

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

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



**MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME  
D'INGÉNIEUR D'ÉTAT EN SCIENCES DE LA MER**

**OPTION : Gestion et Protection du Littoral**

**Thème :**

**Analyse multiscalaire et multifactorielle et l'évolution du comportement  
géomorphologique du littoral Algérien entre 1972 et 2019**

**Présenté par:**

- Melle BEHLOUL Eldjida
- Melle BELHOUT Rachida

Soutenu le 04/ 10 / 2020 devant le jury suivant :

<b>M.BOULAHID M.</b>	<b>Professeur</b>	<b>(ENSSMAL)</b>	<b>Président</b>
<b>M.MEZOUAR K.</b>	<b>Maître des conférences A</b>	<b>(ENSSMAL)</b>	<b>Promoteur</b>
<b>M.AOUDJ C.</b>	<b>Ingénieur d'état</b>	<b>(MICLAT)</b>	<b>Co- promoteur</b>
<b>M.DAHMANI AA.</b>	<b>Maitre-assistant A</b>	<b>(ENSSMAL)</b>	<b>Examinateur</b>
<b>Mme. SALEM CHERIF Y.</b>	<b>Doctorante</b>	<b>(ENSSMAL)</b>	<b>Examinatrice</b>

**Promotion : 2019/2020**

## **Remerciements**

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

*Nos premiers remerciements, et sans doute les plus vifs, s'adressent tout particulièrement à notre promoteur, M.MEZOUAR, pour avoir accepté de diriger et de suivre constamment le progrès de cette recherche. Nous le remercions aussi d'avoir été compréhensif et patient et d'avoir partagé ses connaissances, ses conseils et ses critiques, et encore de nous avoir fait confiance tout au long de ce mémoire et de nous avoir motivé à dépasser nos propres limites. Qu'il trouve dans ces mots l'expression indéniable de notre respect.*

*Nos remerciements spéciaux s'adressent à M. AOUDJ, pour avoir accepté d'être notre co-promoteur. Ses compétences, sa disponibilité et sa gentillesse nous ont beaucoup encouragés. Nous le remercions également pour l'intérêt qu'il a porté à ce travail et pour l'empressement qu'il manifesté à le voir aboutir.*

*Nous tenons également à remercier toutes personnes qu'ont contribuées de près ou de loin à la réalisation de ce travail. Aussi nous exprimons notre vive gratitude à tous nos professeurs de l'ENSSMAL, qui nous ont permis d'acquérir le niveau et les connaissances requises pour effectuer ce travail de recherche.*

*Nous tenons aussi à remercier les membres du jury qui nous ferons l'honneur de juger notre travail:*

- Nous tenons à remercier Mr le président M. BOULAHIDID d'avoir accepté de présider le jury de cette soutenance.*
- Nous adressons tous nos remerciements à M. DAHMANI et Mme. SALEM CHERIF pour avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Enfin, nous exprimons notre plus grande affection à nos familles, pour leur soutien au cours de ces longues années d'études et pour n'avoir jamais bridé notre passion.*

# **Table des Matières**

---

# Table des Matières

---

## Table des matières :

Liste des acronymes.....	I
Liste des figures.....	IV
Liste des photos.....	XI
Liste des tableaux.....	XI
Introduction générale.....	01

## Chapitre I : Synthèse bibliographique

I.1. Le système littoral.....	06
I.2. La classification des côtes .....	06
I.3. Baies et golfes .....	07
I.4. Concepts généraux des systèmes morphodynamiques .....	07
I.4.1. Forçages hydrodynamiques .....	09
I.4.1.1. Le vent .....	09
I.4.1.2. La houle .....	10
I.4.1.3. Les courants .....	10
I.5. L'observation et le suivi de l'érosion marine .....	12

## Chapitre II : Généralité sur les zones d'étude

II.1. Présentation de la côte Algérienne .....	14
II.2. Présentation des zones d'étude .....	14
II.2.1. Situation géographique.....	16
1. Secteur occidental.....	16
1.1. Golfe de Ghazaouet .....	16
1.2. Golfe d'Oran vers cap Falcon .....	16
1.3. Golfe d'Arzew vers la pointe d'El Aoua .....	16
2. Secteur central.....	17
2.1. Baie de Bou- Ismail vers Cherchel .....	17
2.2. Baie d'Alger vers cap Benguf.....	17

