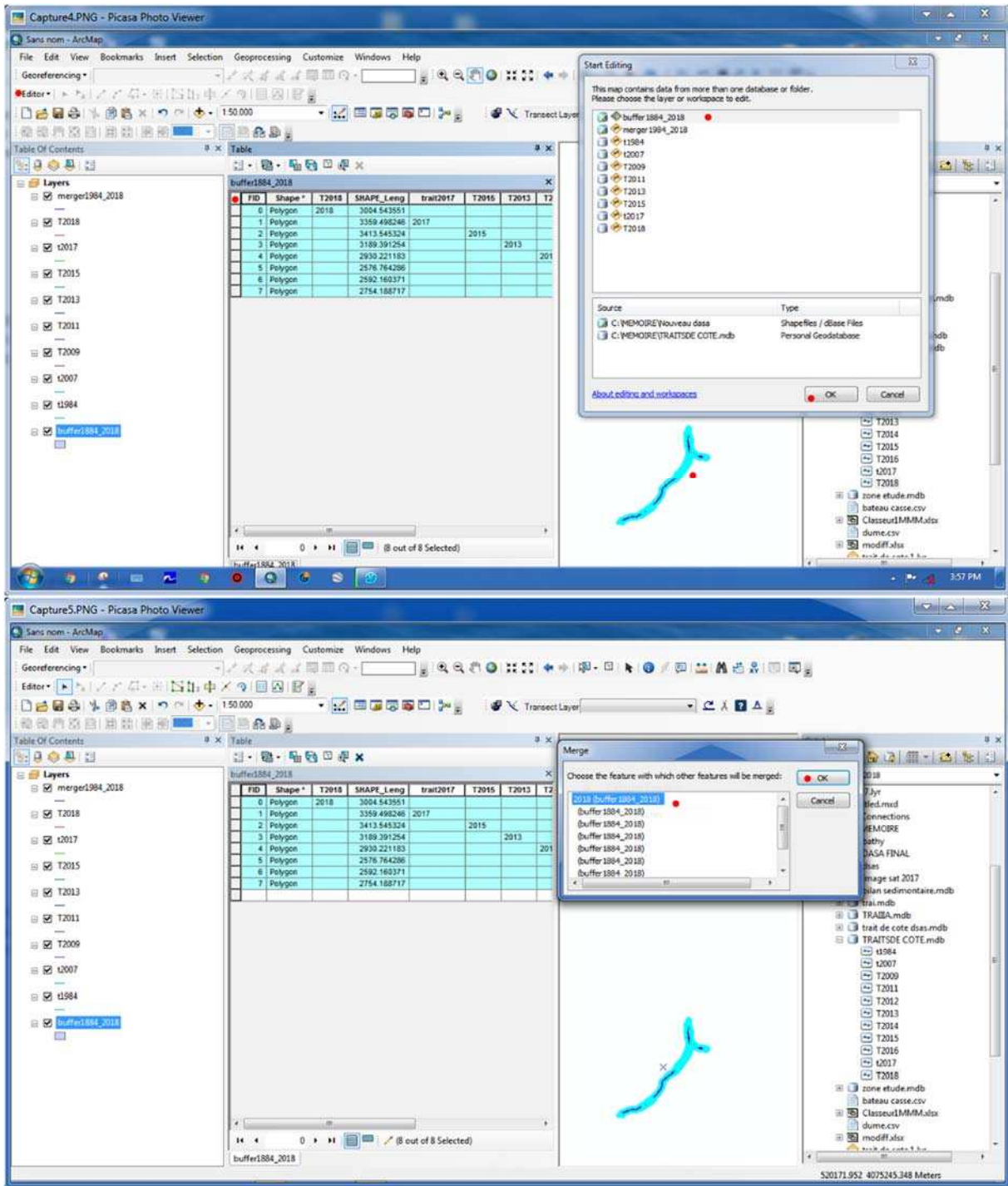


Figure 7 : Exports de la 'Marge '.

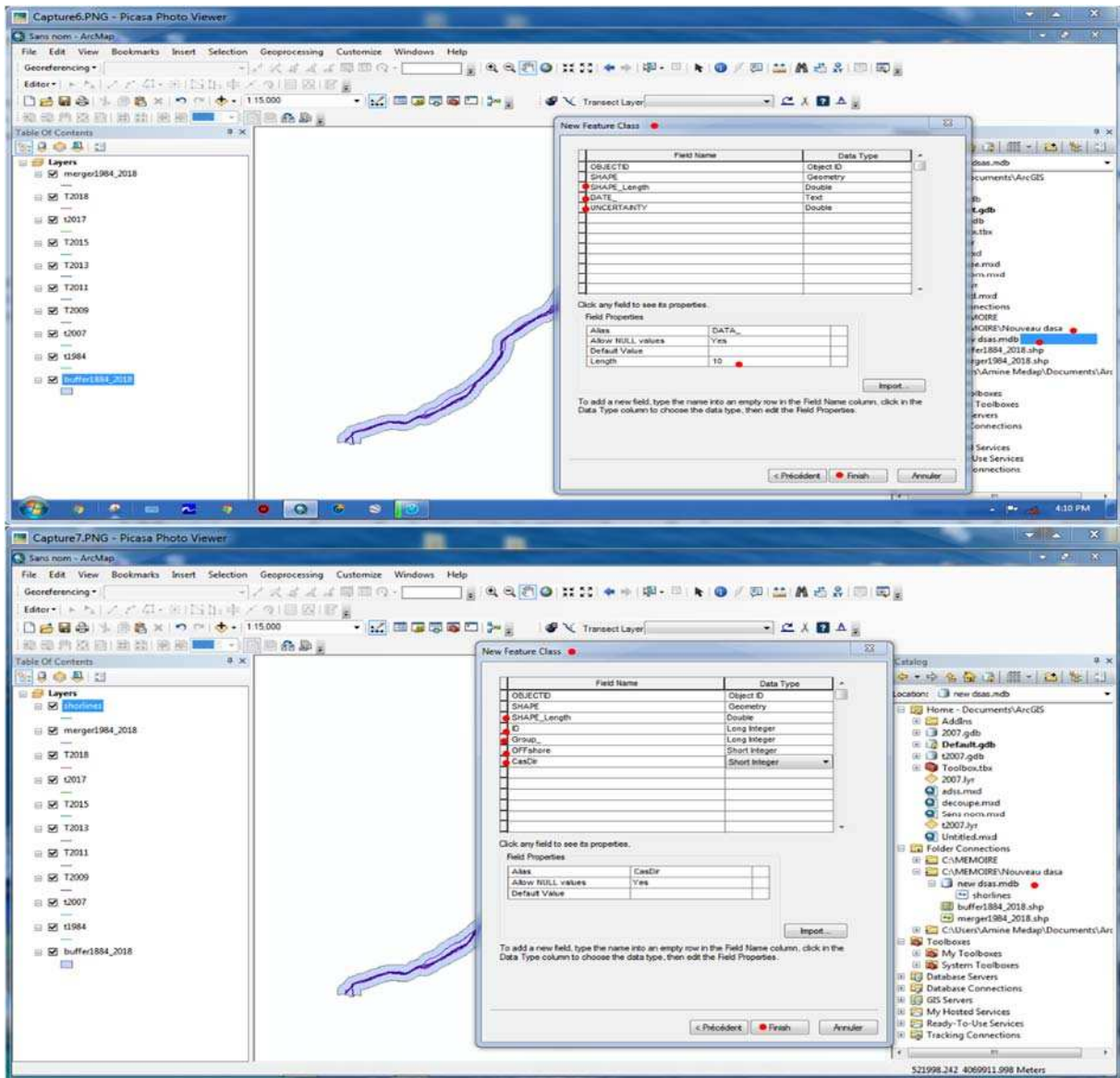


Figure 8 : La création de la base des données (Baseline et Shoreline).

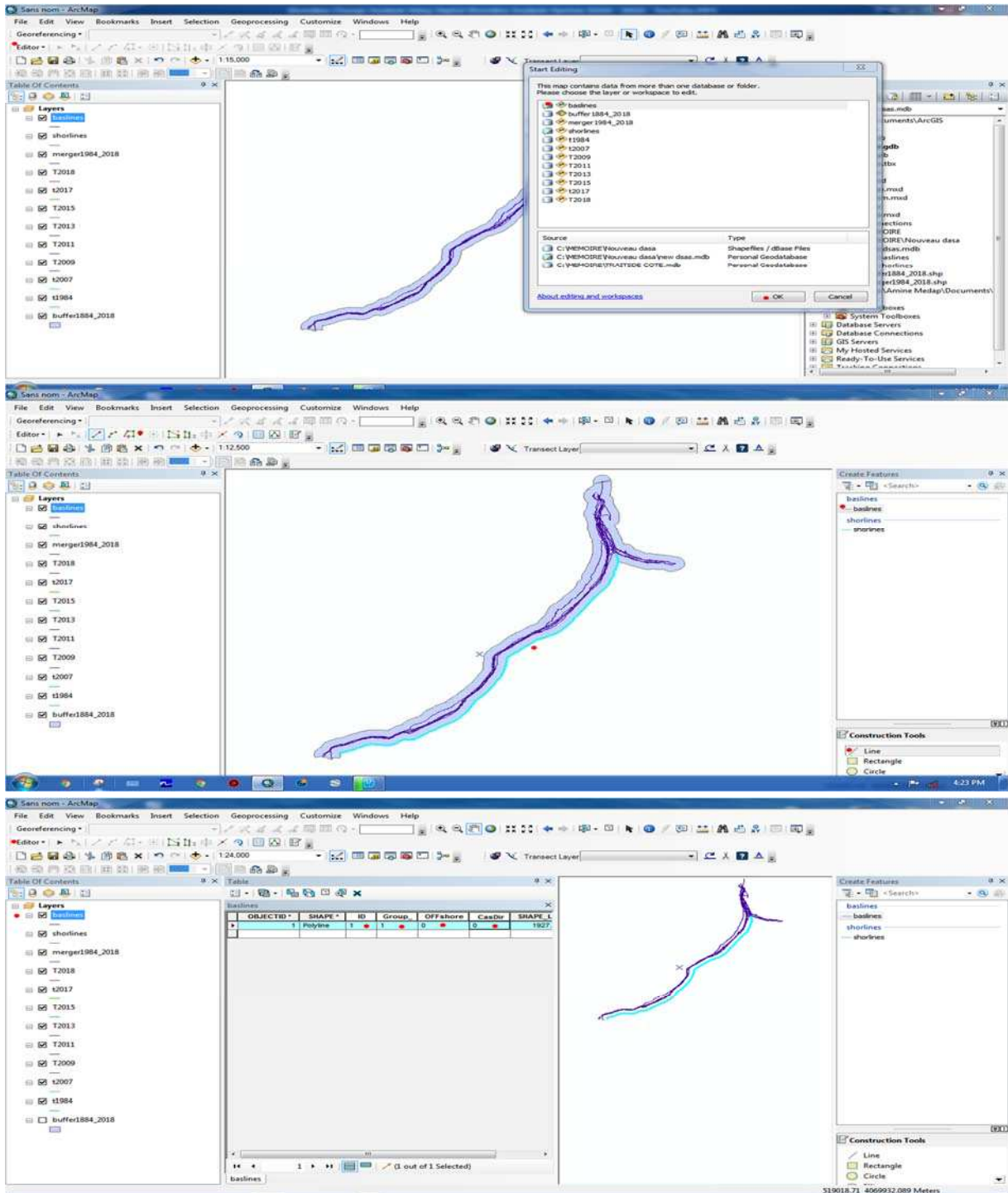


Figure 9 : La digitalisation et l'identification de 'la Baseline'

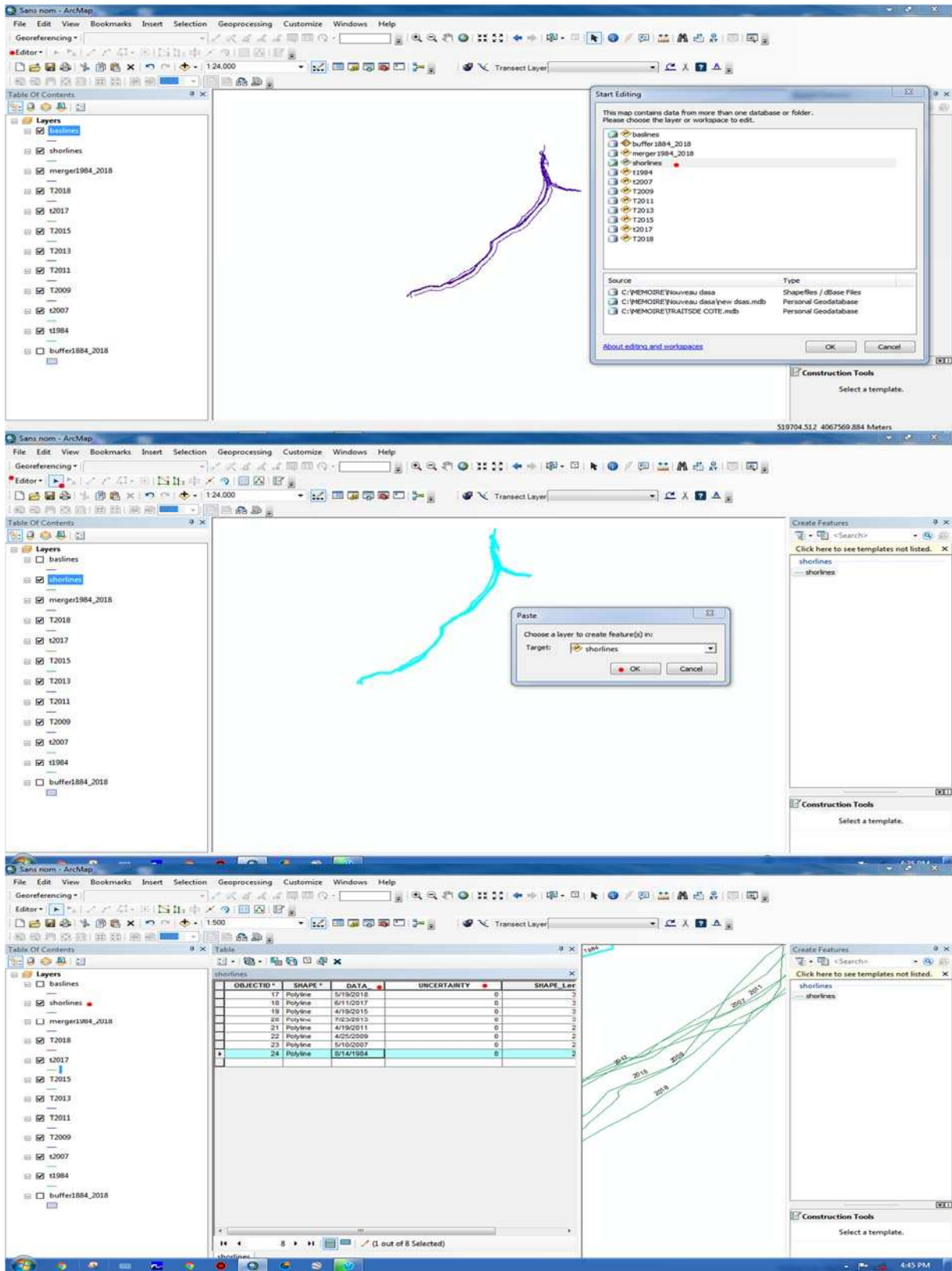


Figure 10 : l'identification de la caractéristique de 'Shoreline'

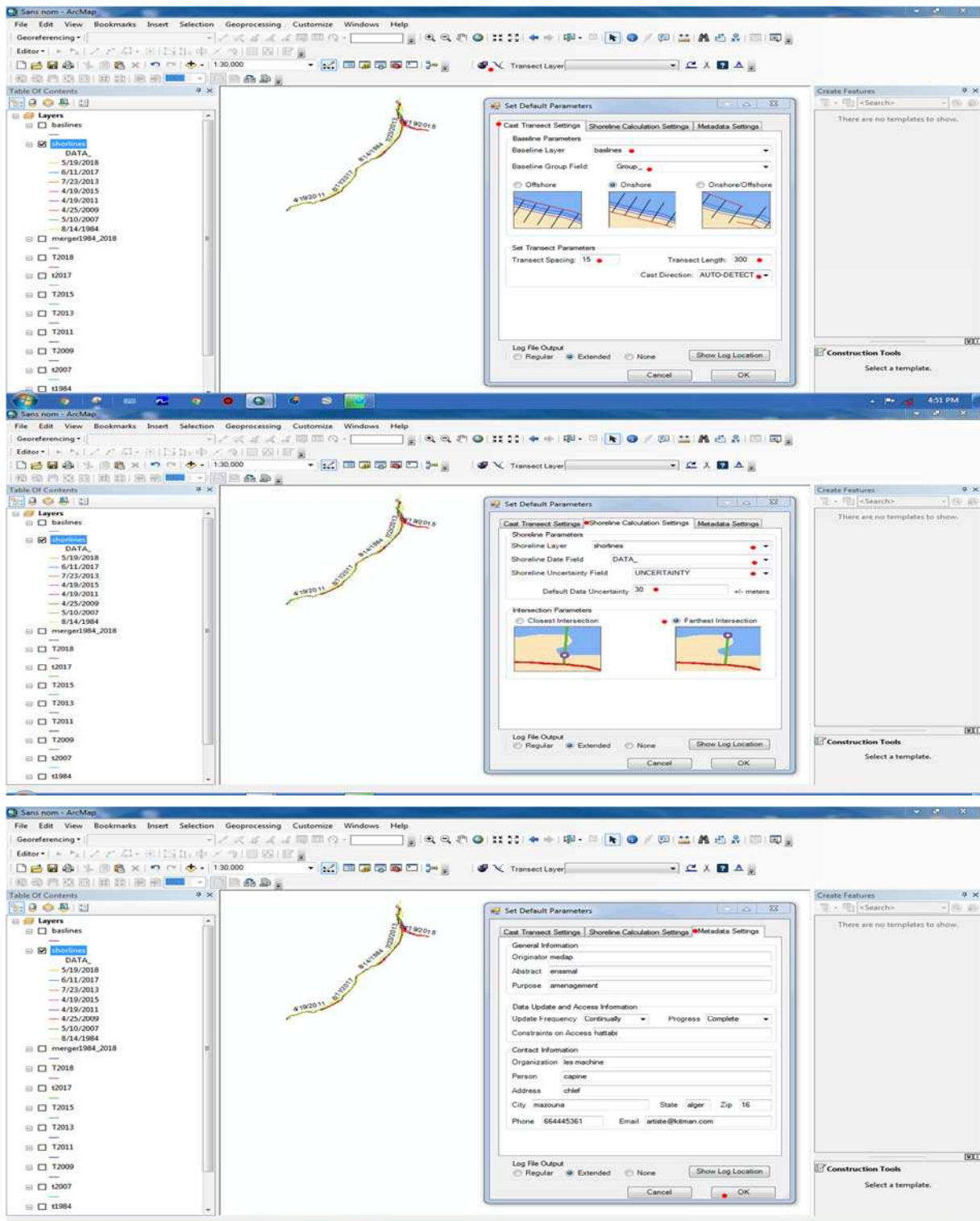


Figure 11: l'identification et modification des paramètres de la 'Baseline' et des traits de cote pour lancer les calculs statistiques.

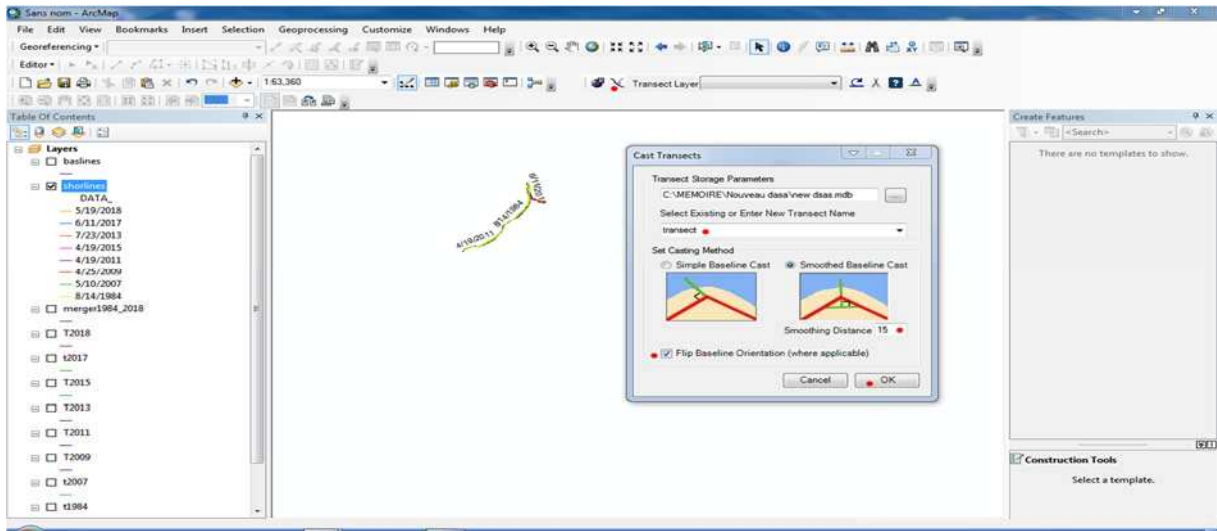


Figure 12 : le choix des traits de cote combinés et les tracer

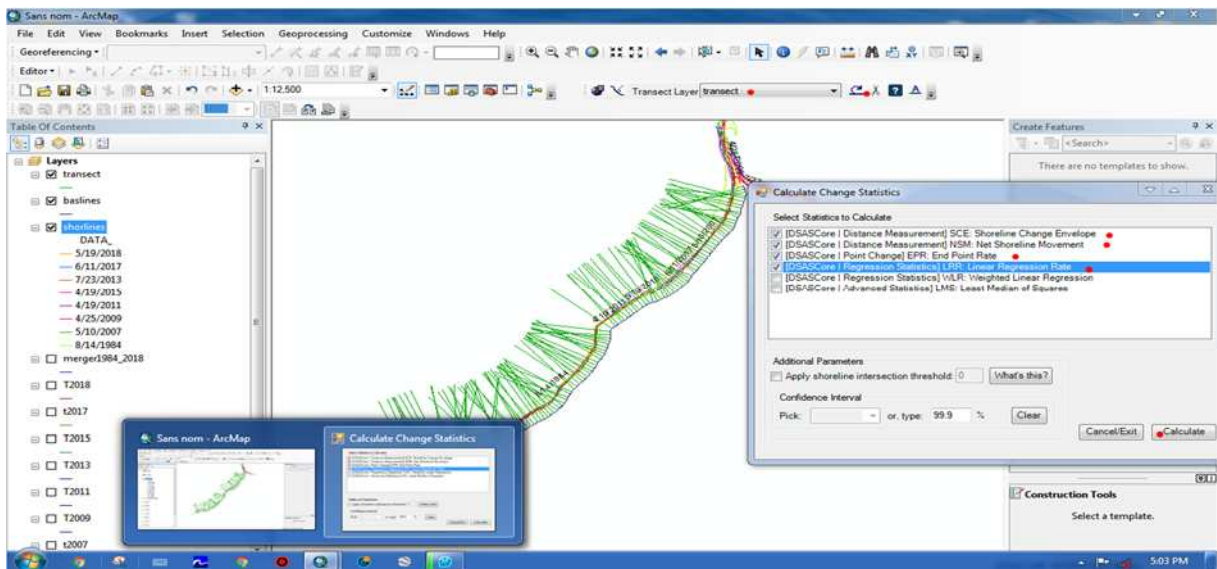


Figure 13 : Le lancement de calculs des statistique.

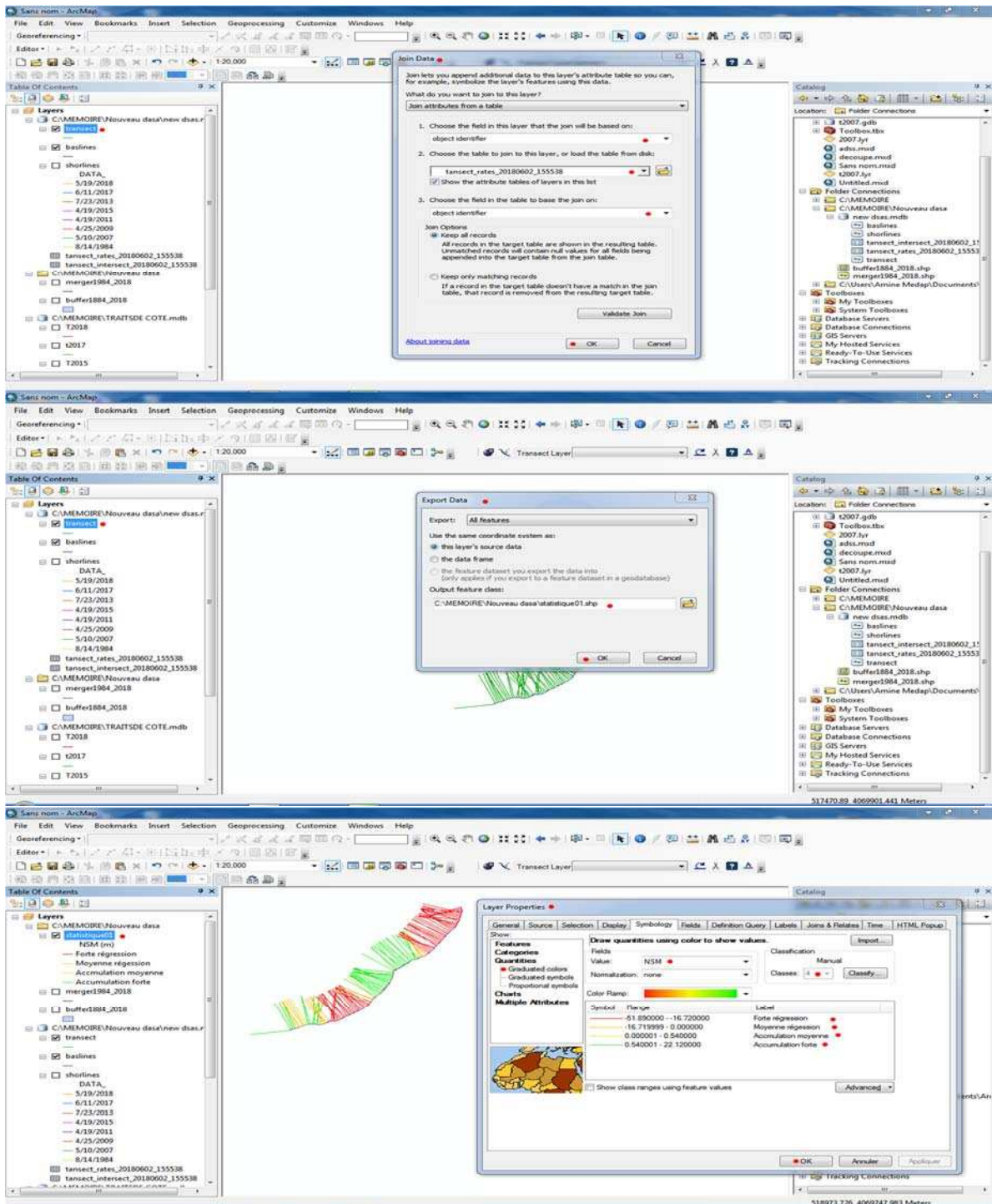


Figure 14 : exporter les résultats et les utilise pour les analyses statistique (NSM, EPR, LRR)

2. Annexe (II) :

Tableau 1 : résultats de bilan sédimentaire de la période 1984_2018 :

OBJECTID	bilon	SHAPE_Leng	SHAPE_Area	bilon sédimentaire	accumulation	erosion
4	erosion	23.88138666020	7.45931956805	-3858.33167659058	7061.12489802760	-10919.45657461820
5	accumulation	6.73198510973	0.45700652429			
2	accumulation	204.78643862300	320.52805966300			
6	erosion	14.64457787840	2.50462218637			
7	accumulation	53.86147071430	14.11702406900			
8	erosion	77.34953547320	82.75190705880			
9	accumulation	221.55962577000	425.22522046900			
10	erosion	917.10802465700	10759.51324300000			
11	accumulation	6.92628931309	1.86707286131			
12	erosion	69.57742628820	67.28119496860			
14	accumulation	1160.35807903000	5252.22287689000			
15	erosion	1471.67596133000	21838.96686140000			
17	oued	292.12604279800	2757.11186269000			
18	accumulation	221.03435142200	1471.93285802000			

tableau 1 : Les coordonnées géographiques des stations de prélèvement avec le pourcentage des particules fines et le diamètre de grain moyen de la plage 'Bateau cassé '.

x	y	num	% des particules fines	grain moyen (mm)
519753.914	4069075.21	e1	0.015	1.9497
519739.687	4069043.31	e2	0.03	1.8857
519732.068	4069014.63	e3	0.44	0.8583
519802.902	4069044.07	e4	0.135	0.6673
519792.451	4069060.99	e5	0.09	0.8615
519780.795	4069085.03	e6	0.05	1.9423
519843.364	4069128.29	e7	0.42	1.9461
519849.837	4069116.28	e8	0.195	0.7188
519866.011	4069090.44	e9	0.675	0.6501
519916.221	4069140.16	e10	0.08	0.4859
519909.556	4069157.87	e11	0.015	0.4601
519903.841	4069170.73	e12	0.11	1.9482
519963.651	4069212.07	e13	0.185	1.9462
519970.594	4069212.05	e14	0.32	0.6438
519980.761	4069211.09	e15	0.365	0.7628

Tableau 2 : Les coordonnées géographiques des stations de prélèvement avec le pourcentage des particules fines et le diamètre de grain moyen de la plage ‘Stamboul’.

x	y	num	% des particules fines	grain moyen (mm)
520365.544	4069715.59	e16	0.015	1.948
520419.225	4069762.25	e17	0.05	1.9232
520448.499	4069752.46	e18	0.755	0.3944
520494.671	4069828.68	e19	0.68	0.4375
520477.535	4069842.2	e20	0.35	0.4212
520541.316	4069928.03	e21	0.36	0.6142
520564.345	4069924.37	e22	0.055	0.4117
520587.922	4069912.72	e23	0.24	0.3636
520594.749	4069960.19	e24	0.63	0.3943
520580.841	4069970.94	e25	0.08	0.3346
520574.416	4069977.97	e26	0.37	0.3943
520615.916	4070048.56	e27	0.3	1.9263
520629.501	4070042.55	e28	0.065	0.4192
520635.218	4070138.7	e29	0.03	1.9333
520649.358	4070134.11	e30	0.195	0.5523
520658.855	4070204.7	e31	0.045	0.3799
520633.564	4070204.32	e32	0	1.8976
520624.261	4070262.24	e33	0.125	1.88
520633.416	4070269.04	e34	0.01	1.9183
520599.333	4070322.51	e36	0.23	1.1975
520608.416	4070324.98	e35	0.105	1.0986
520601.782	4070332.75	e37	0.135	0.8725



Photo 1 : la zone d'étude les deux plages ('Bateau cassé' et 'Stamboul').

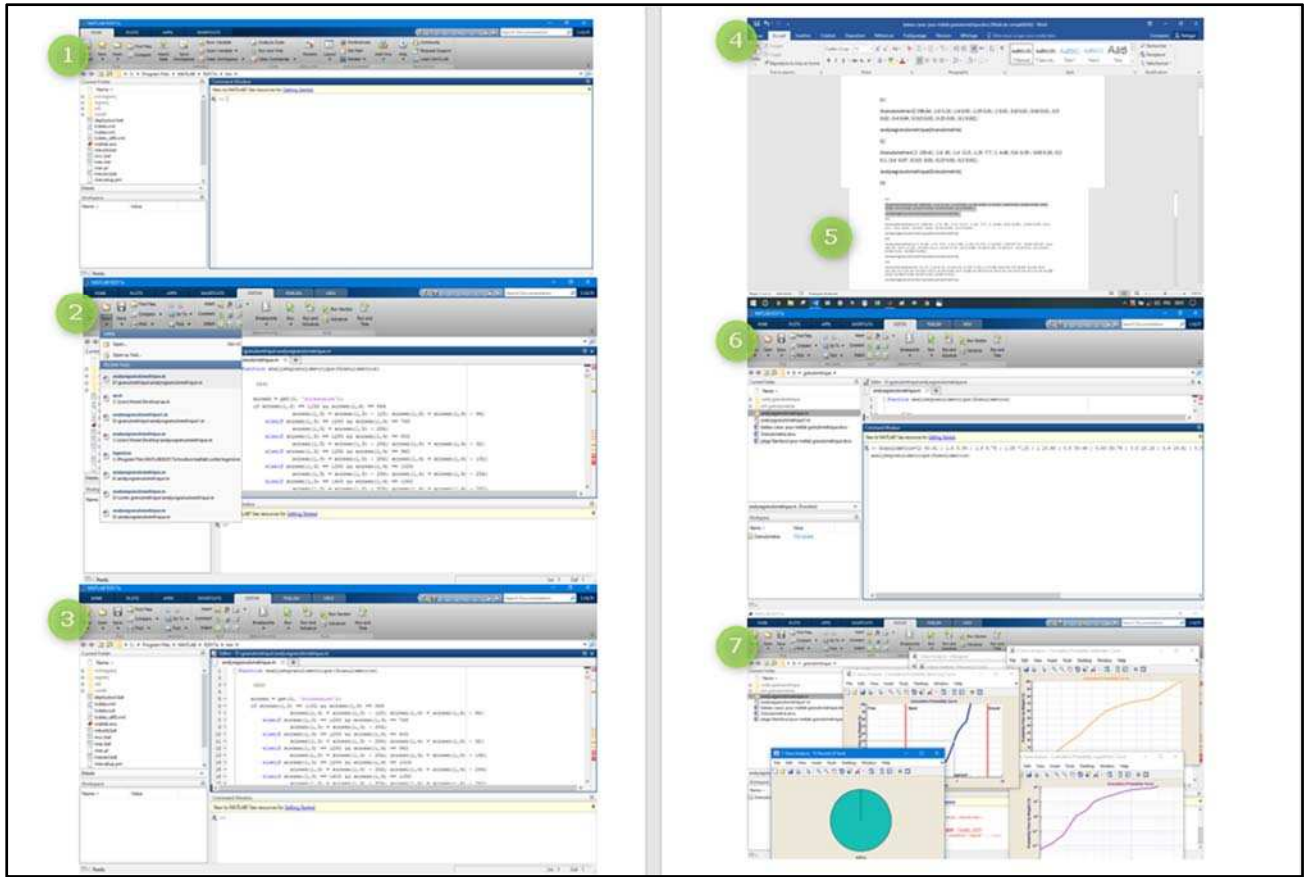


Figure 1: Les étapes à suivre pour faire analyse granulométrique par 'MATLAB'.

The main results of sieve analysis were:

D 5 (mm) = 1.656
 D 10 (mm) = 1.7075
 D 16 (mm) = 1.7621
 D 30 (mm) = 1.8623
 D 50 (mm) = 1.9497
 D 60 (mm) = 1.9742
 D 75 (mm) = 1.9937
 D 84 (mm) = 1.9983
 D 95 (mm) = 1.9999
 Mean Grain Size (mm) = 1.9006
 Standard Deviation 1.0649
 Skewness = 1.5906
 Kurtosis = 0.53351
 Coefficient of uniformity (Cc) = 1.0288
 Coefficient of curvature (Cu) = 1.1562
 Standard Deviation Classification = Very well sorted
 Skewness Classification = Very coarse skewed
 Kurtosis Classification = Mesokurtic
 ASTM Classification = Medium sand
 % of Gravel = 0
 % of Sand = 100
 % of Fine = 0
 Wentworth classification = Very coarse sand
 USCS classification = SP

E1

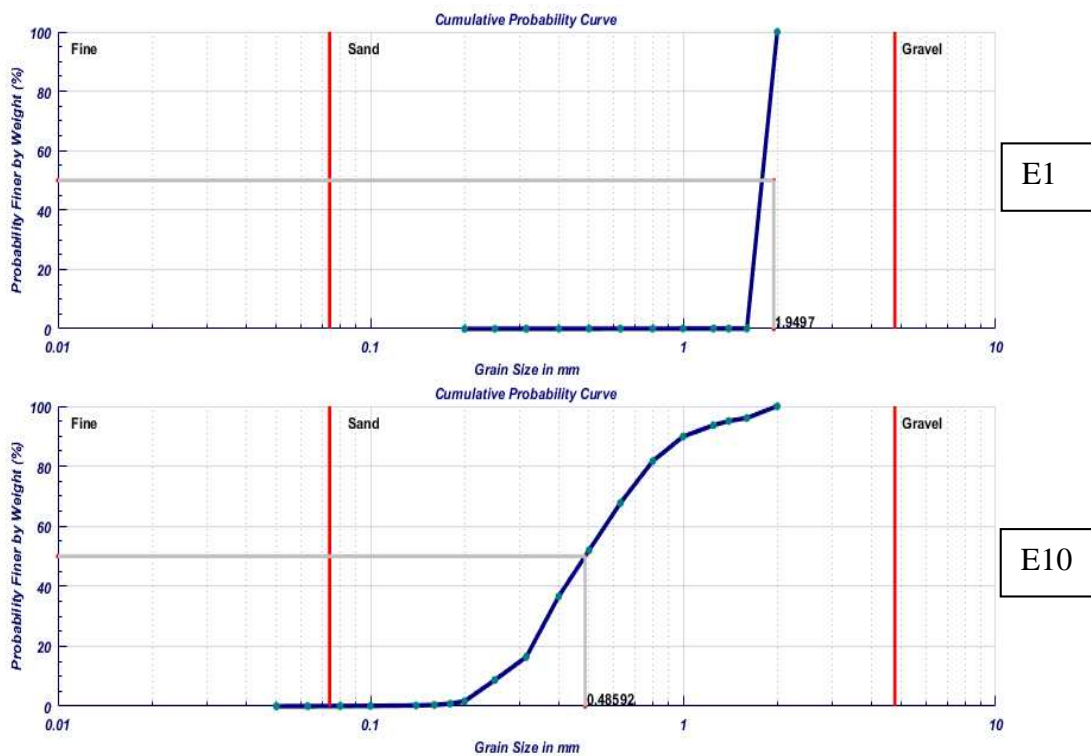
The main results of sieve analysis were:

D 5 (mm) = 0.3567
 D 10 (mm) = 0.40321
 D 16 (mm) = 0.48633
 D 30 (mm) = 0.6735
 D 50 (mm) = 0.87257
 D 60 (mm) = 1.0046
 D 75 (mm) = 1.5741
 D 84 (mm) = 1.8248
 D 95 (mm) = 1.9824
 Mean Grain Size (mm) = 0.91829
 Standard Deviation 1.8523
 Skewness = 0.9751
 Kurtosis = 0.59457
 Coefficient of uniformity (Cc) = 1.1198
 Coefficient of curvature (Cu) = 2.4915
 Standard Deviation Classification = Very well sorted
 Skewness Classification = Near symmetrical
 Kurtosis Classification = Platykurtic
 ASTM Classification = Medium sand
 % of Gravel = 0
 % of Sand = 100
 % of Fine = 0
 Wentworth classification = Coarse sand
 USCS classification = SP

E37

The main results of sieve analysis were:		The main results of sieve analysis were:
D 5 (mm) = 0.22848	E10	D 5 (mm) = 1.3461
D 10 (mm) = 0.26038		D 10 (mm) = 1.6362
D 16 (mm) = 0.31224		D 16 (mm) = 1.6995
D 30 (mm) = 0.37179		D 30 (mm) = 1.8178
D 50 (mm) = 0.48592		D 50 (mm) = 1.9263
D 60 (mm) = 0.56132		D 60 (mm) = 1.959
D 75 (mm) = 0.70631		D 75 (mm) = 1.9876
D 84 (mm) = 0.84065		D 84 (mm) = 1.9958
D 95 (mm) = 1.3905		D 95 (mm) = 1.9997
Mean Grain Size (mm) = 0.50337		
Standard Deviation 1.7308		Standard Deviation 1.112
Skewness = 0.91029		Skewness = 1.6079
Kurtosis = 0.47595		Kurtosis = 0.36102
Coefficient of uniformity (Cc) = 0.94574		Coefficient of uniformity (Cc) = 1.0309
Coefficient of curvature (Cu) = 2.1558		Coefficient of curvature (Cu) = 1.1973
Standard Deviation Classification = Very well sorted		Standard Deviation Classification = Very well sorted
Skewness Classification = Fine skewed		Skewness Classification = Very coarse skewed
Kurtosis Classification = Mesokurtic		Kurtosis Classification = Leptokurtic (peaked)
ASTM Classification = Medium sand		ASTM Classification = Medium sand
% of Gravel = 0		% of Gravel = 0
% of Sand = 99.9099		% of Sand = 100
% of Fine = 0.090126		% of Fine = 0
Wentworth classification = Coarse sand		Wentworth classification = Very coarse sand
USCS classification = SP		USCS classification = SP

Figure 2 : Quelques exemples de résultat de l'analyse granulométrique par MATL



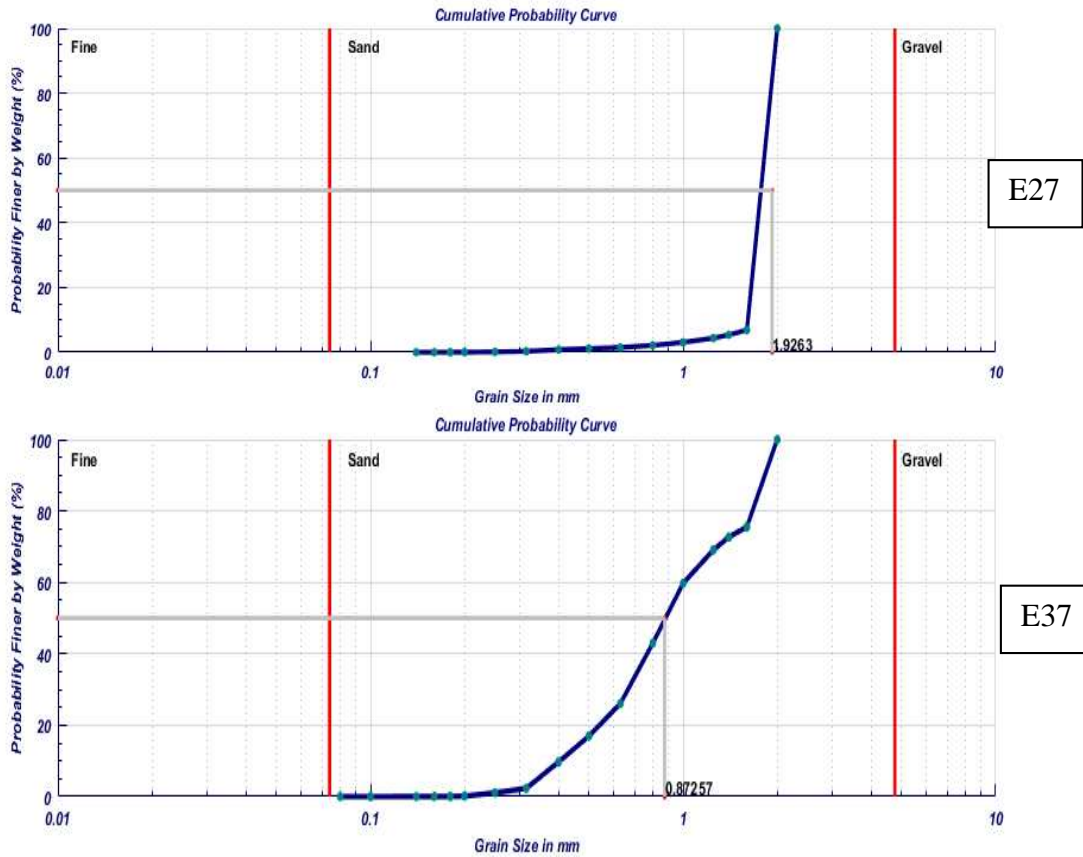


Figure 3 : Quelques exemples de courbe granulométrique par MATLAB.

3. Annexe (III) :

Génération de maillage

New file → Mike Zero → Mesh générateur.