## Table des Matières

---

3.	Secteur oriental.....	17
3.1.	Golfe de Béjaia vers Cap Sigli.....	17
3.2.	Baie de Jijel vers cap Bougarouni .....	18
3.3.	Golfe de Skikda .....	18
3.4.	Golfe d'Annaba vers la baie de Sidi Akkèche.....	18
3.5.	Baie d'El Tarf .....	19
II.2.2. Caractéristiques morphologiques et sédimentologiques des baies et des golfes Algériens.....		
Algériens.....		
1.	Contexte géologique.....	19
2.	Contexte morphologique .....	21
3.	Contexte sédimentologique .....	23
3.1.	La nature et la répartition des sédiments sur le plateau continental Algérien.....	23
3.2.	La répartition des sédiments aux abords de la pente continentale Algérienne.....	27
3.3.	La répartition des sédiments aux abords de la plaine abyssale de la côte Algérienne.....	27
II.2.3. Facteurs hydrologique, météo-océanique des baies et des golfes Algériens .....		
a. Facteur météorologie .....		
1. La température .....		
2. Précipitation .....		
3. Le vent .....		
3.1. Secteur occidental.....		
3.1.1. Golfe d'Arzew/ Oran/Ghazaouet .....		
3.2. Secteur Centrale .....		
3.2.1. Baie d'Alger .....		
3.2.2. Baie de Bou-Ismaïl .....		
3.3. Secteur oriental .....		
3.3.1. Golfe de Bejaia.....		
3.3.2. Baie de Jijel .....		

## Table des Matières

---

3.3.3. Golfe de Skikda/Annaba/baie d'El Taref .....	39
b. Facteurs océaniques .....	40
1. La houle.....	40
1.1. Secteur occidental .....	41
1.1.1. Golfe d'Arzew .....	41
1.1.2. Golfe d'Oran/ Ghazaouet.....	41
1.2. Secteur central .....	42
1.2.1. Baie d'Alger.....	42
1.2.2. Baie de Bou-Ismaïl.....	43
1.3. Secteur oriental.....	44
1.3.1. Golfe de Bejaia/Baie de Jijel.....	44
1.3.2. Golfe Skikda/ Annaba/baie d'El Taref.....	45
2. La circulation océanique .....	47
2.1. Courantologie générale .....	47
2.2. Courantologie côtière .....	47
3. Les marrées .....	48
Conclusion .....	48

## **Chapitre III : Analyse multiscalaire, acquisition et traitement des données bathymétriques**

III.1. Outils et procédures .....	50
III.1.1. Outils et logiciels utilisés .....	50
1. SIG .....	50
2. Google Earth Pro .....	51
3. MIKE21 .....	51
III.1.2. Procédures suivies .....	51
III.2. Résultats et discussions .....	54
III.2.1. Cartes bathymétriques et interprétation .....	54

## Table des Matières

---

III.2.1.1. Secteur occidental .....	54
1. Golfe d'Arzew vers la pointe d'El Aoua.....	54
2. Golfe d'Oran vers cap Falcon .....	56
3. Golfe de Ghazaouet .....	57
III.2.1.2. Secteur central.....	59
1. Baie d'Alger vers cap Benguf.....	59
2. Baie de Bou-Ismaïl vers Cherchel .....	62
III.2.1.3. Secteur oriental.....	63
1. Golfe de Béjaïa vers cap Sigli .....	63
2. Baie de Jijel vers cap Bougarouni .....	65
3. Golfe de Skikda.....	67
4. Golfe d'Annaba vers la baie de Sidi Akkèche .....	68
5. Baie d'El Taref.....	70
III.2.2. Cartes différentielles et interprétation .....	71
III.2.2.1. Le linéaire côtier de l'Algérie .....	71
1). Secteur occidental .....	73
1.1. Golfe d'Arzew vers la pointe d'El Aoua .....	73
1.2. Golfe d'Oran vers cap Falcon .....	74
1.3. Golfe de Ghazaouet .....	74
2). Secteur central.....	75
2.1. Baie d'Alger vers cap Benguf.....	75
2.2. Baie de Bou-Ismaïl vers Cherchel .....	75
3). Secteur oriental.....	76
3.1. Golfe de Béjaïa vers Cap Sigli .....	76
3.2. Baie de Jijel vers cap Bougarouni .....	77
3.3. Golfe de Skikda.....	77
3.4. Golfe d'Annaba vers la baie de Sidi Akkèche .....	77
3.5. Baie d'EL Taref .....	78
Conclusion .....	78

### **Chapitre IV : Modélisation de l'hydrodynamisme côtère le long du littoral Algériens (1972, 2019)**

IV.1. Outils et procédures .....	80
IV.1.1 Outils et logiciels utilisés .....	80
IV.2. Résultats et discussions .....	81
IV.2.1. La réfraction de la houle (Spectral Wave, SW) .....	81
1. Secteur occidental .....	82
1.1. Golfe d'Arzew vers la pointe d'El Aoua .....	84
1.2. Golfe d'Oran vers cap Falcon .....	84
1.3. Golfe de Ghazaouet .....	87
2. Secteur central .....	89
2.1. Baie d'Alger vers cap Benguf.....	89
2.2. Baie de Bou-Ismaïl vers Cherchel .....	92
3. Secteur oriental .....	95
3.1. Golfe de Béjaïa vers Cap Sigli .....	95
3.2. Baie de Jijel vers cap Bougarouni .....	97
3.3. Golfe de Skikda .....	99
3.4. Golfe d'Annaba vers la baie de Sidi Akkèche .....	101
3.5. Golfe d'EL Taref .....	102
IV.2.2. Modélisation de la Courantologie (Hydrodynamic, HD) .....	104
1. Secteur Occidental .....	104
1.1. Golfe d'Arzew vers la pointe d'El Aoua .....	104
1.2. Golfe d'Oran vers cap Falcon .....	106
1.3. Golfe de Ghazaouet .....	108
2. Secteur central .....	110
2.1. Baie d'Alger vers cap Benguf.....	110
2.2. Baie de Bou-Ismaïl vers Cherchel.....	112
3. Secteur oriental .....	114
3.1. Golfe de Béjaïa vers Cap Sigli .....	114
3.2. Baie de Jijel vers cap Bougarouni .....	116
3.3. Golfe de Skikda .....	118
3.4. Golfe d'Annaba vers la baie de Sidi Akkèche .....	120

## Table des matières

---

3.5. Golfe d'El Taref.....	122
Conclusion .....	123
<b>Chapitre V : Gestion et protection des côtes</b>	
I. Détermination des zones côtières Algériennes à risque .....	125
I.1. Secteur occidental .....	126
I.1.1. Golfe d'Arzew.....	126
I.1.2. Golfe d'Oran.....	127
I.1.3. Golfe de Ghazaouet.....	128
I.2. Secteur central.....	129
I.2.1. Baie d'Alger.....	129
I.2.2. Baie de Bou-Ismaïl .....	132
I.3. Secteur oriental .....	133
I.3.1. Baie d'El Taref.....	133
I.3.2. Golfe d'Annaba.....	134
I.3.3. Golfe de Skikda.....	135
I.3.4. Baie de Jijel .....	136
I.3.5. Golfe de Bejaia.....	137
II. Les méthodes de protection.....	141
II.1. Benchmarking .....	141
a. Définition .....	141
b. Objectif de la méthode.....	141
c. Les étapes de réalisation du benchmarking en maritime .....	141
II.2. La protection souple des plages.....	142
a. Le processus de l'Ecoplage .....	142
b. La technique stabiplage .....	143

## Table des matières

---

c. Le by-passing .....	144
d. Récifs artificiels .....	145
e. L'engraissement artificiel .....	145
f. Les ouvrages en géotextiles .....	146
g. Réhabilitation du cordon dunaire .....	147
III.3. Complexes touristiques écologiques .....	148
Conclusion.....	159
Conclusion générale.....	152
Références bibliographiques.....	154
Annexes.....	161

## Liste des acronymes

---

## Liste des acronymes

---

### Liste des acronymes :

A.N.R.H : Agence Nationale des Ressources Hydriques.

°C : Degré Celsius. .

C.N.E.R.U : Centre National d'Etudes et de Recherches Appliquées en Urbanisme.

C.N.L : Commissariat National du Littoral.

C.T.H : Organisme National de Contrôle Technique de la Construction Hydraulique.

D.H.I : Danich Hydraulic Institut.

D.G.P.R : Direction Générale de la Prévention des Risques.

D.P.M : Domaine Public Maritime.

E : Est.

E.N.E : Est Nord Est.

E.P.A : Entreprise Portuaire d'Arzew.

E.P.B : Entreprise Portuaire de Béjaia.

E.P.M : Entreprise Portuaire Mostaganem.

EPWG CET : Etablissement Public de Gestion des Centres d'Enfouissement Technique.

E.S.R.I: Environmental Systems Research Institute

G.I.Z.C : Gestion Intégrée des Zones Côtières.

G.P.S: Global Positioning System.

Hs : Hauteur Significative.

Kr : Coefficient de Réfraction.

L.E.M : Laboratoire d'Etudes Maritimes.

M.A.R.A.D.J.A : Marge Active Régionale AlDjazair.

Max : Maximum.

M.E.D.D.E : Ministère de l'Ecologie de Développement Durable et de l'Energie.

Min : Minimum.

M.N.T : Modèle Numérique du Terrain.

Mo: Mode.

M.R.E : Ministère des Ressources en Eaux.