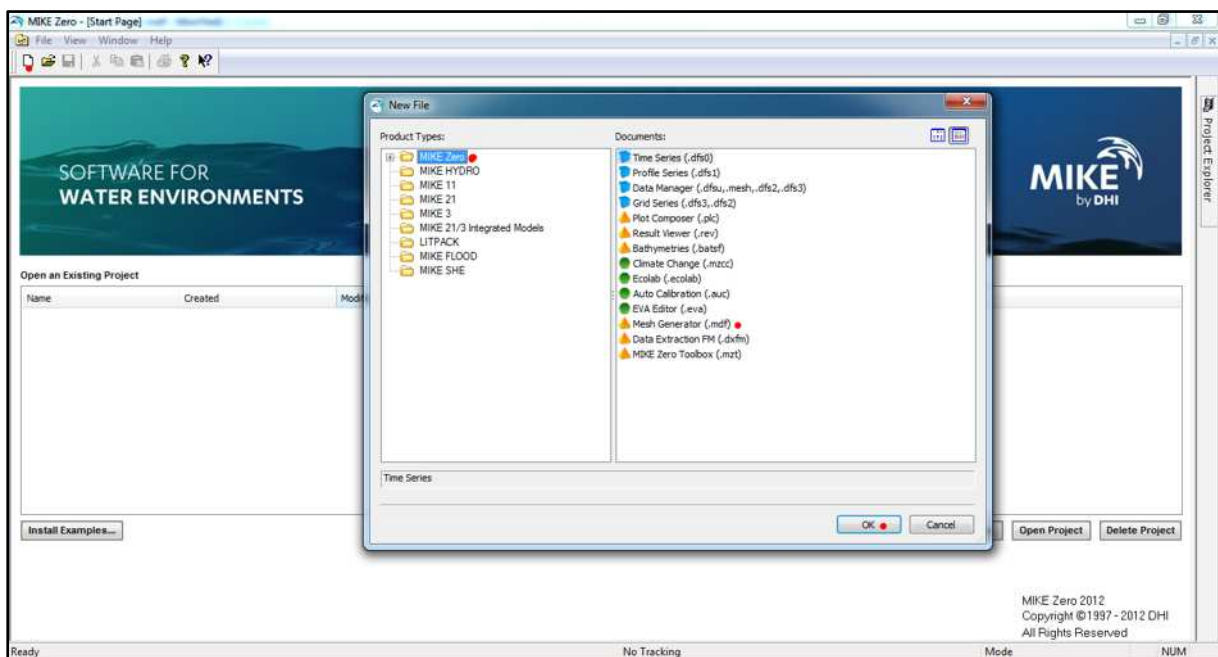


Figure 1: outie Mike zero « Mesh generator »

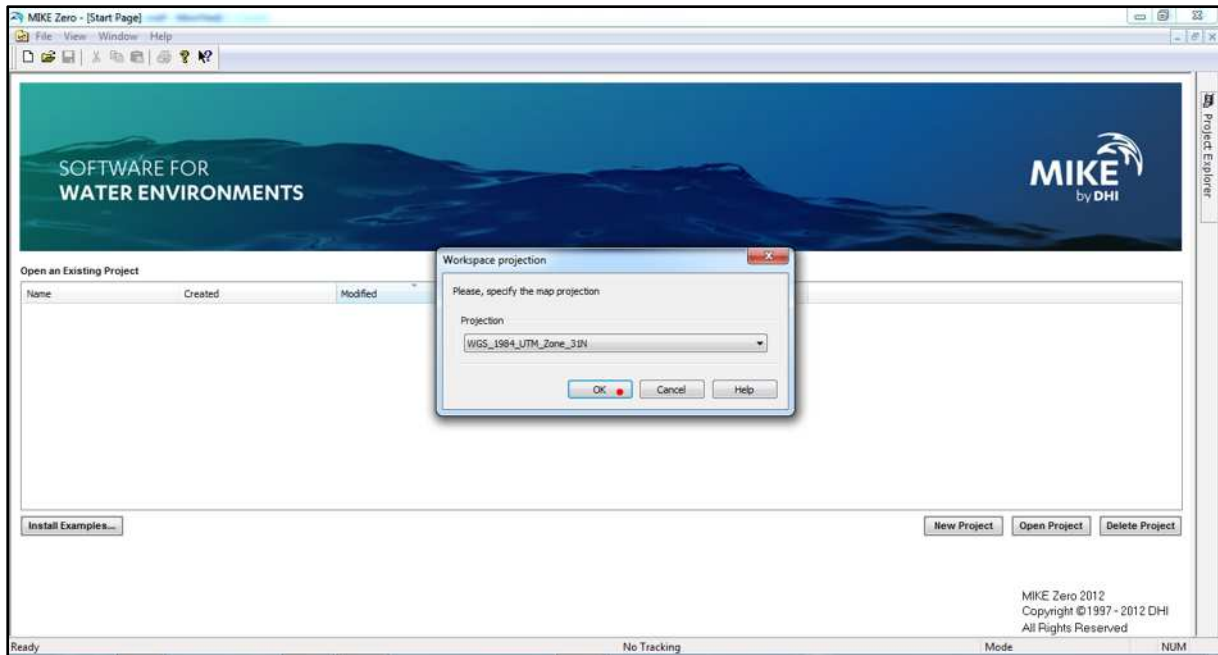


Figure 2: Système de Projection

Pour notre cas c'est WGS1984 UTM ZONE 31

Data → Importe boundary

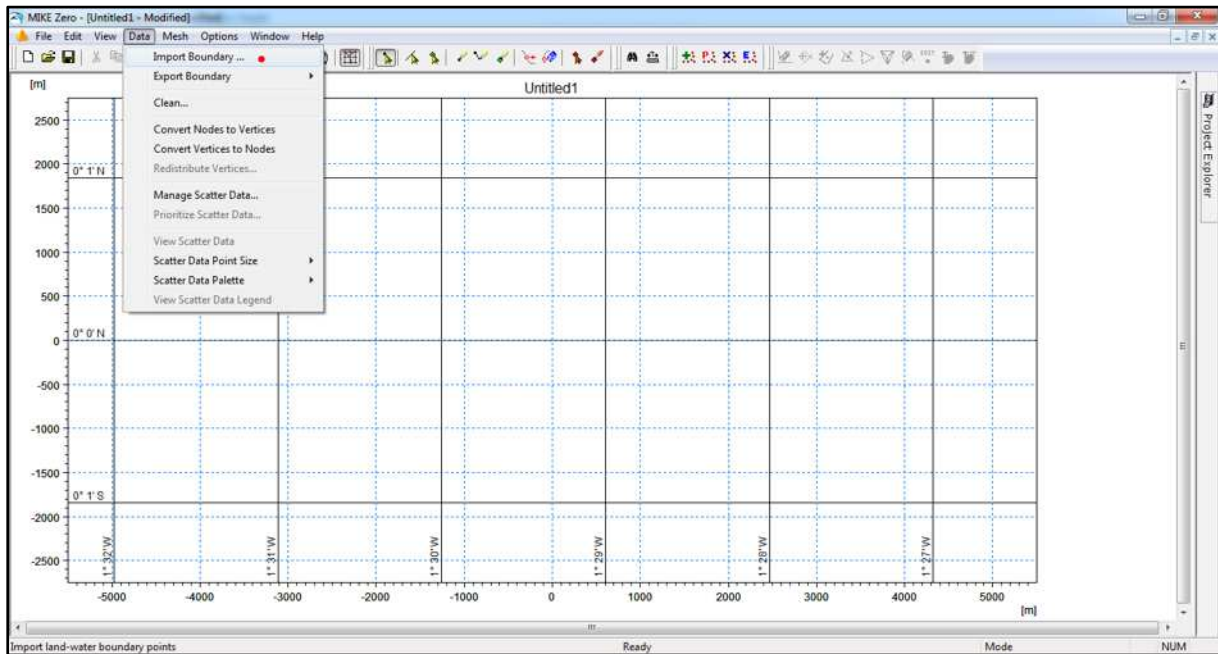


Figure 3: importé des bondrées

Add → fichier xyz de la digitalisation de trait de côte «xyz » → ouvrir

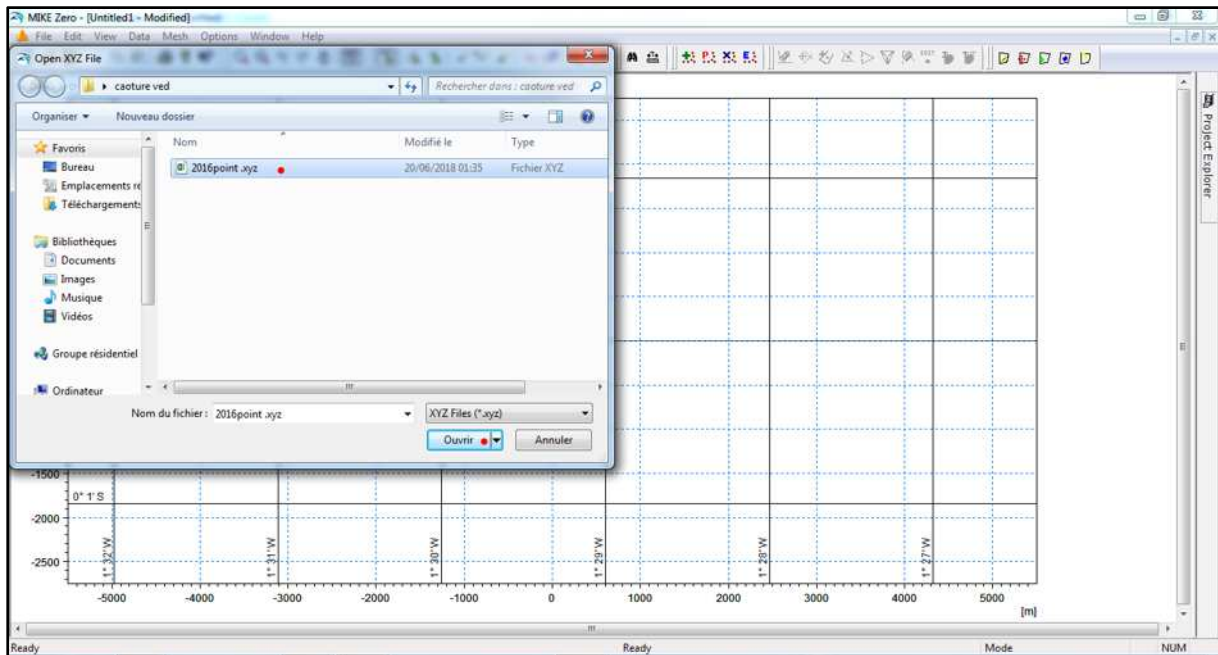


Figure 4: importe un fichier XYZ

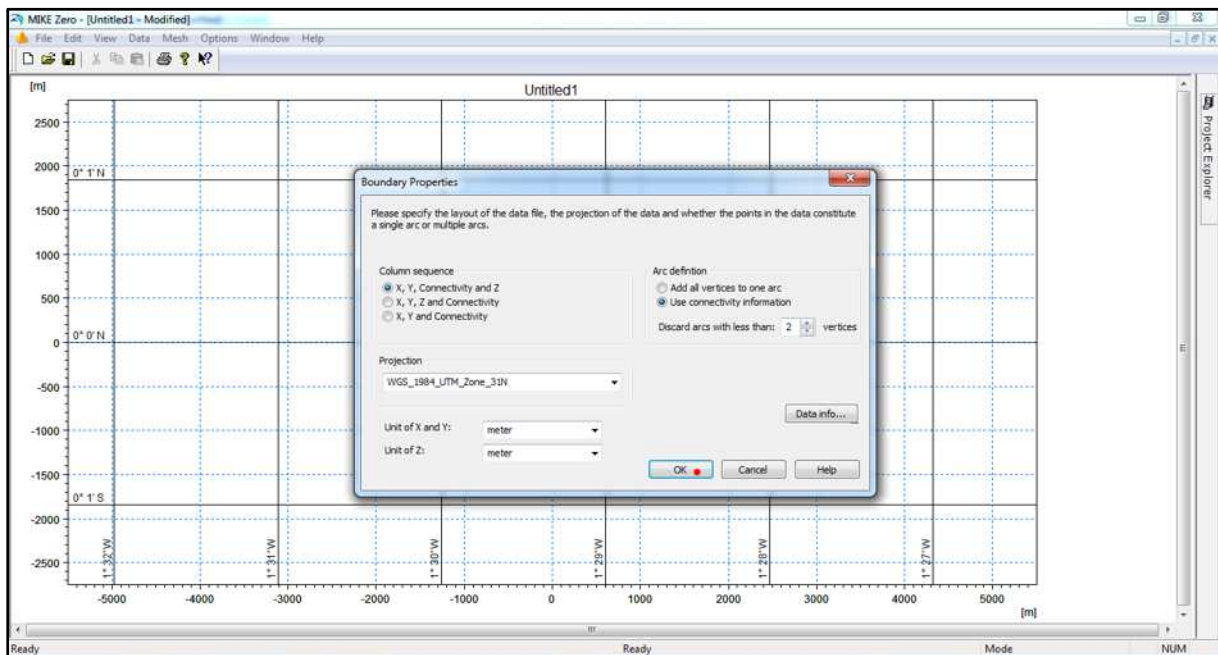


Figure 5: choix de Projection et pointe XYZ

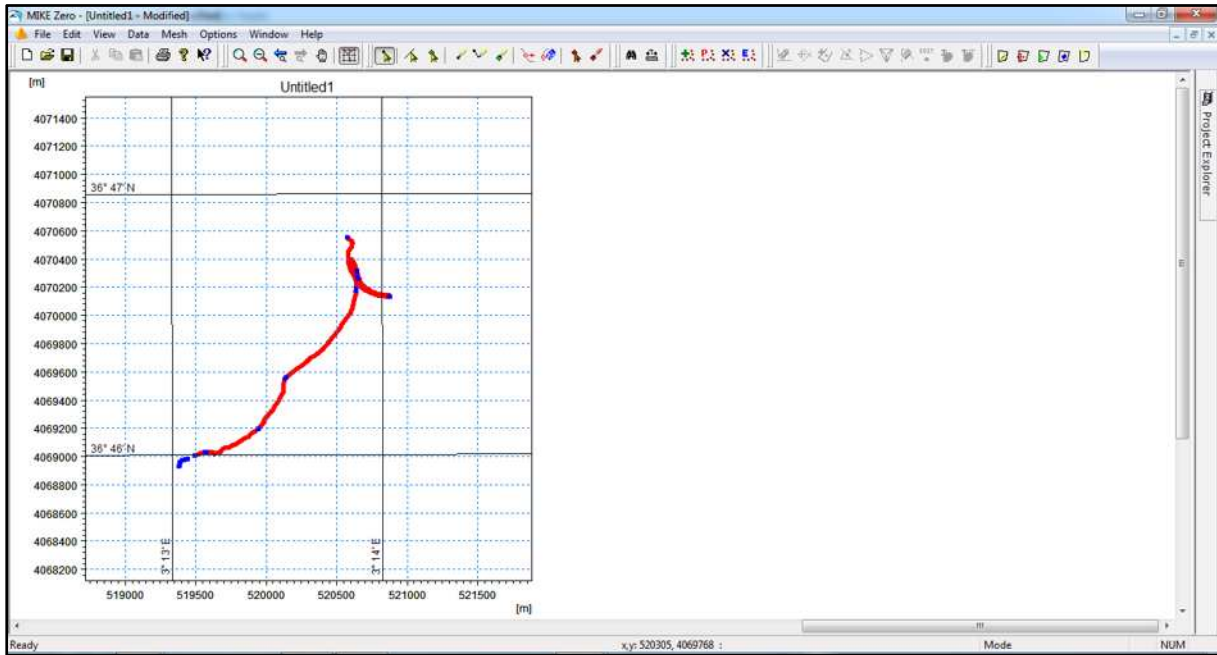


Figure 6: résultat d'un trait de côte

Selects point → Nodes → Vertices

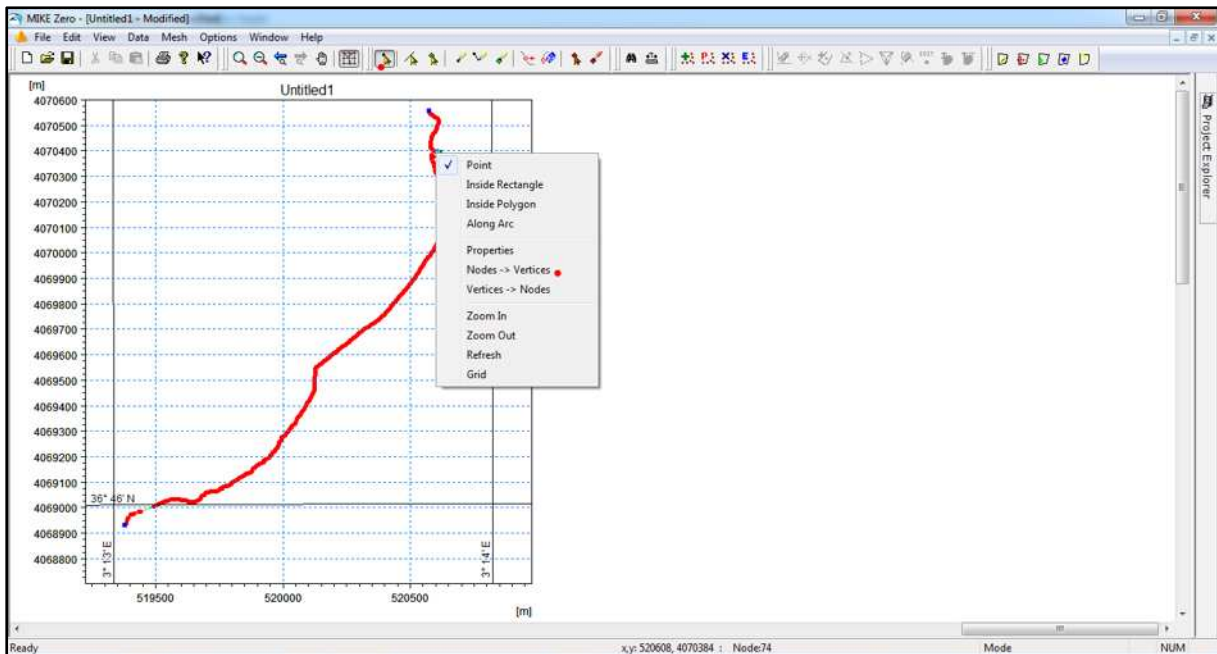


Figure 7 : changer les nodes vars les vertices.

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

Draw arc → ajoute un arc → Insert End Nodes

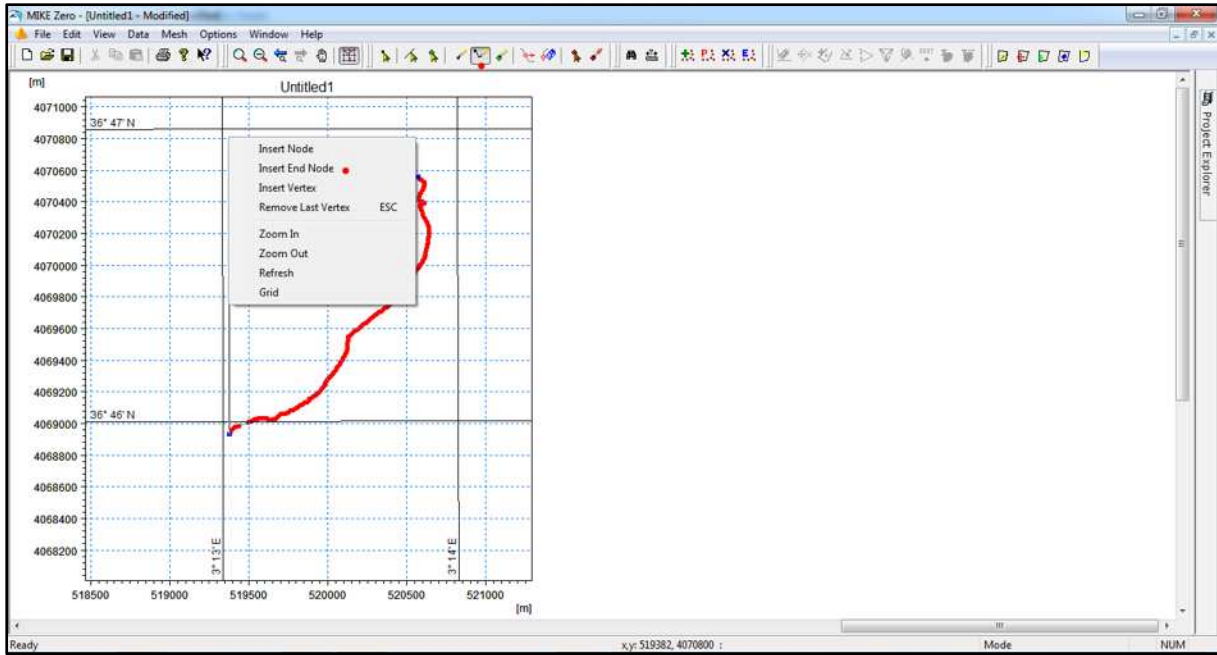


Figure 8: dessiner les arcs.

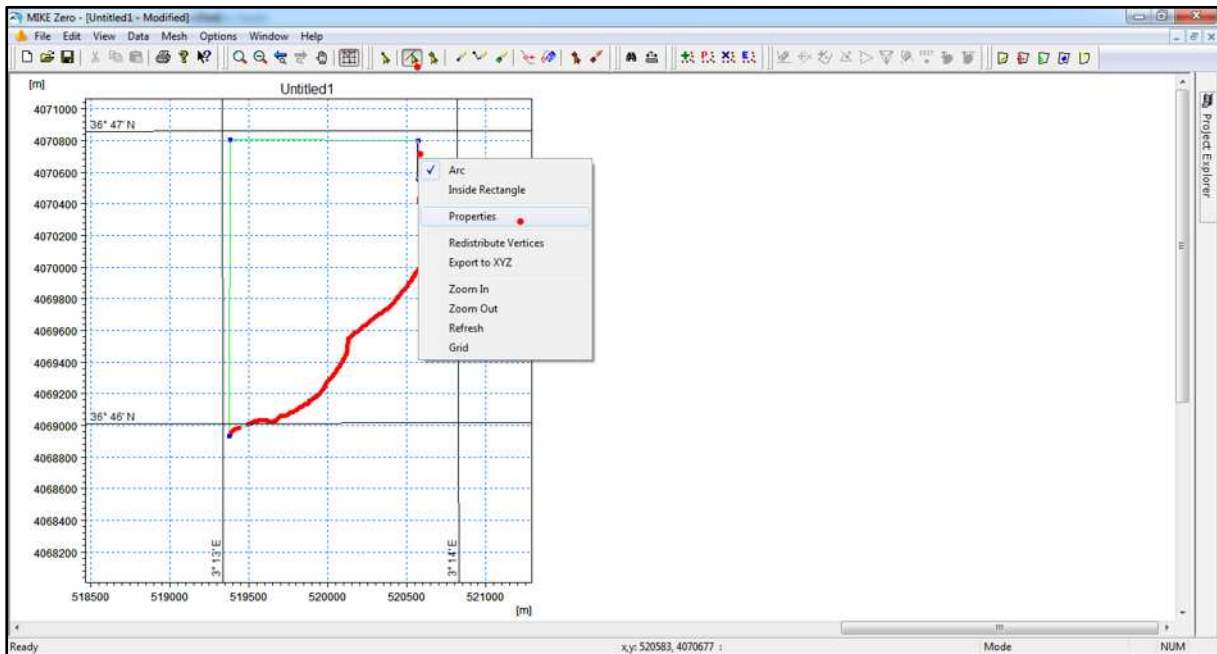


Figure 9: propriété des arcs.

Pour déterminer les frontières marines et terrestres

Sélectionner Arc → Propriétés

0 et 1 pour la terre « land »

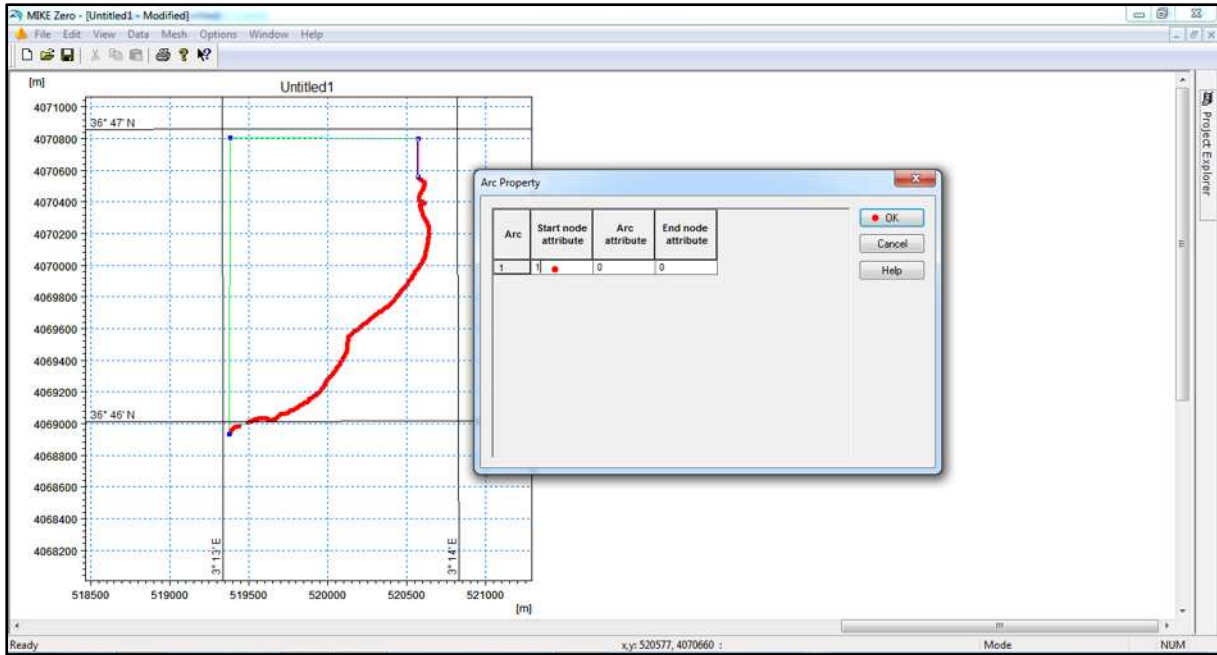


Figure 10: déterminer les frontières marines et terrestres.

Data → manage Scatter Data

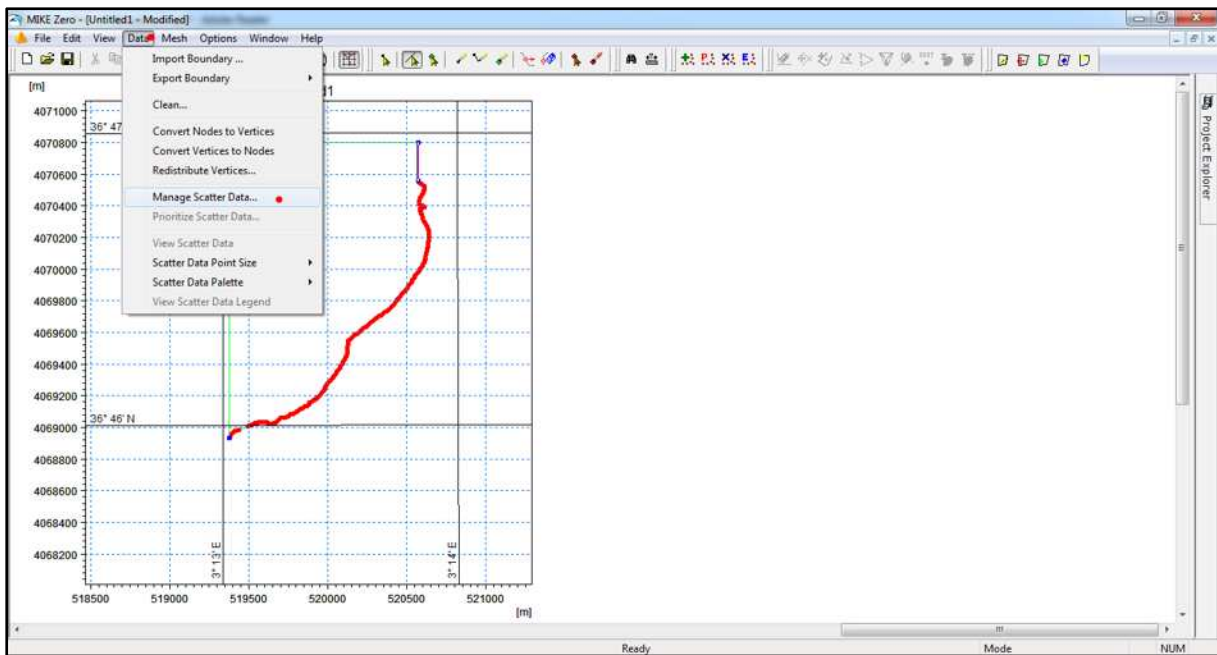


Figure 11: Importer les données xyz.

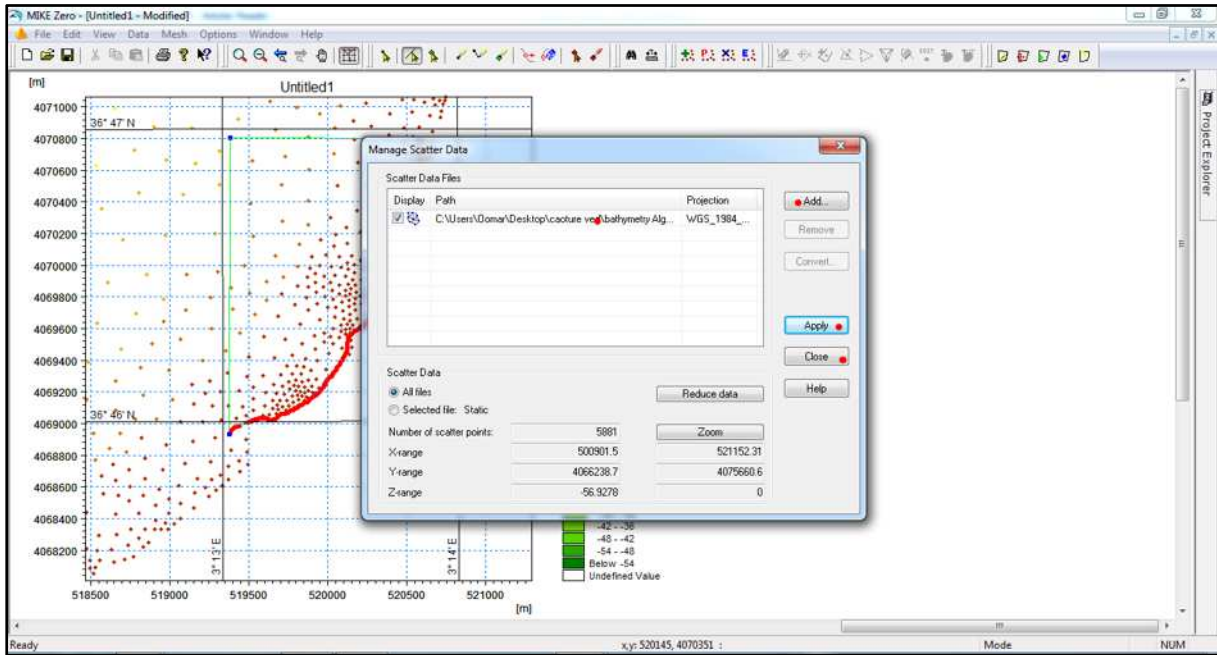


Figure 12: Ajout des données bathymétriques.

Génération maillage

Mesh → Generate Mesh

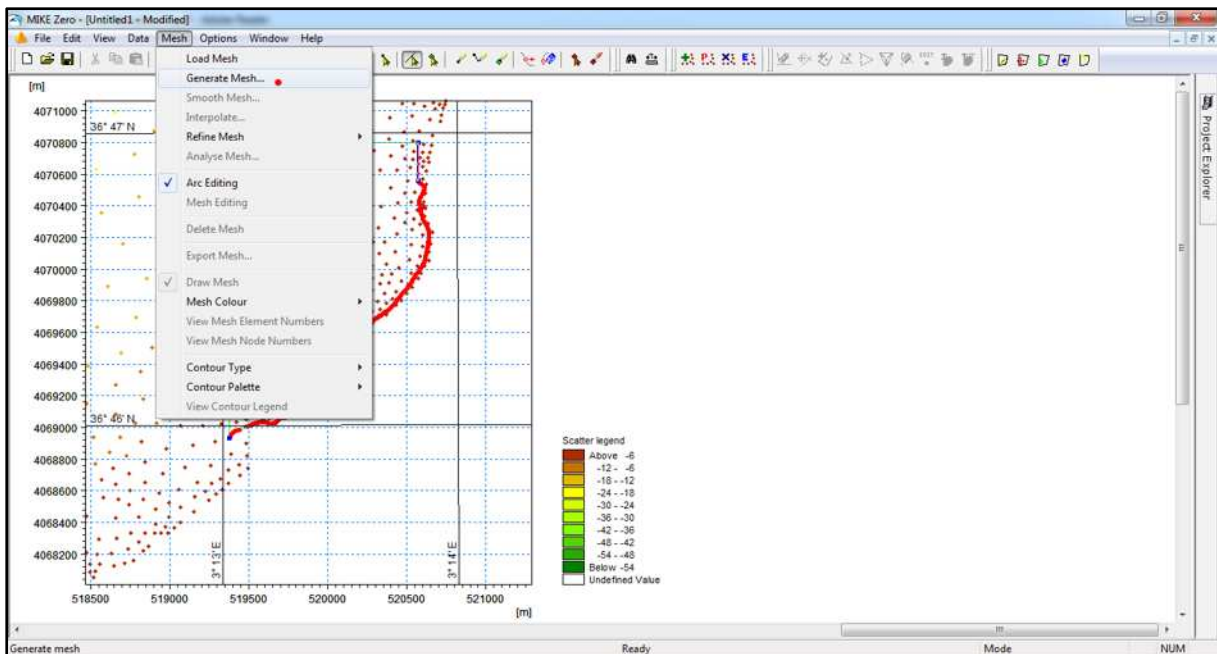


Figure 13: Génération de la Mesh.

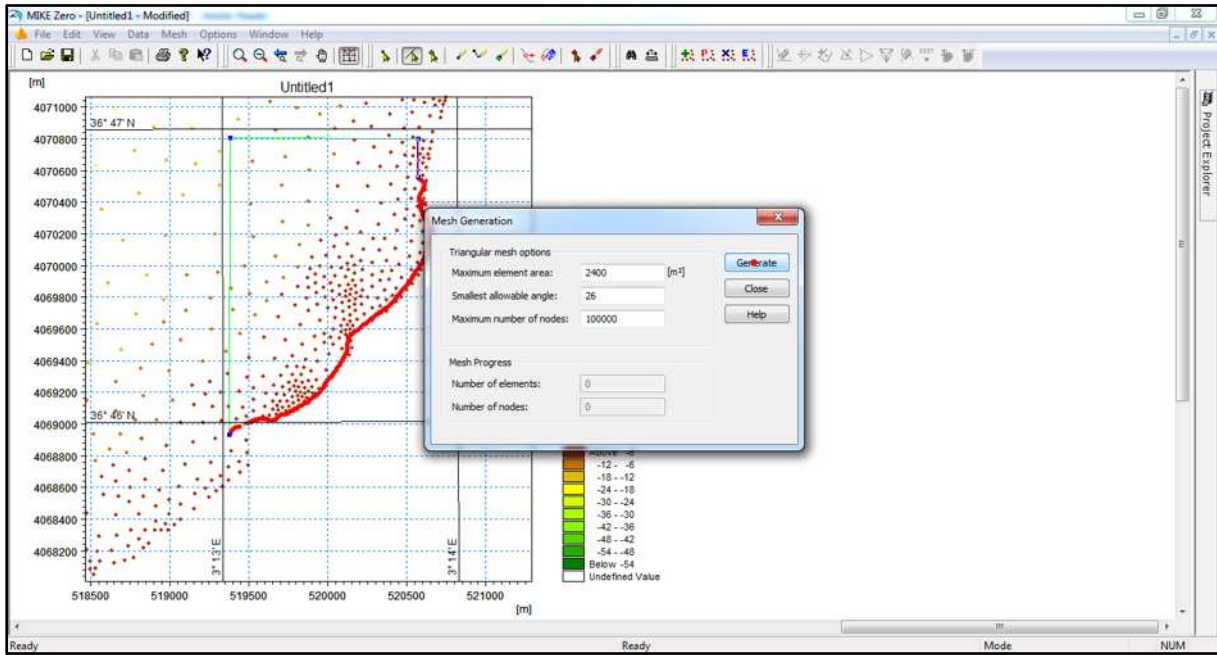


Figure 14: option de la Mesh.

Interpolation

Mesh → Interpolate

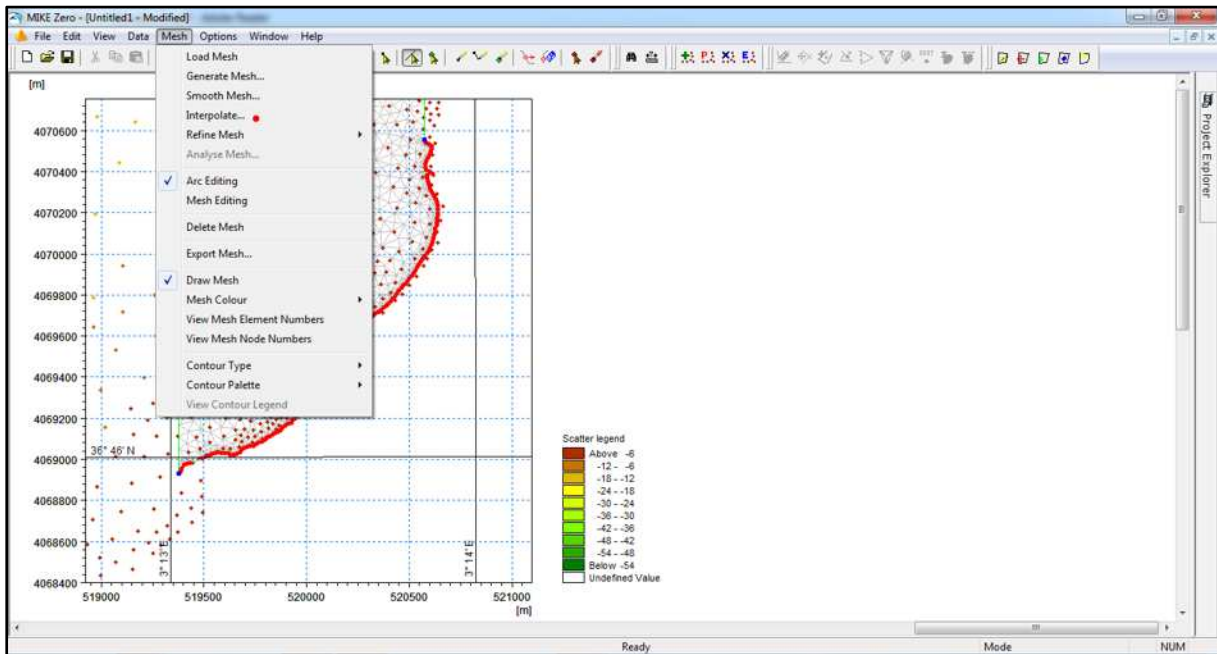


Figure 15: Interpolation de la bathymétrie

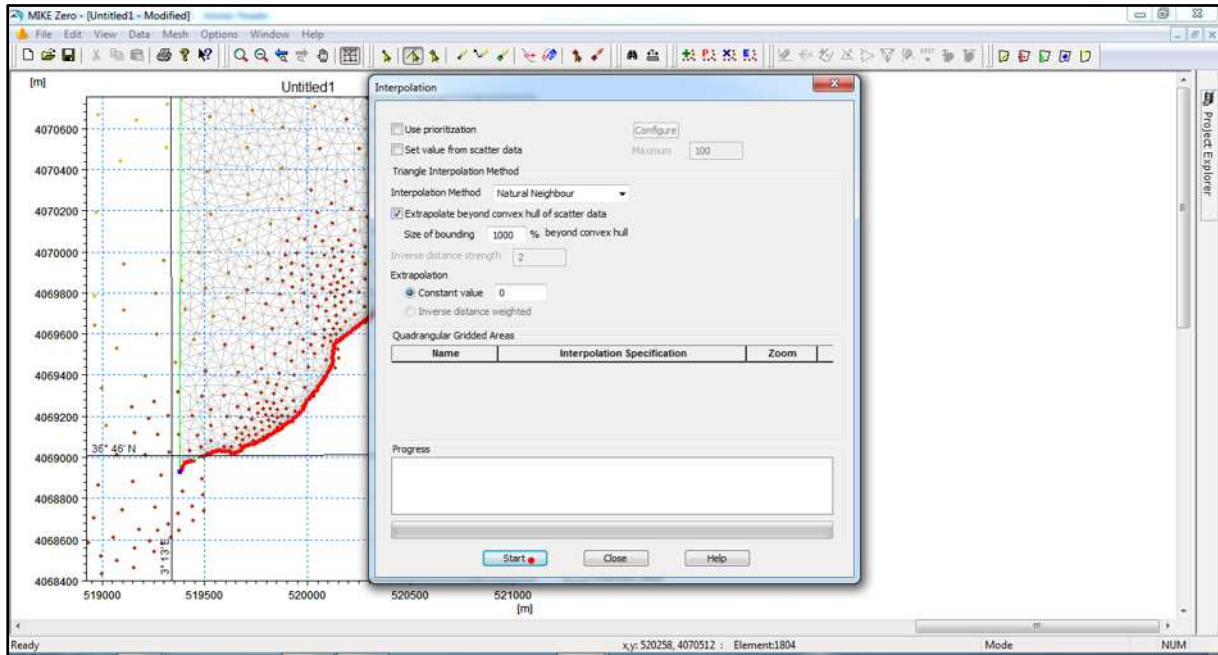


Figure 16: Start Interpolation de la bathymétrie

Exporter de la Mesh

Mesh → export Mesh

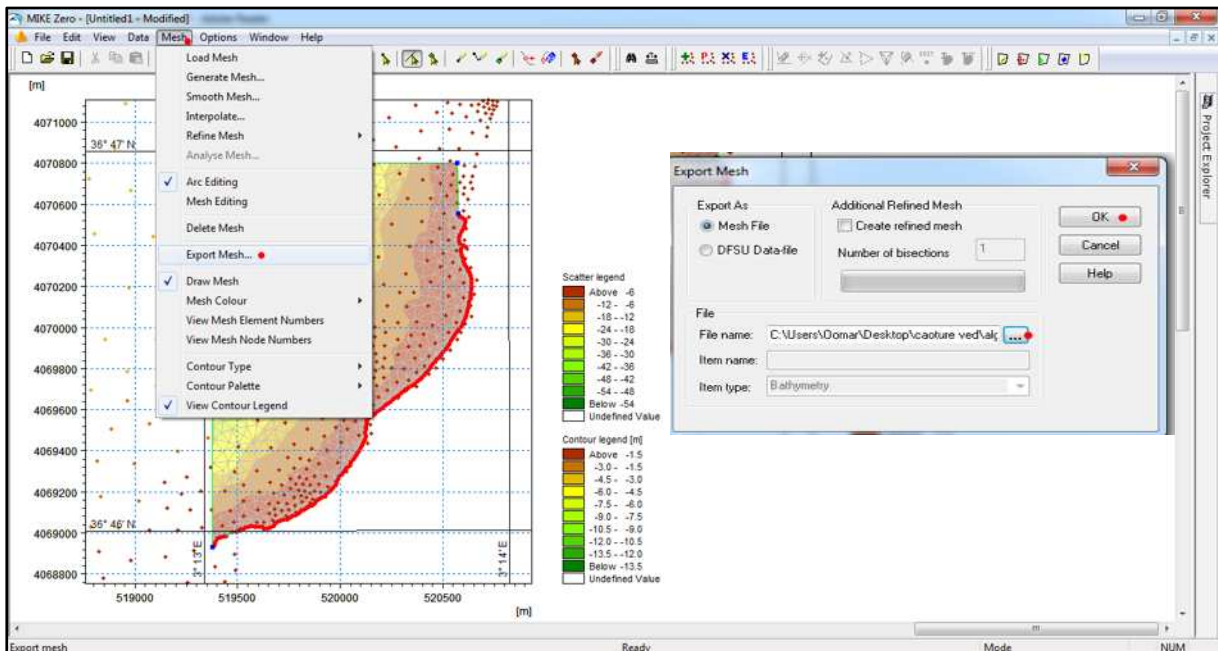


Figure 17: exportation de la Mesh et le nom d'output Mesh.