M.W.D: Mean Wave Direction.

## Liste des acronymes

---

N : Nord.

N.E : Nord Est.

N.N.E : Nord Nord Est.

N.N.W : Nord Nord Ouest.

N.W : Nord Ouest.

O.N.M : Office National de Météorologie.

P.A.T.W : Plan d'Aménagement du Territoire Wilaya.

S.I.G : Système d'Information Géographique.

S.P.M: Shore Protection Manuel.

S.S.M.O: Summary of Synoptic Meteorological Observation.

S.T.E.P : Station d'Épuration.

S.W : Sud Ouest.

T.I.N: Triangular Irregular Network.

T. moy: Température moyenne.

Tp : Période de Pic.

μ : Micron.

μm: Micromètre.

UV: Ultraviolets.

U.S.N.W.S.C: United States of Naval Weather Service Command.

U.T.M : Universal Transverse Mercator.

W : Ouest.

W.G.S : Word Géoïde System.

W.N.W : Ouest Nord Ouest

x\* : Diamètre.

## Liste des figures

---

## Liste des Figures

---

### Liste des Figures :

<b>Figure I.1:</b> Schéma représentant la complexité et les contraintes du système littoral.....	06
<b>Figure I.2:</b> Relation spatio-temporelle des systèmes morphodynamiques côtières .....	08
<b>Figure I.3:</b> Composantes d'un système morphodynamique côtier .....	09
<b>Figure I.4:</b> caractéristiques de la houle .....	10
<b>Figure I.5:</b> Schéma représentatif du courant de dérive littorale .....	11
<b>Figure I.6:</b> Schéma représentatif du courant d'arrachement.....	11
<b>Figure I.7:</b> Schéma représentatif du courant de retour.....	11
<b>Figure II.1:</b> Présentation des baies et les golfes Algériens .....	15
<b>Figure II.2:</b> Situation des différentes unités géologiques des Maghrébides.....	20
<b>Figure II.3:</b> Esquisse morphologique de secteur Oran-Ténès .....	21
<b>Figure II.4:</b> Esquisse morphologique de secteur Ténès-Alger .....	22
<b>Figure II.5:</b> Esquisse morphologique du secteur Alger- Béjaïa .....	22
<b>Figure II.6:</b> Esquisse morphologique de secteur Béjaïa -Annaba.....	23
<b>Figure II.7:</b> Carte des bassins versants littoraux et réseau hydrographique du nord Algérien .....	30
<b>Figure II.8:</b> Moyennes mensuelles des températures atmosphériques (2000 – 2005) enregistrées aux niveaux des différentes régions du secteur oriental de la côte Algérienne.....	33
<b>Figure II.9:</b> Les diagrammes ombrothérmiques de Gaussen du secteur central (1994-2007).....	34
<b>Figure II.10:</b> Moyennes mensuelles des précipitations de la partie oriental (2000–2005).....	35
<b>Figure II.11:</b> Rose des vents sur une période annuelle de secteur occidental .....	36
<b>Figure II.12:</b> Roses trimestrielles des vents au large de la baie d'Alger .....	37
<b>Figure II.13:</b> Roses trimestrielles des vents au large de la baie de Bou- Ismail.....	38
<b>Figure II.14:</b> Roses trimestrielles et annuelle des vents au large des côtes de Béjaïa .....	39

## Liste des Figures

---

<b>Figure II.15:</b> Rose des vents du golfe de Skikda, Annaba et baie d'El Tarf .....	40
<b>Figure II.16:</b> Rose des vagues au large de la côte Algérienne.....	41
<b>Figure II.17 :</b> Rose annuelle des houles du golfe d'Arzew.....	41
<b>Figure II.18:</b> Rose annuelle des houles du golfe d'Oran/Ghazaouet.....	42
<b>Figure II.19 :</b> Roses trimestrielles de houle de la baie d'Alger.....	43
<b>Figure II.20 :</b> Rose annuelle de houle de la baie d'Alger.....	43
<b>Figure II.21 :</b> Roses trimestrielles de houle de la baie de Bou-Ismaïl.....	44
<b>Figure II.22 :</b> Rose annuelle des houles du golfe de Bejaia et la baie de Jijel .....	45
<b>Figure II.23 :</b> Roses trimestrielles des houles du golfe de Skikda/Annaba et la baie d'El Taref.....	46
<b>Figure II.24 :</b> Rose annuelle des houles du golfe de Skikda/Annaba et la baie d'El Taref.....	46
<b>Figure II.25 :</b> Circulation de l'eau d'origine atlantique dans le bassin occidental méditerranéen .....	47
<b>Figure III.1:</b> Organigramme explicatif des étapes d'acquisition des données bathymétriques de 1972 et 2019.....	52
<b>Figure III.2:</b> Organigramme explicatif des différentes étapes d'obtention des cartes bathymétriques de 1972 et 2019.....	53
<b>Figure III.3:</b> Carte bathymétrique du golfe d'Arzew vers la pointe d'El Aoua en 1972.....	55
<b>Figure III.4:</b> Carte bathymétrique du golfe d'Arzew vers la pointe d'El Aoua en 2019.....	55
<b>Figure III.5:</b> Carte bathymétrique du golfe d'Oran vers cap Falcon en 1972.....	56
<b>Figure III.6:</b> Carte bathymétrique du golfe d'Oran vers cap Falcon en 2019.....	56
<b>Figure III.7:</b> Carte bathymétrique du golfe de Ghazaouet en 1972.....	58
<b>Figure III.8:</b> Carte bathymétrique du golfe de Ghazaouet en 2019.....	58