Résultat du maillage

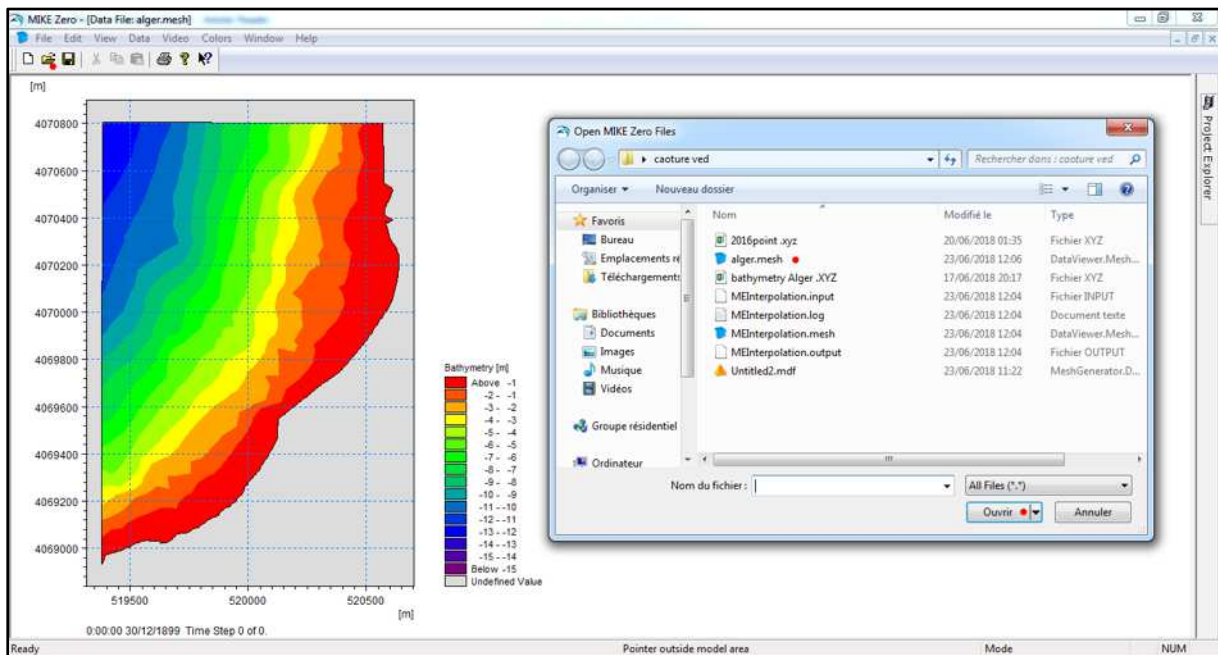


Figure 18: résultat de la bathymétrie.

Préparation des données de vent par Excel :

The figure shows a Microsoft Excel spreadsheet with the following data:

#	Heure locale à Alg	T	Po	P	Pa	U	DD	Ff	#10	#3	N	WW	W1	W2
7	30.05.2018 10:00	21,1	760,3	761,0	0,8	64	Le vent qui souffle de l'ouest-sud-ouest	2			100%			
9	30.05.2018 07:00	20,3	759,5	760,2	0,0	69	Le vent qui souffle du sud	3			90 ou plus, r			
10	30.05.2018 04:00	19,4	759,5	760,2	-0,7	73	Le vent qui souffle du sud	1			Pas de nuage			
11	30.05.2018 01:00	19,9	760,2	760,9	-0,1	74	Calme, pas de vent	0			10% ou moir			
12	29.05.2018 22:00	20,2	760,3	761,0	1,1	69	Calme, pas de vent	0			20-30%			
13	29.05.2018 19:00	22,1	759,2	759,9	-0,4	60	Calme, pas de vent	0			50%			
14	29.05.2018 16:00	23,1	759,6	760,3	-0,6	59	Calme, pas de vent	0			50%			
15	29.05.2018 13:00	23,2	760,2	760,9	0,1	59	Le vent qui souffle du sud-sud-ouest	2			50%			
16	29.05.2018 10:00	20,4	760,1	760,8	0,5	76	Le vent qui souffle du nord-nord-est	3			60%			
17	29.05.2018 07:00	19,7	759,6	760,3	0,0	76	Calme, pas de vent	0			40%			
18	29.05.2018 04:00	19,4	759,6	760,3	-0,3	81	Calme, pas de vent	0			40%			
19	29.05.2018 01:00	19,7	759,9	760,6	0,3	84	Calme, pas de vent	0			40%			
20	28.05.2018 22:00	20,2	759,6	760,3	0,6	84	Le vent qui souffle de l'ouest	2			90 ou plus, r			
21	28.05.2018 19:00	21,2	759,0	759,7	0,3	76	Le vent qui souffle de l'ouest	1			90 ou plus, r			
22	28.05.2018 16:00	22,4	758,7	759,4	-0,6	76	Le vent qui souffle du sud-sud-ouest	2			90 ou plus, r			
23	28.05.2018 13:00	21,1	759,3	760,0	-0,6	82	Le vent qui souffle de l'est	2			70 - 80%	Dans l'ensem	Pluie	Nuages c
24	28.05.2018 10:00	21,1	759,9	760,6	0,5	82	Calme, pas de vent	0			90 ou plus, r	Pluie (ne se c	Pluie	Nuages c
25	28.05.2018 07:00	19,9	759,4	760,1	0,0	88	Calme, pas de vent	0			90 ou plus, r	Pluie, sans c	Orange(s) avec	Pluie.
26	28.05.2018 04:00	19,3	759,4	760,1	-1,2	92	Calme, pas de vent	0			100%	Pluie faible at	Orange(s) avec	Pluie.
27	28.05.2018 01:00	19,1	760,6	761,3	-0,3	95	Calme, pas de vent	0			100%	Pluie faible at	Orange(s) avec	Pluie.
28	27.05.2018 22:00	20,0	760,9	761,6	1,8	89	Calme, pas de vent	0			100%	Pluie faible at	Orange(s) avec	Pluie.

Figure 19: tableau des paramètres climatique.

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
	Heure locale à Alger (port)	DD direction du vent	Ff vitesse du vent (m/s)	RRR précipitations(mm)							
2	30.05.2018 10.00	Le vent qui souffle de l'ouest-sud-ouest	2		1						
3	30.05.2018 07.00	Le vent qui souffle du sud	3	Pas de précipitations	2						
4	30.05.2018 04.00	Le vent qui souffle du sud	1		3						
5	30.05.2018 01.00	Calme, pas de vent	0	Pas de précipitations	4						
6	29.05.2018 22.00	Calme, pas de vent	0		5						
7	29.05.2018 19.00	Calme, pas de vent	0	Pas de précipitations	6						
8	29.05.2018 16.00	Calme, pas de vent	0		7						
9	29.05.2018 13.00	Le vent qui souffle du sud-sud-ouest	2	Pas de précipitations	8						
10	29.05.2018 10.00	Le vent qui souffle du nord-nord-est	3		9						
11	29.05.2018 07.00	Calme, pas de vent	0		10	0,3					
12	29.05.2018 04.00	Calme, pas de vent	0		11						
13	29.05.2018 01.00	Calme, pas de vent	0	Pas de précipitations	12						
14	28.05.2018 22.00	Le vent qui souffle de l'ouest	2		13						
15	28.05.2018 19.00	Le vent qui souffle de l'ouest	1		14	0,3					
16	28.05.2018 16.00	Le vent qui souffle du sud-sud-ouest	2		15						
17	28.05.2018 13.00	Le vent qui souffle de l'est	2		16	0,3					
18	28.05.2018 10.00	Calme, pas de vent	0		17						
19	28.05.2018 07.00	Calme, pas de vent	0		18	15					
20	28.05.2018 04.00	Calme, pas de vent	0		19						
21	28.05.2018 01.00	Calme, pas de vent	0		20	9					
22	27.05.2018 22.00	Calme, pas de vent	0		21						
23	27.05.2018 19.00	Le vent qui souffle du nord	1	Trace de précipitations	22						
24	27.05.2018 16.00	Le vent qui souffle du nord-nord-ouest	4		23						
25	27.05.2018 13.00	Le vent qui souffle du sud-sud-ouest	5	Trace de précipitations	24						
26	27.05.2018 10.00	Le vent qui souffle du sud-ouest	2		25						
27	27.05.2018 07.00	Calme, pas de vent	0		26						
28	27.05.2018 04.00	Calme, pas de vent	0		27						

Figure 20: sélection de l'heur et date, direction et vitesse du vent.

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
	Heure locale à Alger (port)	DD direction du vent	Ff vitesse du vent (m/s)								
31	01.01.2018 04.00	Le vent qui souffle du nord-est	5								
32	01.01.2018 10.00	Le vent qui souffle du nord-nord-est	6								
33	01.01.2018 16.00	Le vent qui souffle du nord-est	6								
34	01.01.2018 22.00	Le vent qui souffle du nord-est	6								
35	01.02.2018 04.00	Le vent qui souffle du nord-nord-est	6								
36	01.02.2018 10.00	Le vent qui souffle du nord-est	6								
37	01.02.2018 16.00	Le vent qui souffle du nord-est	6								
38	01.02.2018 22.00	Le vent qui souffle du nord	1								
39	01.03.2018 04.00	Le vent qui souffle du nord-nord-est	1								
40	01.03.2018 10.00	Le vent qui souffle du nord-est	2								
41	01.03.2018 16.00	Le vent qui souffle du nord-nord-est	2								
42	01.03.2018 22.00	Le vent qui souffle du nord-est	2								
43	07.09.2017 04.00	Le vent qui souffle du nord-nord-est	4								
44	07.09.2017 10.00	Le vent qui souffle du nord-est	2								
45	07.09.2017 16.00	Le vent qui souffle du nord-nord-est	2								

Figure 22: filtration par heure.

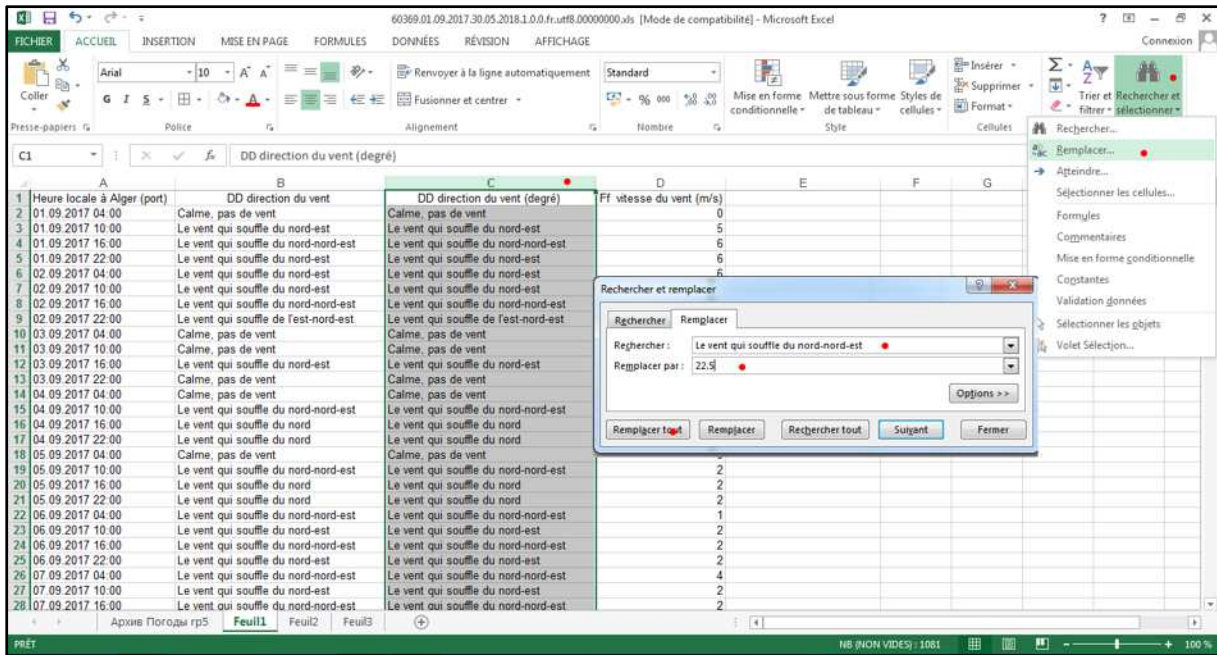


Figure 23: convertir les directions en degré.

Crée une Time Series sur MIKE Zero :

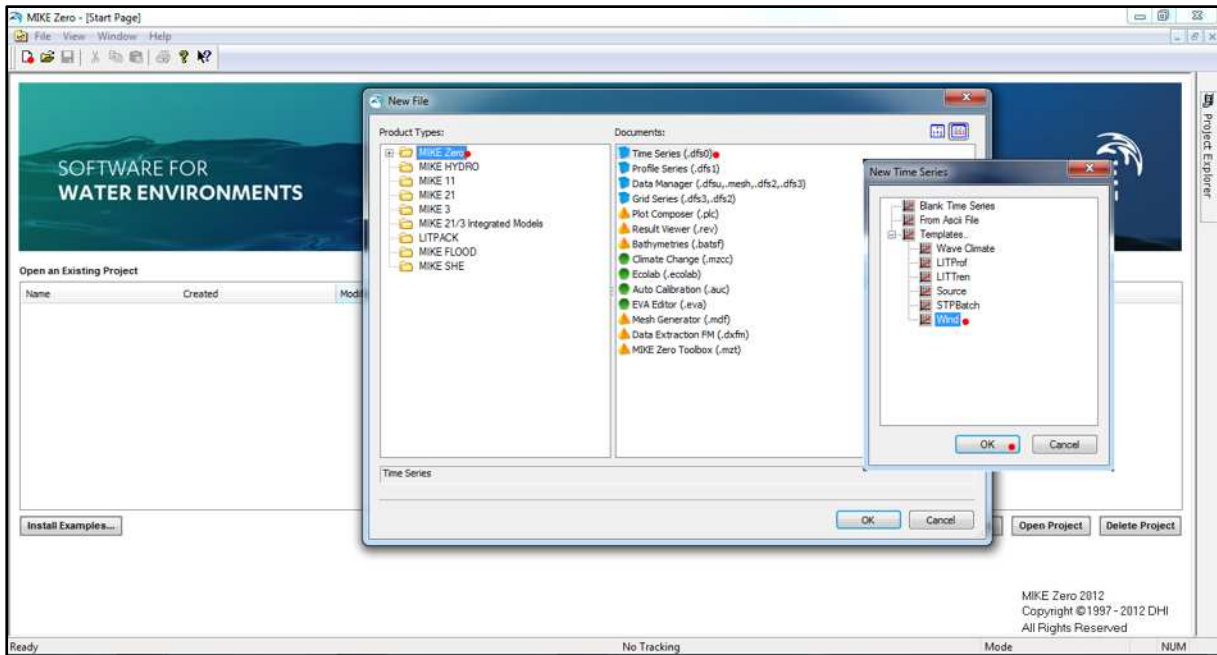


Figure 24: extension Time Series sur MIKE Zero.

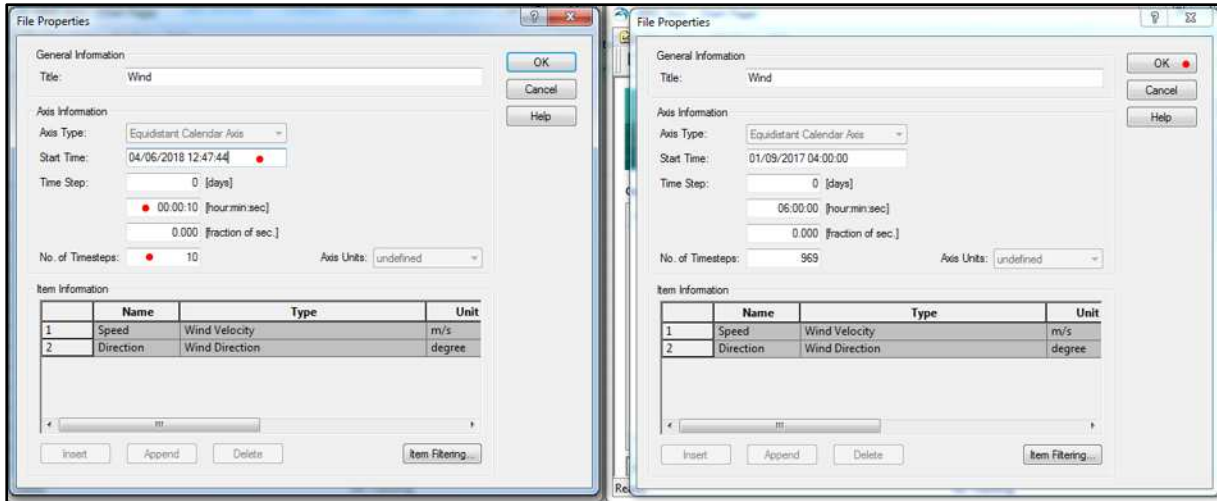


Figure 25: définition des paramètres de temps.

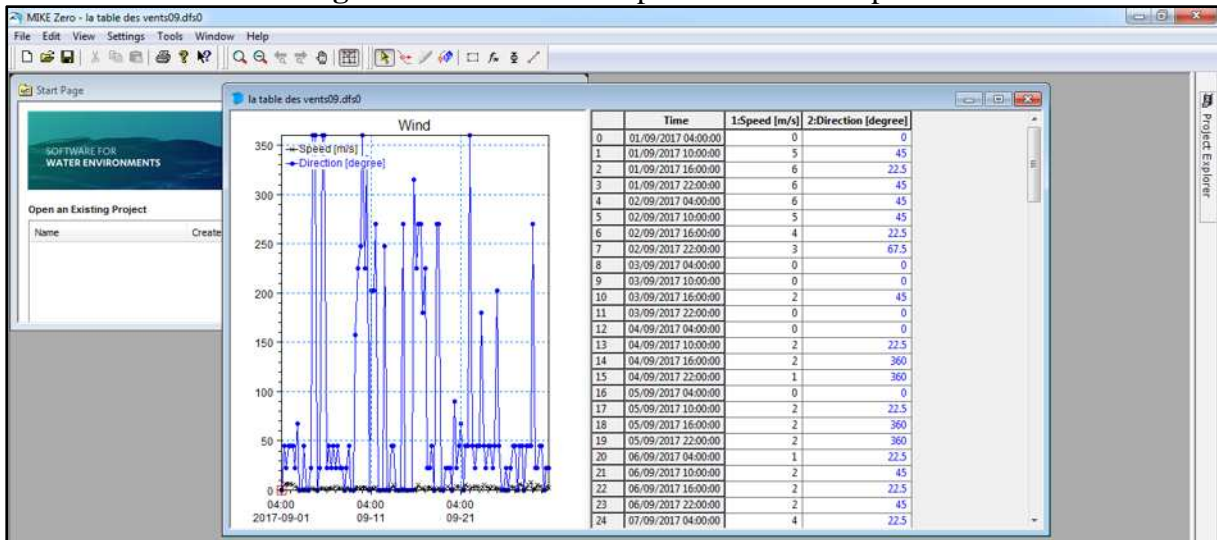


Figure 26: graphe et tableau de vent direction et vitesse.

Crée une table de sédiment par MIKE 21 :

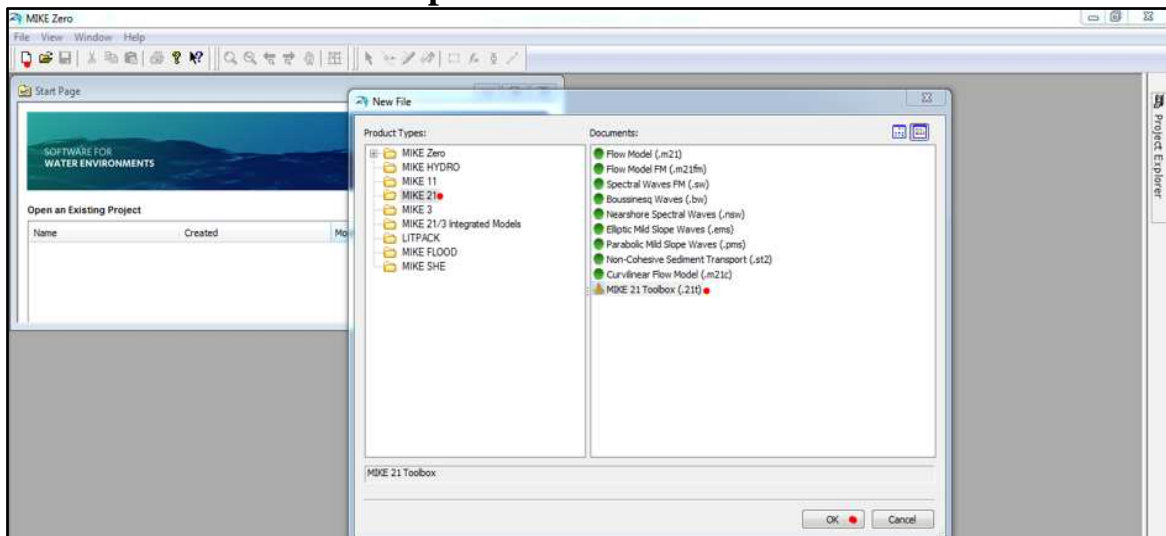


Figure 27: MIKE 21 Toolbox.

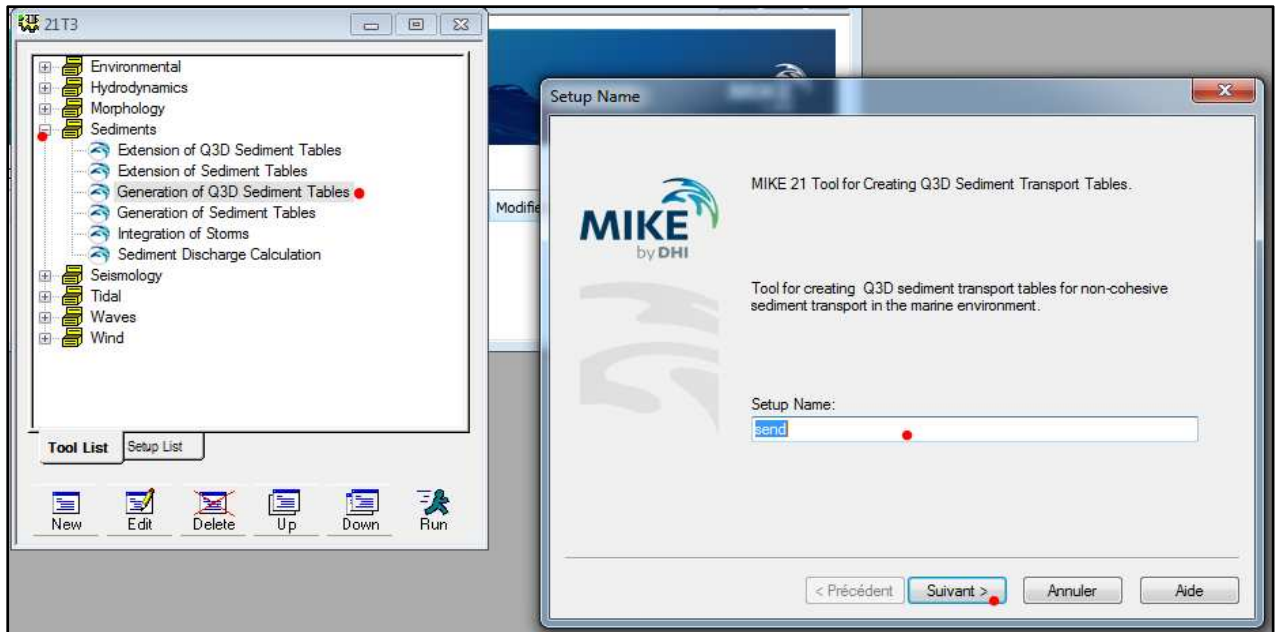


Figure 28: extension Generation of Q3D Sediment Tables.

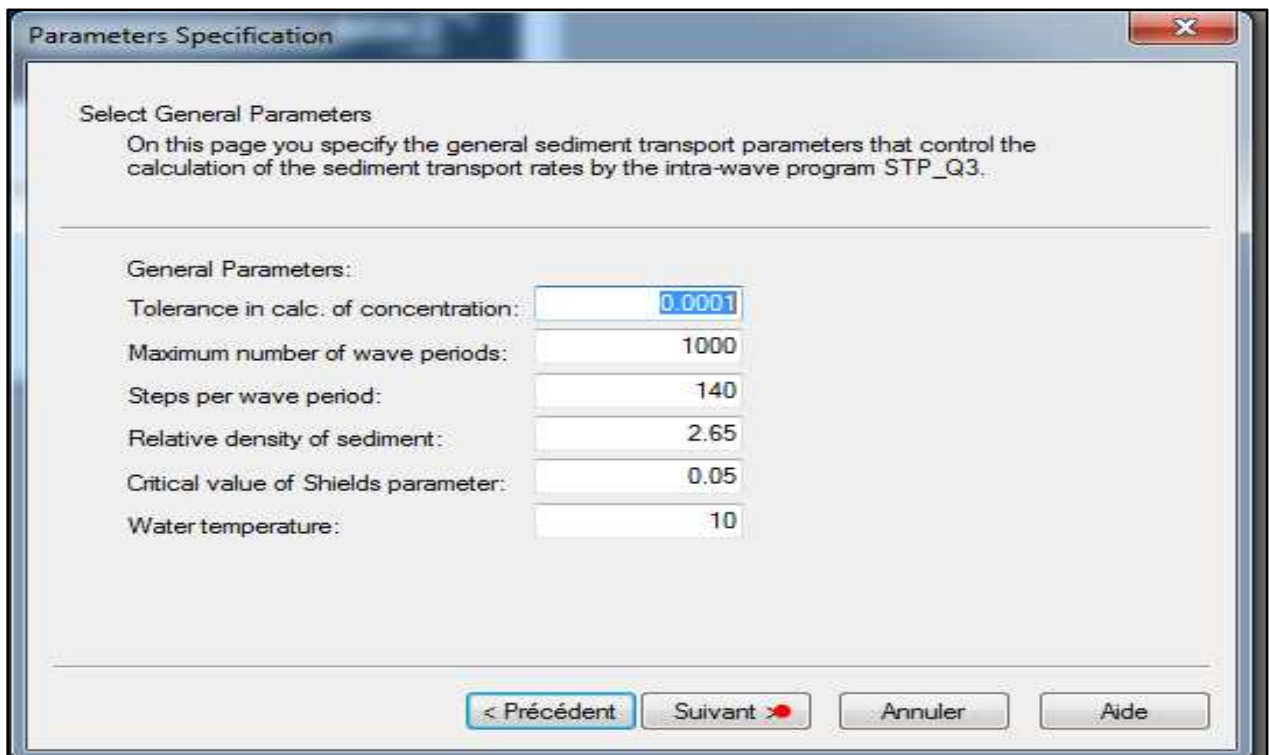


Figure 29: les paramètres généraux pour le transport sédimentaire.

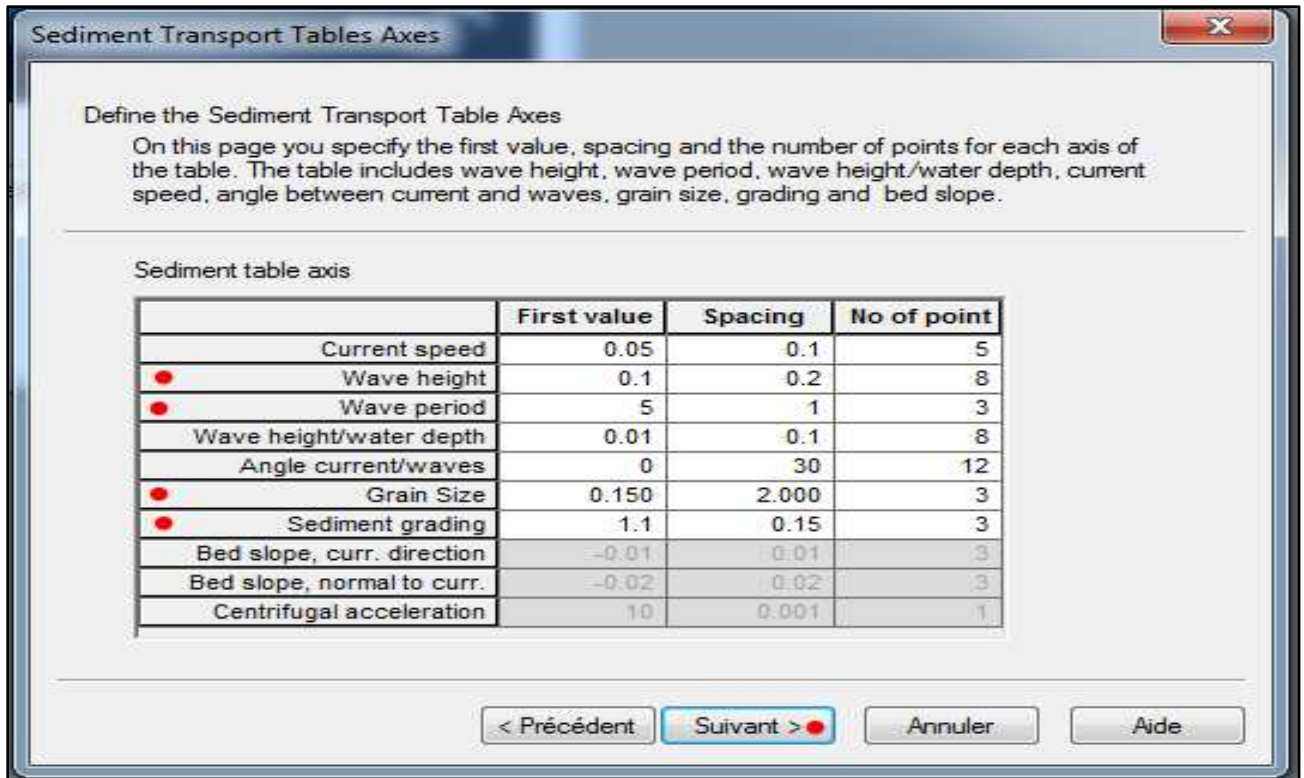


Figure 30: paramètre de sédiment et de la houle.

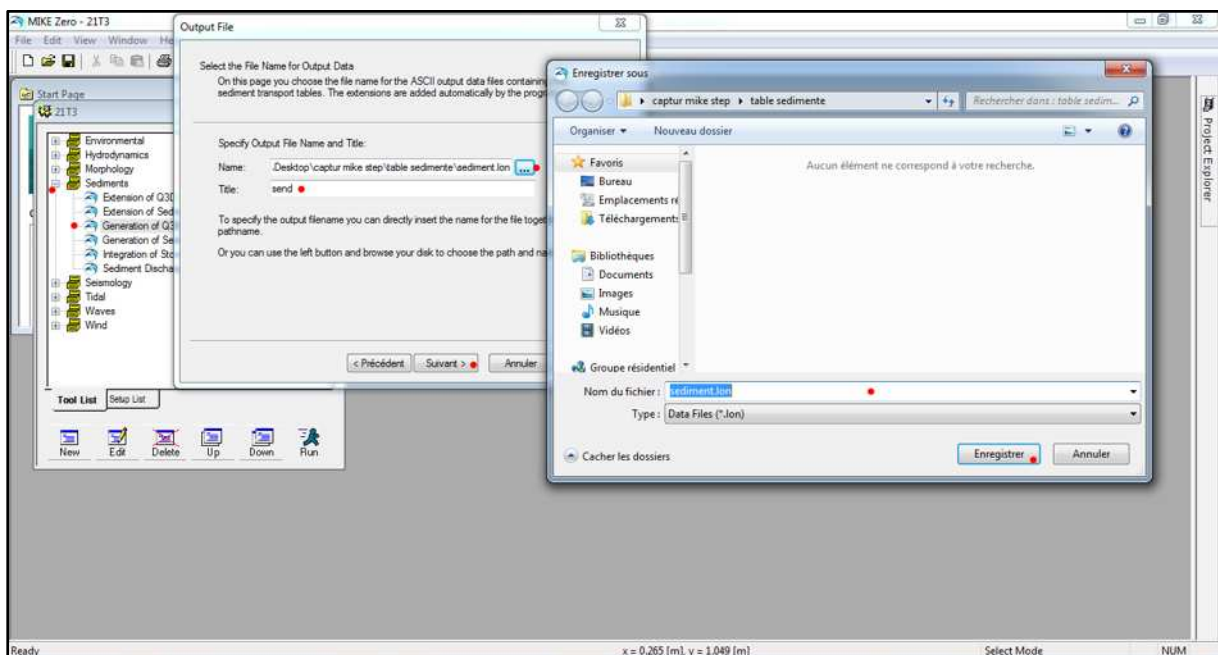


Figure 31: définir l'output de la table des sédiments.

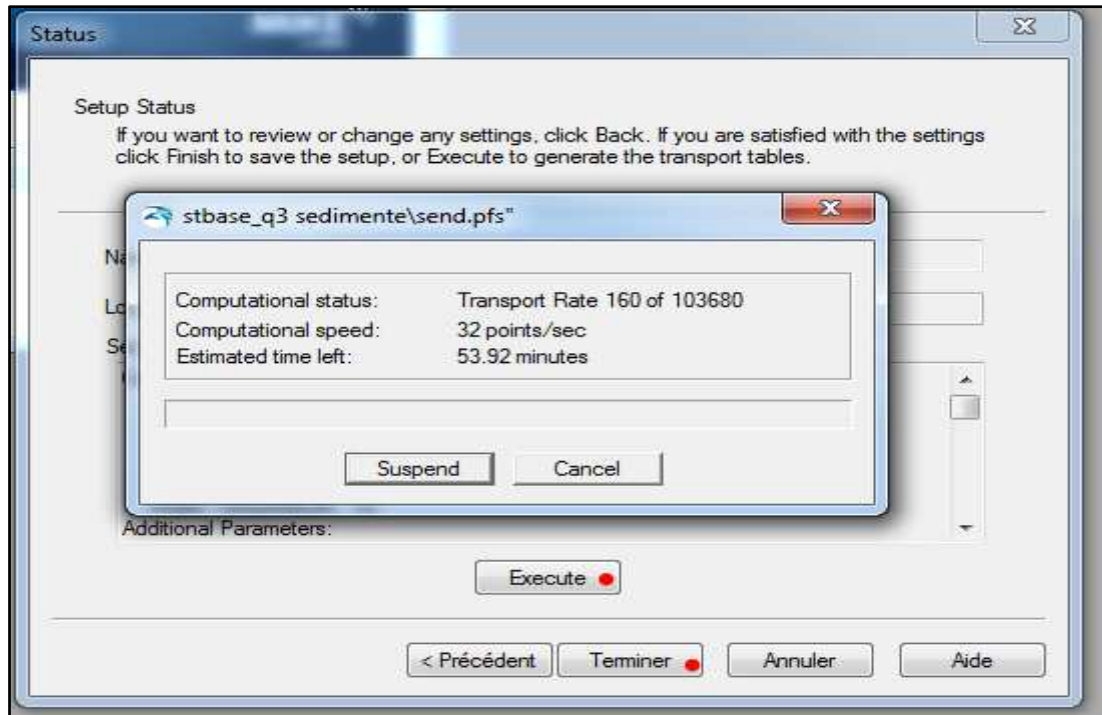


Figure 32: calcule des pointes par station.

Concept du module Mike 21/3 Coupled model FM pour la simulation :

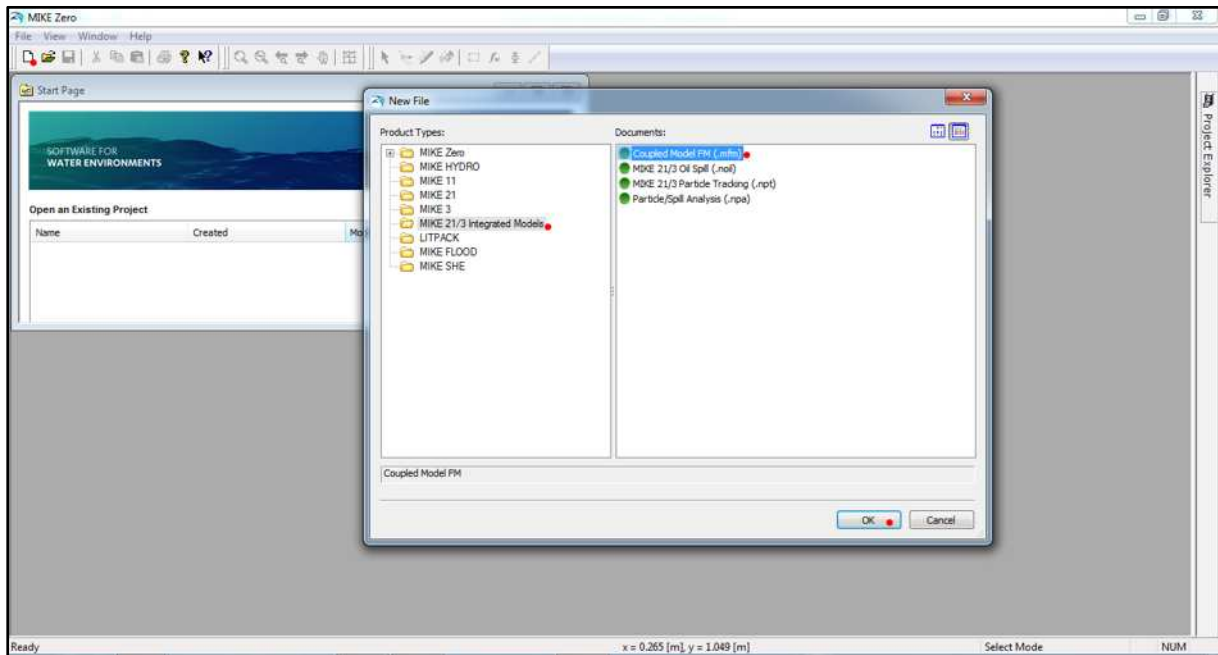


Figure 33: l'extension Coupled Model FM sur MIKE 21.

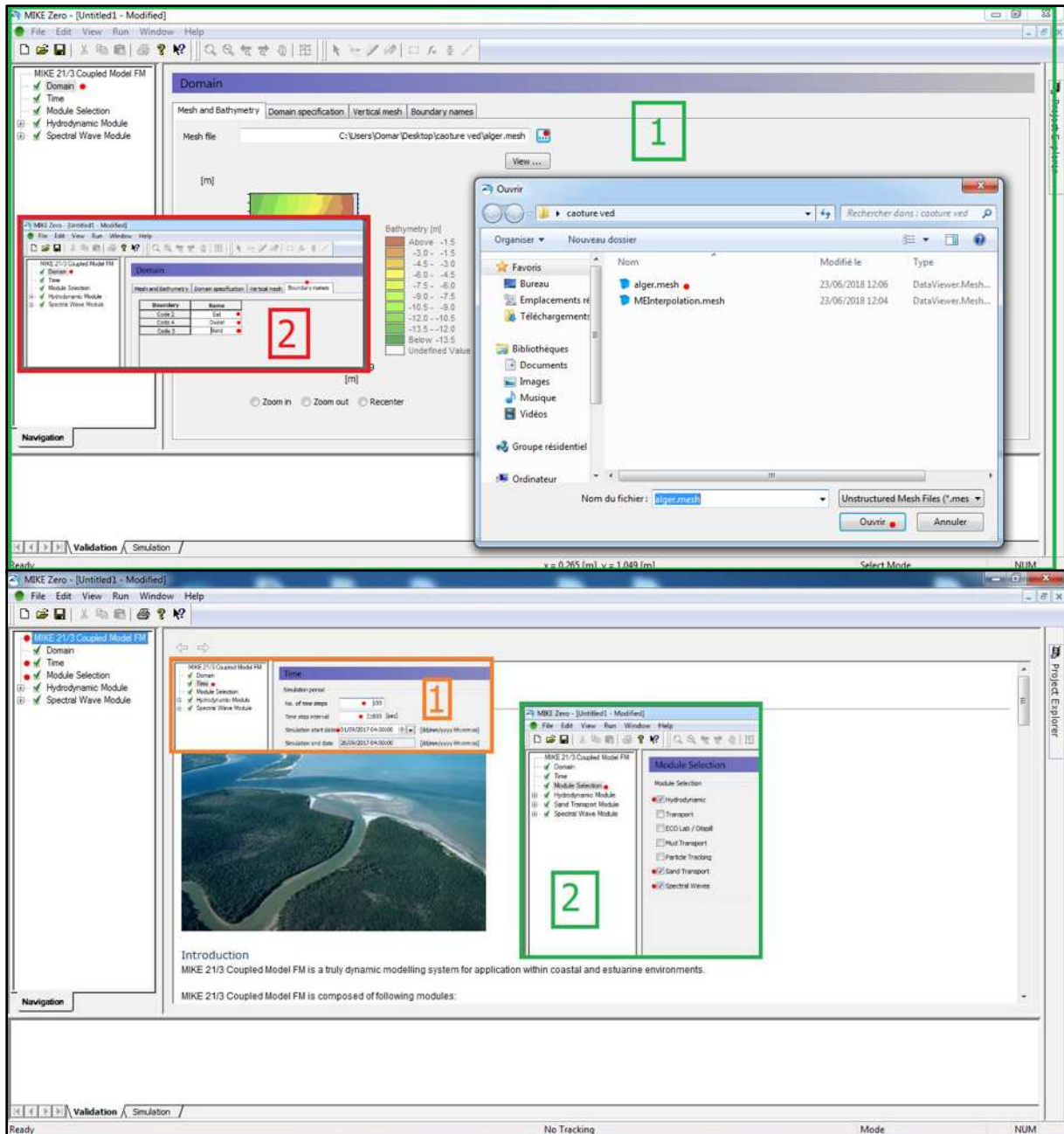


Figure 34: définition de domaine, boundary, temps et sélection les trois model.

The figure displays ten numbered screenshots of the MIKE Zero software interface, illustrating the configuration of hydrodynamic parameters for the HD (Hydrodynamic) module. The screenshots are arranged in a grid-like fashion, showing different panels and their settings.

- 1:** Solution Technique panel, showing options for Higher order and Lower order, and Time integration.
- 2:** Flood and Dry panel, showing options for Include flood and dry, and parameters for Drying depth, Flooding depth, and Wetting depth.
- 3:** Coriolis Forcing panel, showing options for No coriolis forcing and Coriolis type.
- 4:** Wind Forcing panel, showing options for Varying in time, constant in domain, and Format.
- 5:** Precipitation - Evaporation panel, showing options for Specified precipitation, Constant, and Evaporation.
- 6:** Wave Radiation panel, showing options for Wave radation from SW simulation and Type.
- 7:** Est panel, showing options for Specified level, Constant, and Type of vertical profile.
- 8:** Outputs panel, showing a table of output items.
- 9:** HD panel, showing Geographic View, Output specification, and Output items.
- 10:** HD panel, showing Basic variables and Additional variables.

Figure 35: paramètre hydrodynamique HD.

1

2

3

4

5

6

● Par défaut
● à modifier

Figure 36: paramètre de transport sédimentaire ST.

Figure 37 displays nine screenshots of the MIKE 21/3 Coupled Model FM software interface, illustrating various configuration panels for wave propagation parameters. The panels are numbered 1 through 9:

- 1: Solution Technique** (Stationary formulation)
- 2: Water Level Conditions** (Type: Water level variation from HD simulation)
- 3: Current Conditions** (Type: Current variation from HD simulation)
- 4: Wind Forcing** (Type: Wind, speed and direction)
- 5: Est** (Type: Lateral boundary)
- 6: Nord** (Type: Wave parameters (version 1))
- 7: Outputs** (Table showing output for SW)
- 8: SW** (Output specification)
- 9: SW** (Input parameters)

Figure 37: paramètre de propagation de la houle SW.