## Liste des Figures

---

<b>Figure III.9:</b> Carte bathymétrique de la baie d'Alger vers cap Benguf en 1972.....	60
<b>Figure III.10:</b> Carte bathymétrique de la baie d'Alger vers cap Benguf en 2019.....	60
<b>Figure III.11 :</b> Carte bathymétrique de la baie de Bou-Ismaïl vers Cherchel en 1972.....	62
<b>Figure III.12 :</b> Carte bathymétrique de la baie de Bou-Ismaïl vers Cherchel en 2019.....	62
<b>Figure III.13 :</b> Carte bathymétrique du golfe de Béjaïa vers cap Sigli en 1972.....	64
<b>Figure III.14 :</b> Carte bathymétrique du golfe de Béjaïa vers cap Sigli en 2019.....	64
<b>Figure III.15 :</b> Carte bathymétrique de la baie de Jijel vers cap Bougarouni en 1972.....	66
<b>Figure III.16 :</b> Carte bathymétrique de la baie de Jijel vers cap Bougarouni en 2019 .....	66
<b>Figure III.17 :</b> Carte bathymétrique du golfe de Skikda en 1972 .....	67
<b>Figure III.18 :</b> Carte bathymétrique du golfe de Skikda en 2019.....	67
<b>Figure III.19 :</b> Carte bathymétrique du golfe d'Annaba vers la baie de Sidi Akkèche en 1972.....	69
<b>Figure III.20 :</b> Carte bathymétrique du golfe d'Annaba vers la baie de Sidi Akkèche en 2019.....	69
<b>Figure III.21 :</b> Carte bathymétrique de la baie d'El Tarf en 1972.....	70
<b>Figure III.22 :</b> Carte bathymétrique de la baie d'El Tarf en 2019.....	70
<b>Figure III.23 :</b> Cartes d'évolutions des fonds marins des différentes baies et golfes Algériens entre 1972-2019.....	72
<b>Figure IV.1:</b> Schéma de fonctionnement des codes Mike 21 de calcul de modèle hydrodynamique.....	81
<b>Figure IV.2 :</b> Carte de simulation de la réfraction de la houle de golfe d'Arzew vers la pointe d'El Aoua (1972), MWD = 22,5° ; Hs=4,92m ; Tp=10s.....	82
<b>Figure IV.3:</b> Carte de simulation de la réfraction de la houle de golfe d'Arzew vers la pointe d'El Aoua (2019), MWD = 22,5° ; Hs=6,89m ; Tp=12s.....	82
<b>Figure IV.4:</b> Carte de simulation de la réfraction de la houle de golfe d'Oran vers cap Falcon (1972), MWD = 22,5° ; Hs=4,92m ; Tp=10s .....	85
<b>Figure IV.5:</b> Carte de simulation de la réfraction de la houle de golfe d'Oran vers cap Falcon (2019), MWD = 22,5° ; Hs=5,85m ; Tp=9s.....	85
<b>Figure IV.6:</b> Carte de simulation de la réfraction de la houle de golfe de Ghazaouet (1972), MWD = 22,5° ; Hs=4,92m ; Tp=10s.....	88