Les résultats des autres directions :

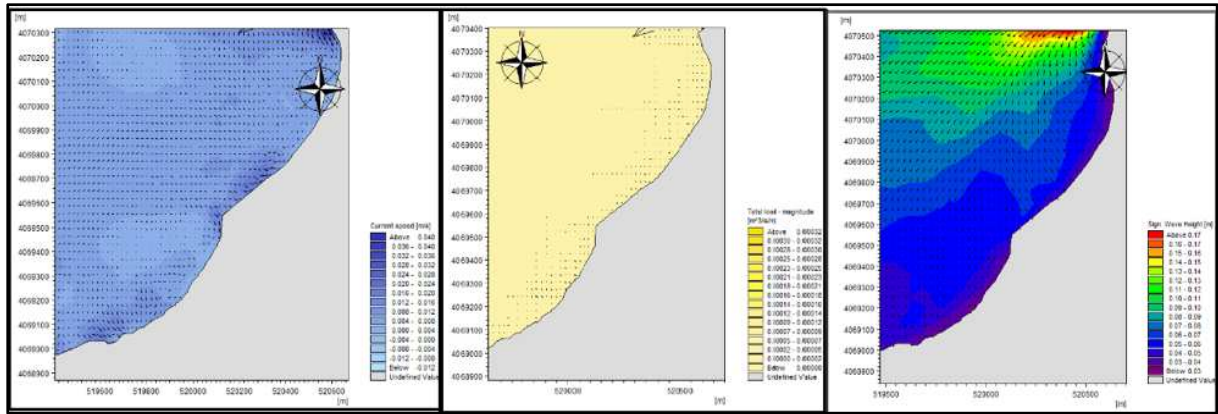


Figure 38 : résultat de la direction Est 90° avec T=6s.

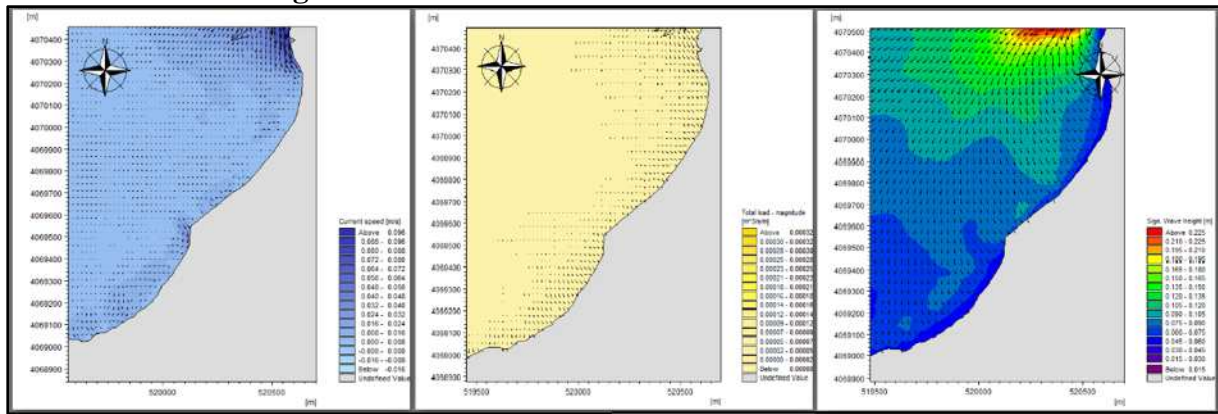


Figure 39: résultat de la direction Est 90° avec T=8s.

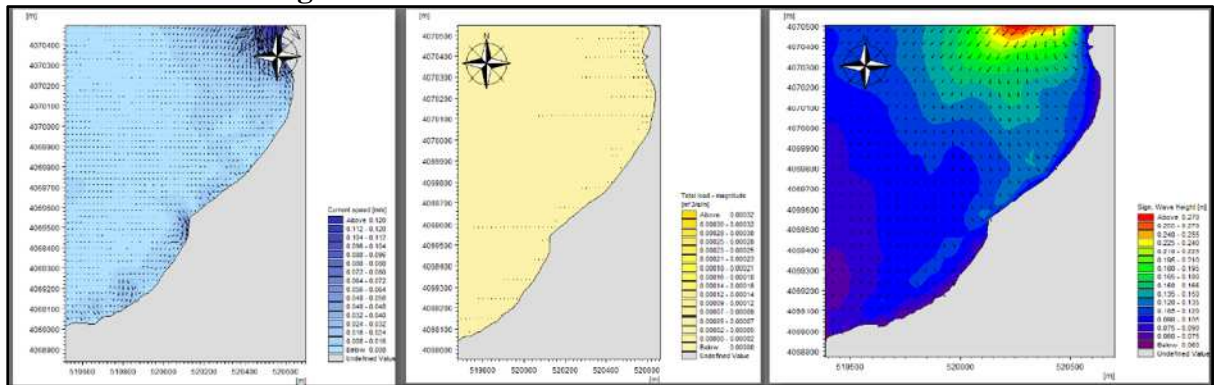


Figure 40: résultat de la direction Est 90° avec T=10s.

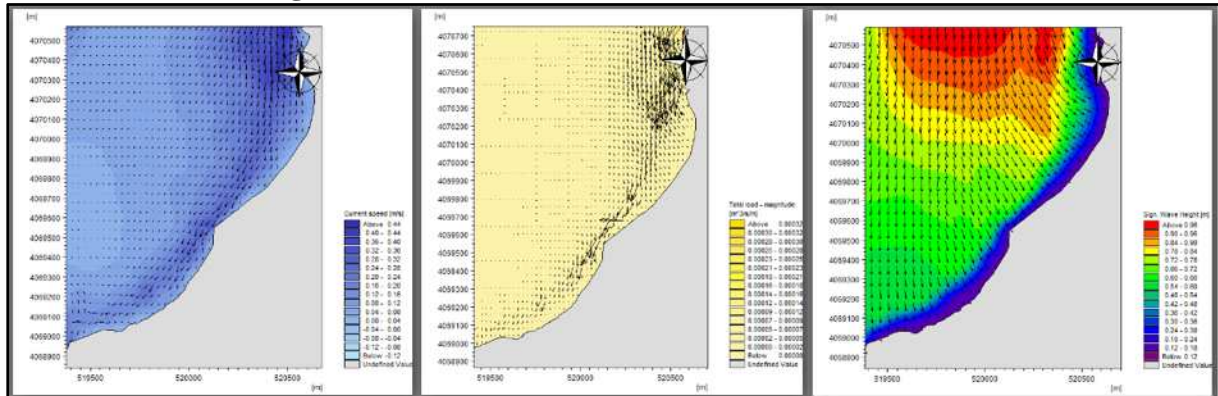


Figure 41: résultat de la direction Nord 360° avec T=6s.

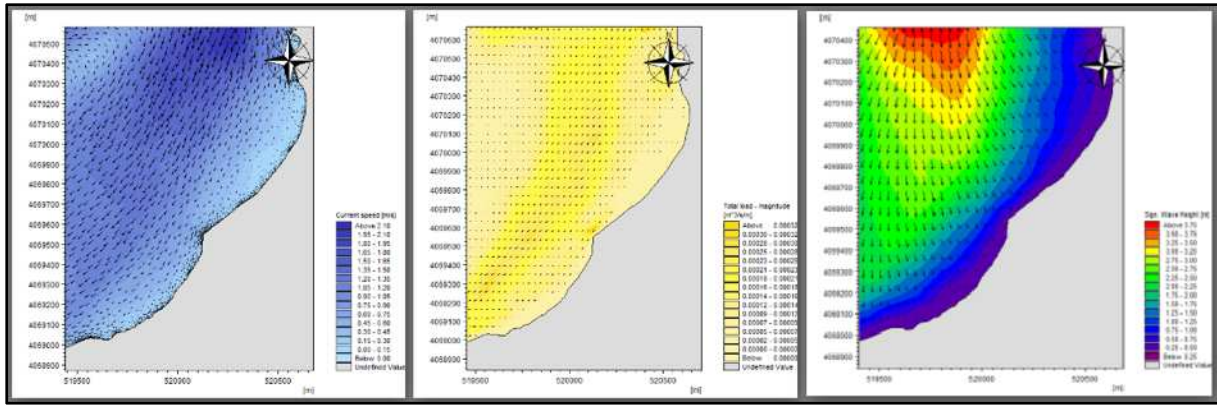


Figure 42: résultat de la direction Nord 360° avec T=10s.

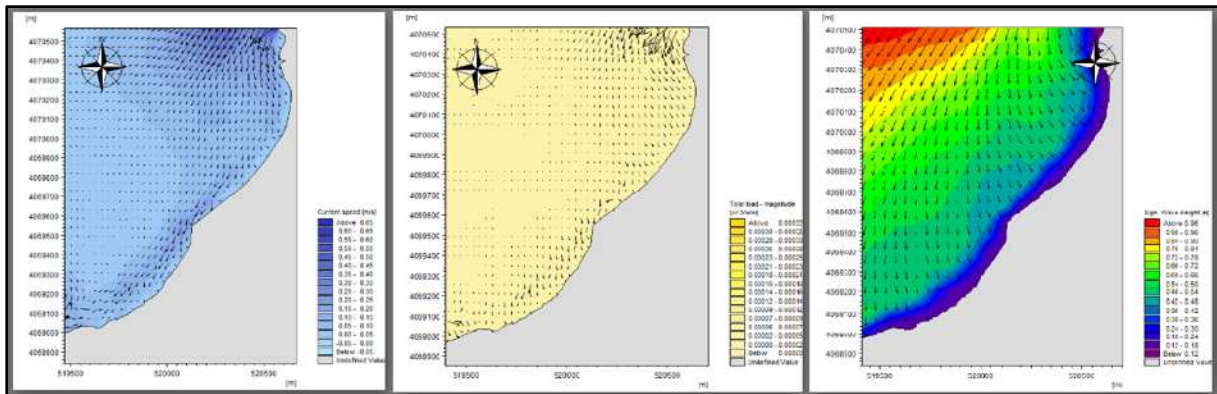


Figure 43: résultat de la direction Nord-Est 45° avec T=6s.

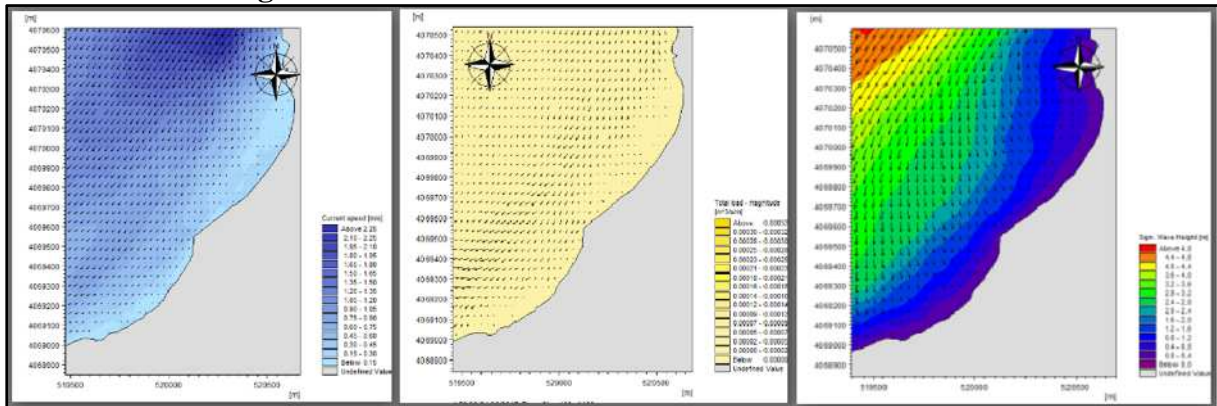


Figure 44: résultat de la direction Nord-Est 45° avec T=10s.

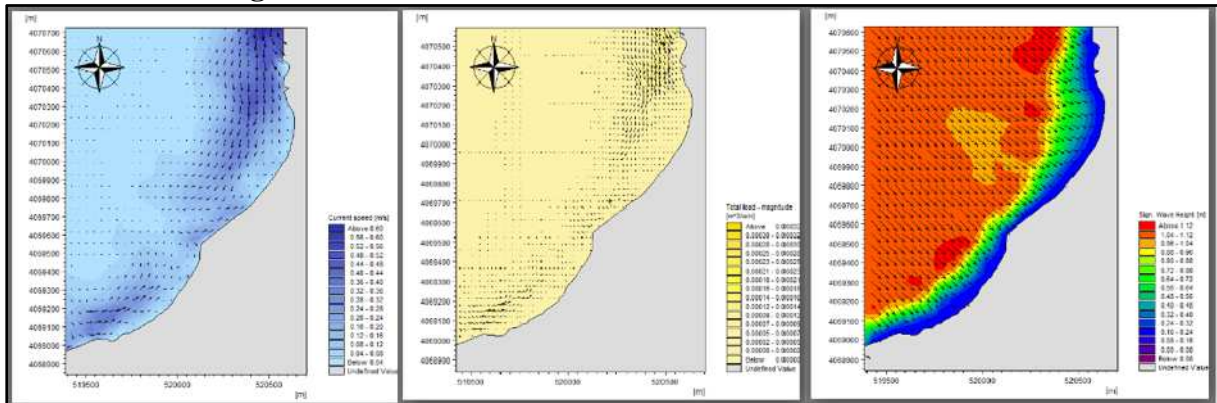


Figure 45: résultat de la direction Nord-Ouest 315° avec T=6s.

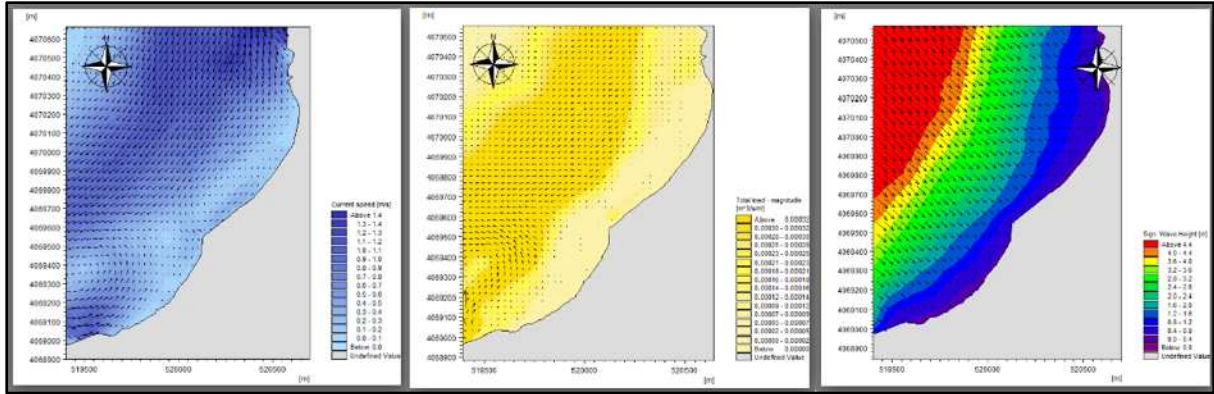


Figure 46: résultat de la direction Nord-Ouest 315° avec T=10s.

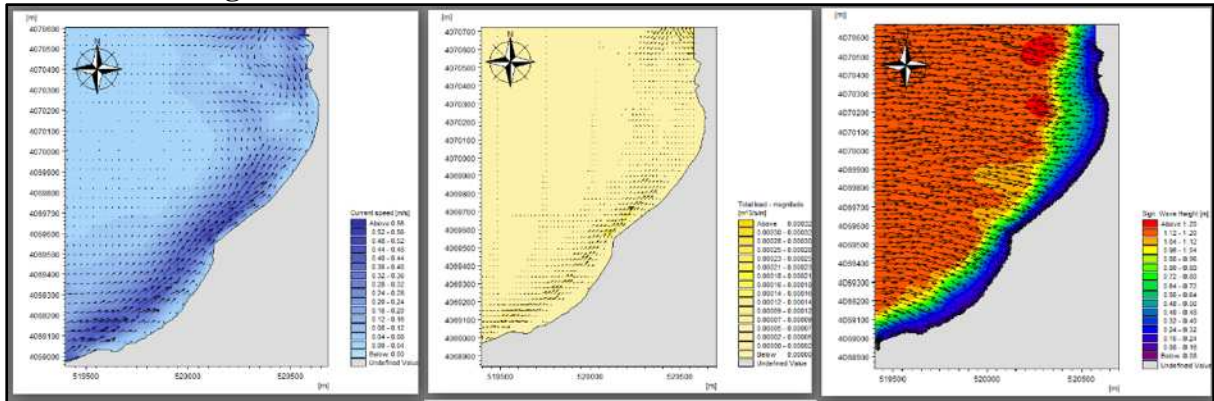


Figure 47: résultat de la direction Ouest 270° avec T=6s.

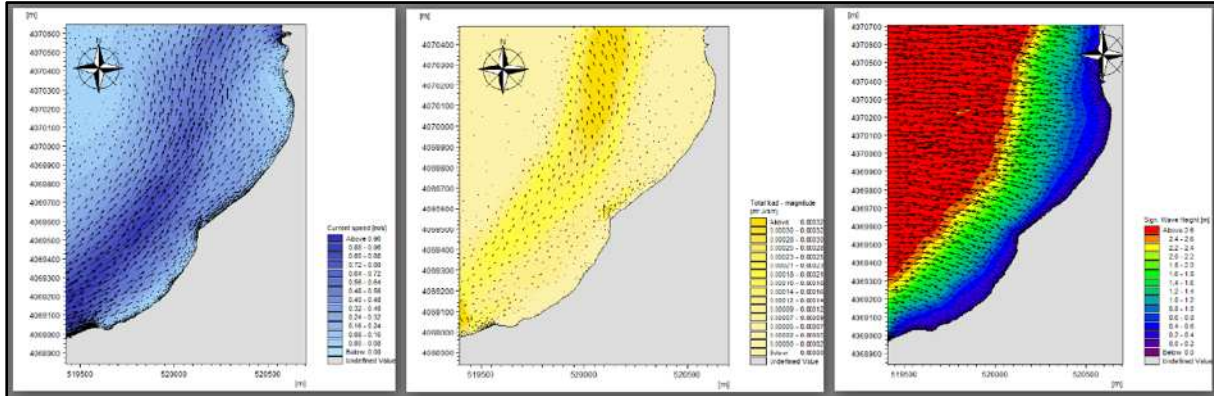


Figure 48: résultat de la direction Ouest 270° avec T=8s.

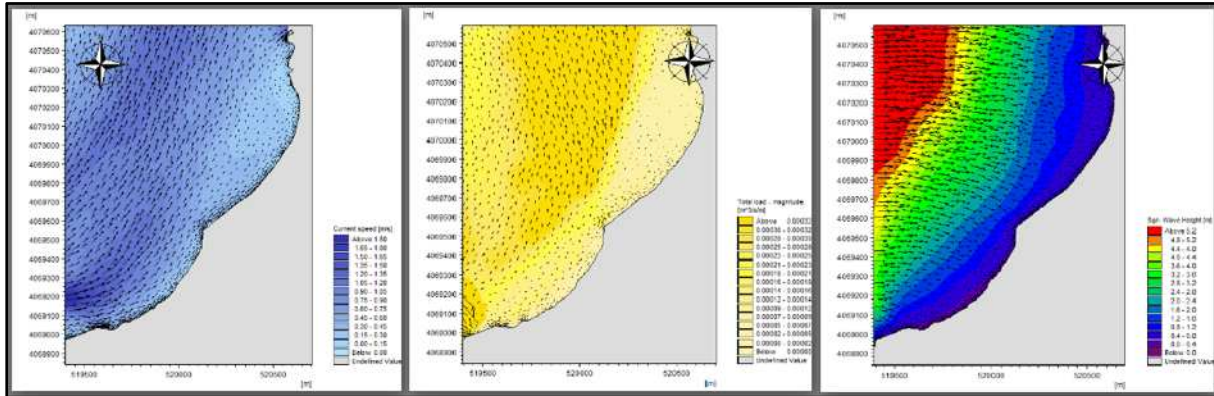


Figure 49: résultat de la direction Ouest 270° avec T=10s.

4. Annexe(IV) :

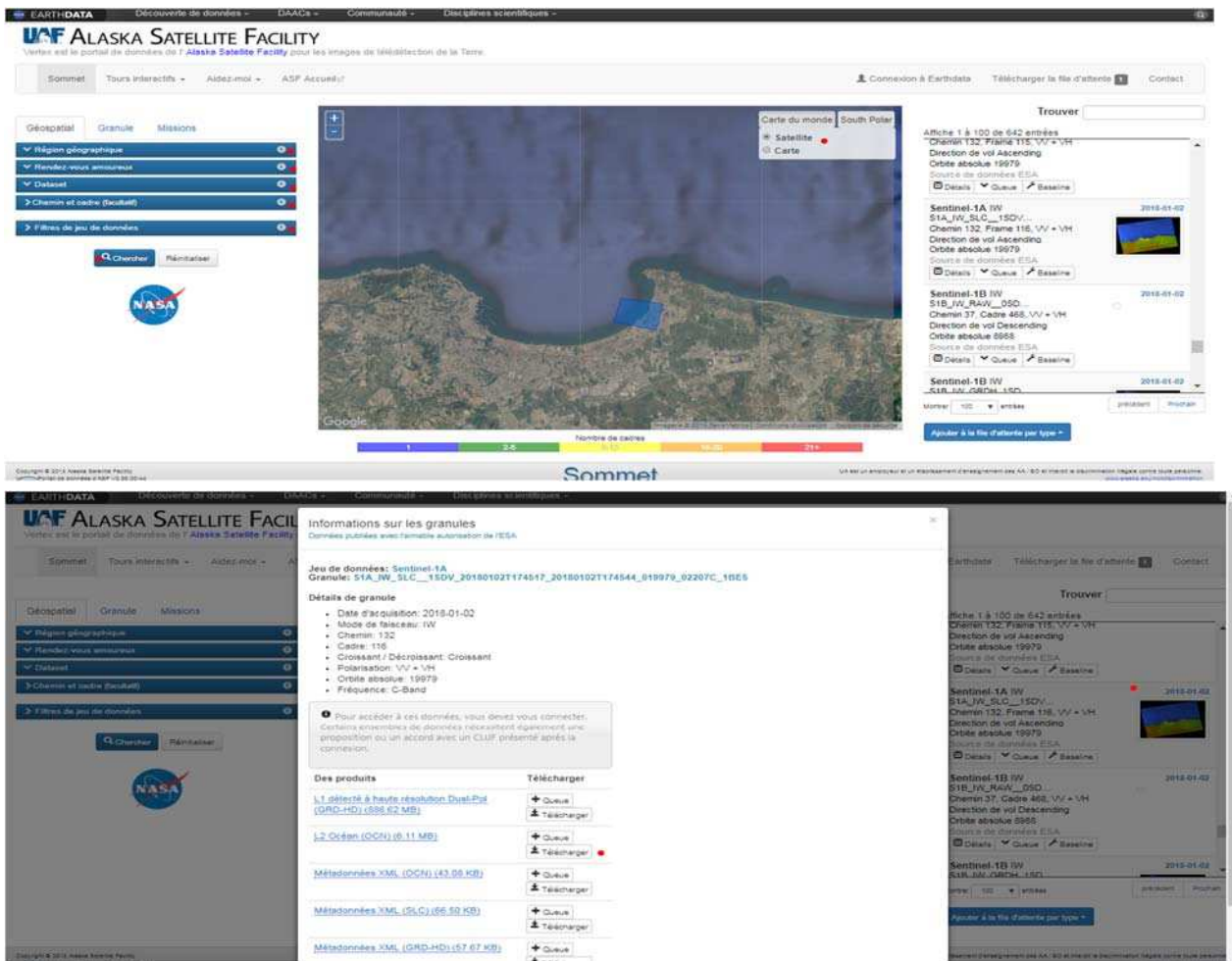


Figure 1 : Les étapes pour télécharger un MNT le site : <https://vertex.daac.asf.alaska.edu/>.

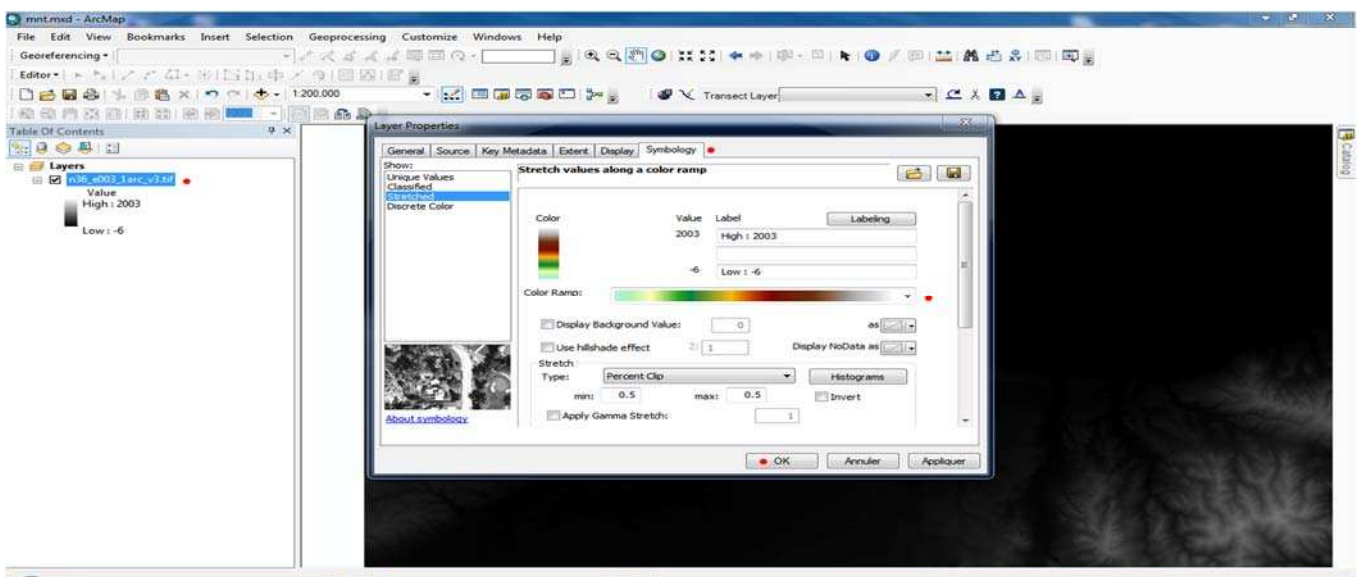


Figure 2 : modifier la' symbology ' de le MNT

Annexes

- Les étapes pour faire la modélisation de phénomène de submersion marine par ArcGIS 10.2 :

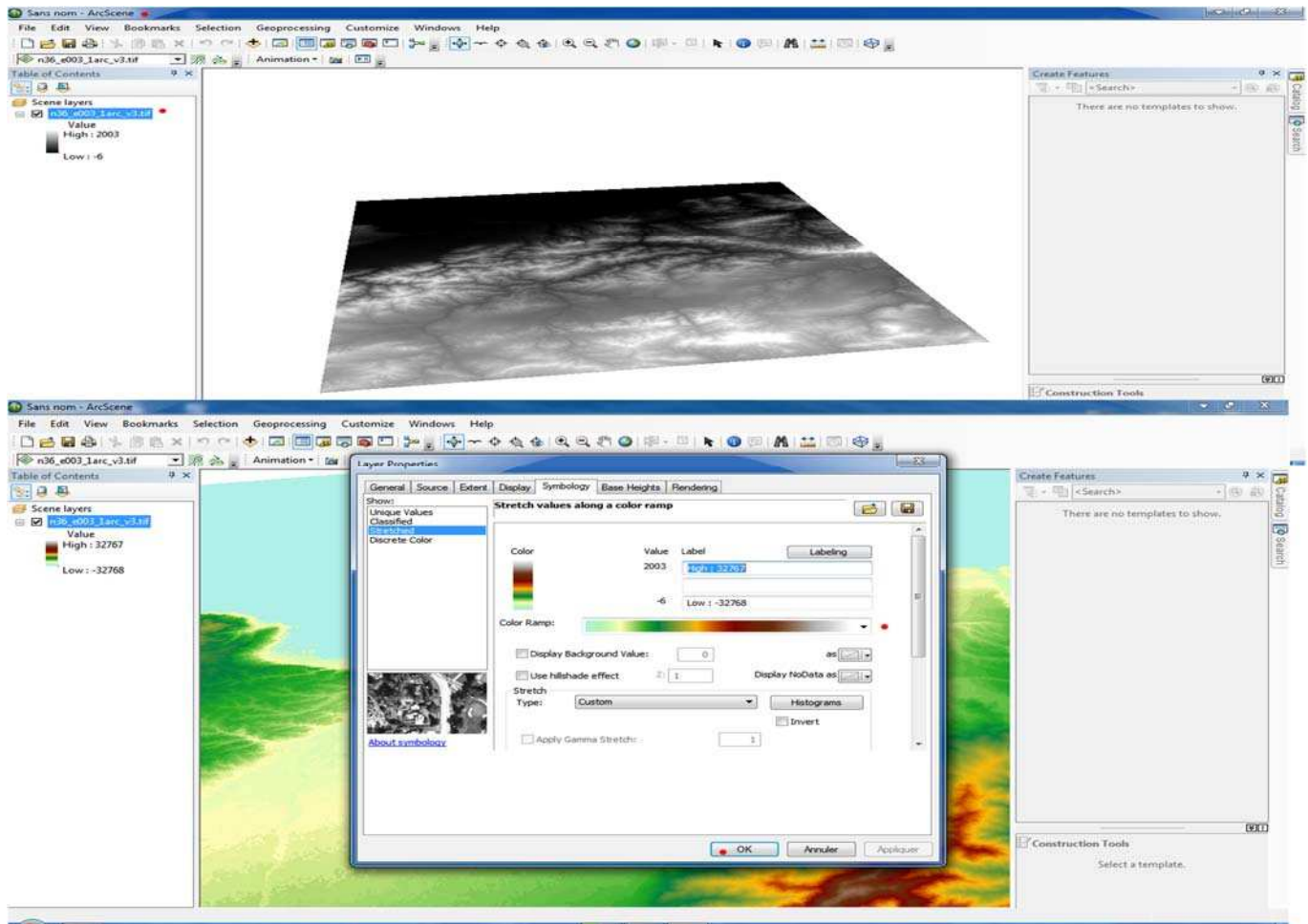


Figure 3 : ouverture de la MNT dans 'ArcScene' et modifie la symbology .

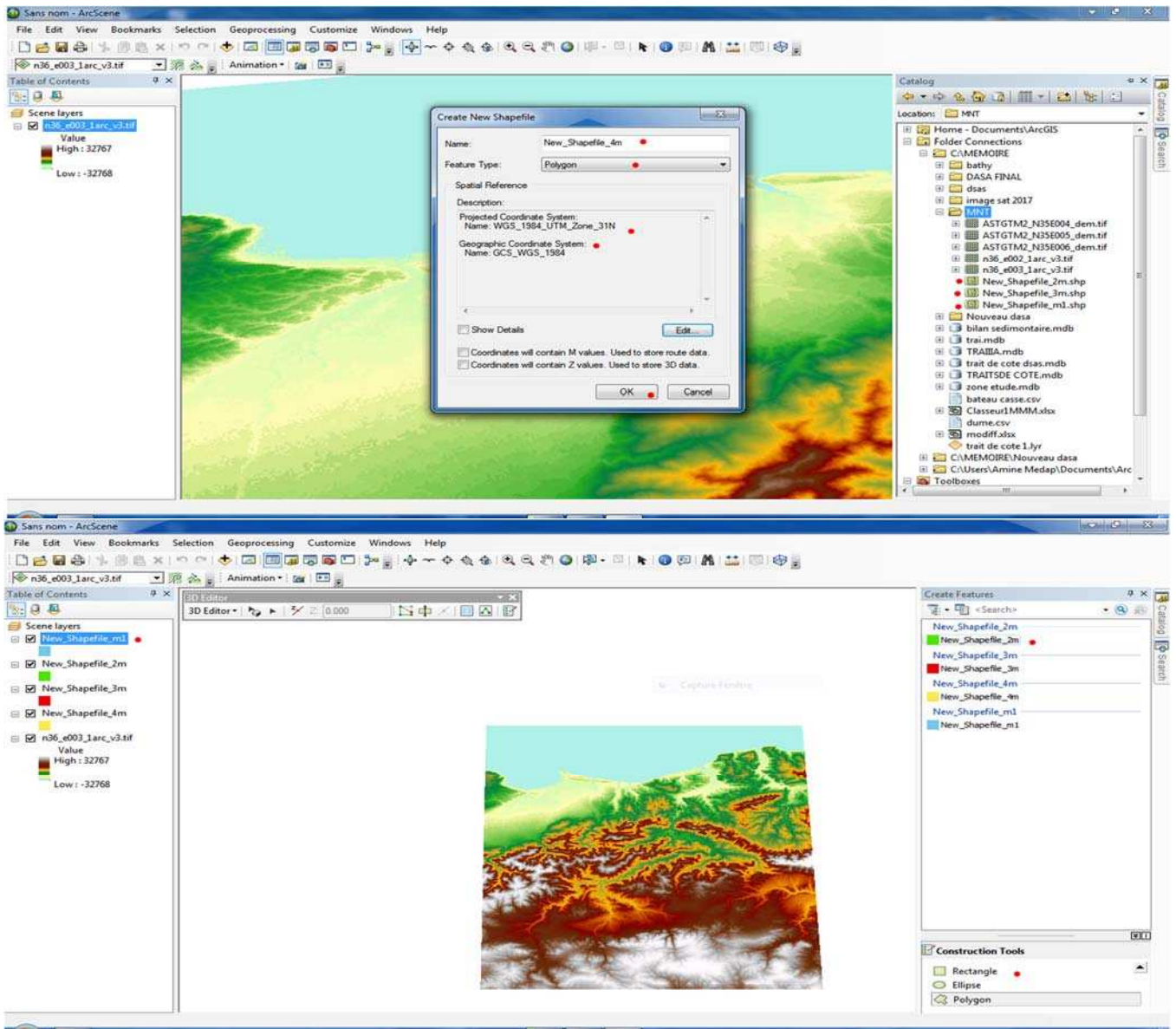


Figure 4 : La création des shapelifes et les digitalises.

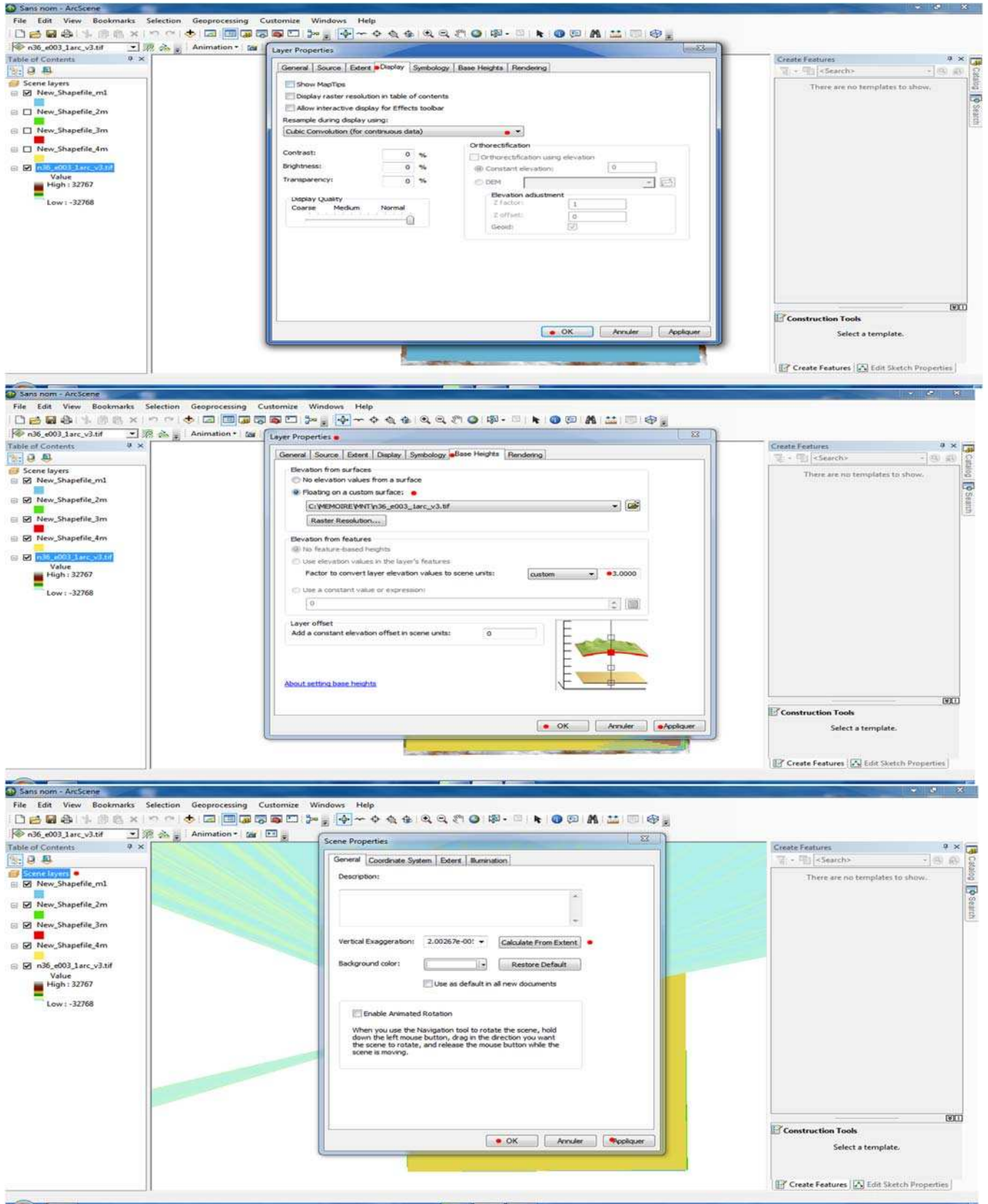


Figure 5: la modification des propriétés des couches.

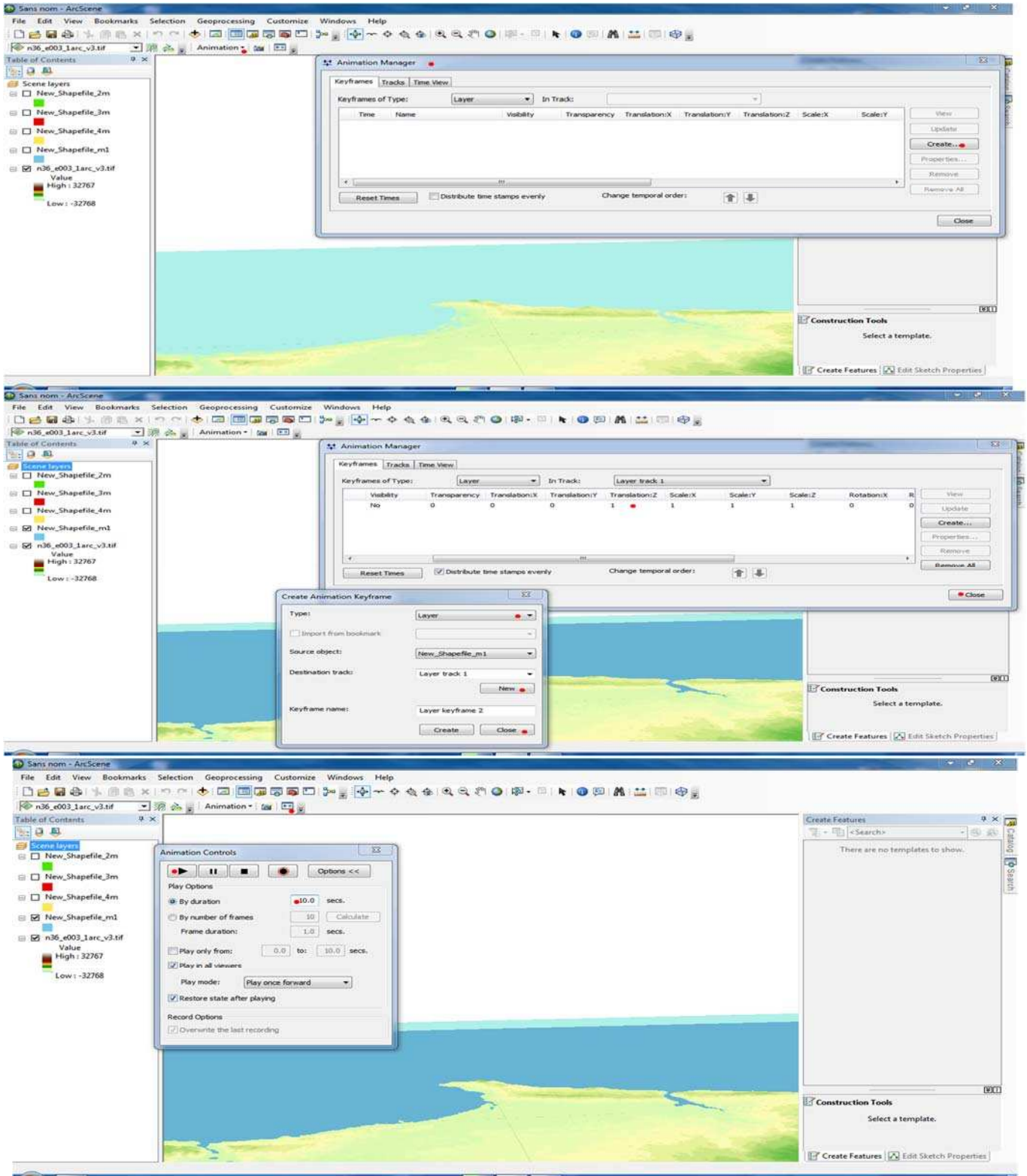


Figure 6 : Définir le niveau de l'élévation de la mer et lancer la simulation.

تأثير ارتفاع مستوى سطح البحر والعواصف على التطور المورفو ديناميكي للمنطقة الشرقية لخليج

الجزائر: محاكاة عددية للعمليات الرسوبية المائية

ملخص :

يخضع الساحل الجزائري لانخفاض كبير في جميع جوانبه البحرية (الغربية والوسطى والشرقية) وهذا ما يقرب من 50% من السواحل. أكثر من 75 % منها الشواطئ الرملية، على مقياس خليج الجزائر. وذلك يعود إلى ارتفاع مستوى سطح البحر والعواصف التي تسبب انجراف رمال الشاطئ. لذلك قمنا بعدة بحوث من أجل فهم هذه الأسباب ووضع حلول من الأجل تقلل من اثارها السلبية.

كلمات مفتاحية: الساحل، الخط الساحلي، ديناميك الرواسب، التطور الساحلي، النمذجة العددية، خليج الجزائر، سطح البحر، العواصف، الرسوبية المائية.

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.

Résumé:

La côte algérienne est fortement sous-développée dans tous ses secteurs maritimes (ouest, centre et est), qui représentent près de 50% du littoral. Plus de 75% d'entre elles sont des plages de sable, sur l'échelle de la baie d'Alger. Ceci est dû à l'élévation du niveau de la mer et aux tempêtes qui causent la dérive de la plage de sable. Par conséquent, nous avons fait plusieurs recherches pour comprendre ces raisons et pour développer des solutions qui réduisent les effets négatifs.

Mots clés: littoral, littoral, dynamique des sédiments, développement côtier, modélisation numérique, baie d'Alger, surface de la mer, tempêtes, sédimentation.

Impact of sea-level rise and storms on the dynamic morphological evolution of the eastern region of the sea of Algiers: numerical simulation of hydro-sedimentary processes.

Summary:

The Algerian coast is highly underdeveloped in all its maritime sectors (west, center and east), which represent nearly 50% of the coastline. More than 75% of them are sandy beaches, on the scale of the Bay of Algiers. This is due to rising sea levels and storms that cause the sand beach to drift. As a result, we have done a lot of research to understand these reasons and to develop solutions that reduce the negative effects.

Key words: littoral, littoral, sediment dynamics, coastal development, numerical modeling, Algiers bay, surface of the sea, storms, sedimentation.