## Liste des Figures

---

<b>Figure IV.7:</b> Carte de simulation de la réfraction de la houle de golfe de Ghazaouet (2019), MWD = $22,5^\circ$ ; Hs=5,85m ; Tp=9s.....	88
<b>Figure IV.8:</b> Carte de simulation de la réfraction de la houle de la baie d'Alger vers Cap Benguf (1972), MWD = $360^\circ$ ; Hs=4,92m ; Tp=10s.....	90
<b>Figure IV.9:</b> Carte de simulation de la réfraction de la houle de la baie d'Alger vers cap Benguf (2019), MWD = $360^\circ$ ; Hs=4,86m ; Tp=10s.....	90
<b>Figure IV.10:</b> Carte de simulation de la réfraction de la houle de la baie de Bou-Ismaïl vers Cherchel (1972), MWD = $360^\circ$ ; Hs=4,92m ; Tp=10s.....	93
<b>Figure IV.11:</b> Carte de simulation de la réfraction de la houle de la baie de Bou-Ismaïl vers Cherchel (2019), MWD = $360^\circ$ ; Hs=5,6m ; Tp=12,5s.....	93
<b>Figure IV.12:</b> Carte de simulation de la réfraction de la houle de la baie de Bejaïa vers Cap Sigli (1972), MWD = $360^\circ$ ; Hs=4,92m ; Tp=10s.....	95
<b>Figure IV.13:</b> Carte de simulation de la réfraction de la houle de golfe de Bejaïa vers Cap Sigli (2019), MWD = $360^\circ$ ; Hs=7,1m ; Tp=12s.....	95
<b>Figure IV.14:</b> Carte de simulation de la réfraction de la houle de la baie de Jijel vers cap Bougarouni (1972), MWD = $360^\circ$ ; Hs=4,92m ; Tp=10s.....	97
<b>Figure IV.15:</b> Carte de simulation de la réfraction de la houle de la baie de Jijel vers cap Bougarouni (2019), MWD = $360^\circ$ ; Hs=7,1m ; Tp=12s.....	97
<b>Figure IV.16:</b> Carte de simulation de la réfraction de la houle de golfe de Skikda (1972), MWD = $360^\circ$ ; Hs=4,92m ; Tp=10s.....	99
<b>Figure IV.17:</b> Carte de simulation de la réfraction de la houle de golfe de Skikda (2019), MWD = $360^\circ$ ; Hs=4,9m ; Tp=10s.....	99
<b>Figure IV.18:</b> Carte de simulation de la réfraction de la houle de golfe d'Annaba vers la baie de Sidi Akkèche (1972), MWD = $360^\circ$ ; Hs=4,92m ; Tp=10s.....	101
<b>Figure IV.19:</b> Carte de simulation de la réfraction de la houle de golfe de Annaba vers la baie de Sidi Akkèche (2019), MWD = $360^\circ$ ; Hs=4,9m ; Tp=10s.....	101
<b>Figure IV.20:</b> Carte de simulation de la réfraction de la houle de la baie d'El Tarf (1972), MWD= $360^\circ$ ;Hs=4,92m ;Tp=10s.....	103
<b>Figure IV.21:</b> Carte de simulation de la réfraction de la houle de la baie d'El Tarf (2019), MWD = $360^\circ$ ; Hs=4,9m ; Tp=10s.....	103
<b>Figure IV.22 :</b> Carte de répartition du champ des courants de golfe d'Arzew vers la pointe d'El Aoua (1972), MWD= $22,5^\circ$ ; Hs =4,92 m ;Tp=10s .....	104

## Liste des Figures

---

<b>Figure IV.23 :</b> Carte de répartition du champ des courants de golfe d'Arzew vers la pointe d'El Aoua(2019), MWD=22,5° ; Hs = 6,89 m ;Tp=12s.....	104
<b>Figure IV. 24:</b> Carte de répartition du champ des courants de golfe d'Oran vers cap Falcon (1972), MWD=22,5° ; Hs = 4,92 m ; Tp=10s.....	106
<b>Figure IV. 25:</b> Carte de répartition du champ des courants de golfe d'Oran vers cap Falcon (2019), MWD=22,5° ; Hs = 5,85 m ; Tp =9s.....	106
<b>Figure IV.26 :</b> Carte de répartition du champ des courants de golfe de Ghazaouet (1972), MWD=22,5° ; Hs = 4.92 m ;Tp =10s .....	108
<b>Figure IV.27 :</b> Carte de répartition du champ des courants de golfe de Ghazaouet (2019), MWD=22,5° ; Hs = 5,85 m ;Tp =9s .....	108
<b>Figure IV.28 :</b> Carte de répartition du champ des courants de la baie d'Alger vers cap Benguf(1972), MWD =360°; Hs = 4,92 m ;Tp =10s .....	110
<b>Figure IV.29 :</b> Carte de répartition du champ des courants de la baie d'Alger vers cap Benguf (2019), MWD =360°; Hs = 4,86 m ;Tp =10.....	110
<b>Figure IV.30 :</b> Carte de répartition du champ des courants de la baie de Bou-Ismaïl vers Cherchel (1972), MWD =360°; Hs = 4,92 m ; Tp =10s.....	112
<b>Figure IV.31 :</b> Carte de répartition du champ des courants de la baie de Bou-Ismaïl vers Cherchel (2019), MWD =360°; Hs = 4,86 m ; Tp =10 s .....	112
<b>Figure IV.32 :</b> Carte de répartition du champ du courant de golfe de Béjaïa vers cap Benguf (1972), MWD=360° ;Hs=4,92m,Tp=10s.....	115
<b>Figure IV.33:</b> Carte de répartition du champ du courant de golfe de Béjaïa vers cap Sigli (2019), MWD=360° ;Hs=7,1m,Tp=12s.....	115
<b>Figure IV.34 :</b> Carte de répartition du champ des courants de la baie de Jijel vers cap Bougarouni (1972), MWD=360° ;Hs=4,92 ;Tp=10s.....	116
<b>Figure IV.35 :</b> Carte de répartition du champ des courants de la baie de Jijel vers cap Bougarouni (2019), MWD=360° ;Hs=7,1 ;Tp=12s.....	116
<b>Figure IV.36 :</b> Carte de répartition du champ de courant de golfe de Skikda (1972), MWD=360° ; Hs= 4,92m ; Tp=10s .....	118
<b>Figure IV.37 :</b> Carte de répartition du champ de courant de golfe de Skikda (2019), MWD=360° ; Hs= 4,9m ; Tp=10s .....	118
<b>Figure IV.38 :</b> Carte de répartition du champ de courant de golfe d'Annaba vers la baie de Sidi Akkèche(1972), MWD=360° ;Hs=4,92m ; Tp=10s .....	120
<b>Figure IV.39 :</b> Carte de répartition du champ de courant de golfe d'Annaba vers la baie de Sidi Akkèche (2019), MWD=360° ;Hs=4,9m ; Tp=10s.....	120

## Liste des Figures

---

<b>Figure IV.40</b> : Carte de répartition du champ du courant de la baie d'El Tarf (1972), MWD=360° ; Hs=4,92m ; Tp= 10s.....	122
<b>Figure IV. 41</b> : Carte de répartition du champ du courant de la baie d'El Tarf (2019), MWD=360° ; Hs=4,9m ; Tp= 10s.....	122
<b>Figure V.1</b> : Schéma représentant la démarche méthodologique de Benchmarking.....	142
<b>Figure V.2:</b> Image représentative du système de drainage .....	143
<b>Figure V.3:</b> Image illustrative de l'emplacement des ouvrages de la technique STABIPLAGE .....	144
<b>Figure V.4:</b> Image représentative du système de by- passing.....	144
<b>Figure V.5:</b> Schéma représentatif du rechargement artificiel avec les sédiments du large.....	146

## **Liste des photos et des tableaux**

---

## Listes des photos et des tableaux

---

### Liste des photos :

<b>Photo V.1</b> : Les causes et les conséquences de la dégradation des côtes.....	140
<b>Photo V.2</b> : Récif artificiel.....	145
<b>Photo V.3</b> : Les ouvrages en géotextile.....	146
<b>Photo V.4</b> : Des brise-vents en bois .....	147
<b>Photo V.5</b> : Plantation de l'oyat sur les dunes.....	147
<b>Photo V.6</b> : La plage d'Aokas centre.....	148

### Liste des tableaux :

<b>Tableau II.1</b> : Bassins versants et principaux cours d'eau de l'Algérie du Nord.....	29
<b>Tableau II.2</b> : Les températures mensuelles moyennes de la zone centrale durant la période 1976 – 2005).....	32
<b>Tableau II.3</b> : Distribution spatiale des précipitations au Nord de l'Algérie dans les différents secteurs Ouest en Est.....	33
<b>Tableau III.1</b> : Les différentes applications de logiciel Arc Gis 10.2.....	50
<b>Tableau V.1</b> : Analyse des pressions exercées sur les zones côtières du golfe d'Arzew.....	126
<b>Tableau V.2</b> : Analyse des pressions exercées sur les zones côtières du golfe d'Oran.....	127
<b>Tableau V.3</b> : Analyse des pressions exercées sur les zones côtières du golfe de Ghazaouet.....	128
<b>Tableau V. 4</b> : Analyse des pressions exercées sur les zones côtières de la baie d'Alger.....	129
<b>Tableau V.5</b> : Analyse des pressions exercées sur les zones côtières de la baie de Bou-Ismaïl.....	132
<b>Tableau V.6</b> : Analyse des pressions exercées sur les zones côtières de la baie d'El Taref.....	133
<b>Tableau V.7</b> : Analyse des pressions exercées sur les zones côtières du golfe d'Annaba .....	134

## Listes des photos et des tableaux

---

<b>Tableau V.8:</b> Analyse des pressions exercées sur les zones côtières du golfe Skikda.....	135
<b>Tableau V.9 :</b> Analyse des pressions exercées sur les zones côtières de la baie de Jijel .....	136
<b>Tableau V. 10:</b> Analyse des pressions exercées sur les zones côtières du golfe de Bejaia.....	138
<b>Tableau V.11 :</b> Tableau indiquant les zones d'installation des complexes touristiques écologiques .....	150

# **Introduction générale**

---

### Introduction générale :

Ce travail s'intéresse au fonctionnement géomorphologique du littoral Algérien, il est issu des travaux de Leclaire de 1972 « étude de la sédimentation Holocène sur le versant méridional du bassin Algéro-Baléares », qui avaient pour objectif de traiter et d'analyser la nature des sédiments, les conditions de leur dépôt, où il a élaboré une répartition des sédiments tout en réalisant des cartes bathymétriques des baies et des golfes Algériens d'Est en Ouest : baie d'El Tarf, golfe d'Annaba, golfe de Skikda, baie de Jijel, golfe de Bejaia, baie de Zemmouri, baie d'Alger, baie de Bou-Ismaïl, golfe d'Arzew, golfe d'Oran et golfe de Ghazaouet.

Le littoral comprend une série de sous-système interdépendant caractérisé par des paramètres et des processus dynamiques à l'égard des facteurs hydrodynamiques, géomorphologiques, dont l'évolution et le fonctionnement sont marqués par une forte variabilité spatiale et temporelle.

L'analyse de l'évolution des provinces et des cellules sédimentaires sur différentes échelles de temps et d'espace s'inscrit dans des cadres théoriques différents: les approches morphodynamiques en modélisant et quantifiant les interactions existant entre les processus physiques de transfert d'énergie et de matière. Ces approches présentent une certaine complémentarité dans la mesure où elles permettent de contrôler l'évolution des paysages côtiers à différentes échelles.

De tout temps, l'homme a colonisé et modifié l'environnement littoral, plus de 60% de la population mondiale vit aujourd'hui en zone côtière, ce qui représente environ 3.8 milliards d'individus dans une bande terrestre qui n'excède pas 100 Km (Lefevre, 2011). Dans le bassin Méditerranéen, plus de 33% de la population vit sur le rivage qui constitue 13% de la superficie totale du pays (Anthony, 2014).

Depuis quelques années le littoral s'est maritimisé et régit par une concentration croissante des contraintes multiples, fonctionnant sur différentes échelles spatio-temporelles :

L'ensemble des facteurs sur lesquels l'analyse s'est penchée renvoie à des contraintes naturelles, définies comme des contraintes physiques ou environnementales régulant l'évolution des systèmes côtiers, et des contraintes anthropiques, renvoyant aux principales pressions exercées sur la frange littorale.

La forte croissance démographique des communes littorales, le développement des activités résidentielles et touristiques, l'artificialisation croissante des systèmes côtiers, ceci contribue à produire « des territoires à risque », exposés au phénomène d'érosion, entraînant des modifications considérables dans le fonctionnement des transferts sédimentaires entre les plages et leurs compartiments (dune, avant plage, haut plage). C'est ce qui dégrade le littoral et l'écosystème naturel marin sous plusieurs angles.

### Objectif de travail :

Le travail effectué dans le cadre de ce mémoire, focalisé dans le contexte de développement d'une analyse multiscalaire et multifactorielle et l'évolution du comportement

géomorphologique du littoral Algériens entre 1972 et 2019. Cette étude conduit à la réalisation d'une nouvelle base de données numérique de modélisation morphodynamique à l'échelle du littoral Algérien.

Afin de comprendre les mécanismes qui régulent l'évolution du littoral en vue de son aménagement, le développement spatio-temporel des relations entre la mobilité des paysages et les processus littoraux, incluant des ensembles et des entités géomorphologiques cohérents qui composent le système côtier.

Un travail conséquent d'analyse et de méthodologie mène aux traitements des données et procédures suivies, tout au long de ce mémoire dont les objectifs consistent à :

- Réaliser une étude d'évolution des fonds entre 1972 et 2019, des baies et golfes Algériens ;
- Analyser et discuter les comportements morphologiques et morphodynamiques des baies et golfes Algériens ;
- Analyser le comportement des systèmes côtiers en identifiant les facteurs naturels et anthropique contrôlant leurs évolutions ;
- Proposer un ensemble de mesure, qui doit être pris dont l'objectif est la protection de l'environnement et l'espace côtier, pour assurer un développement plus harmonieux et plus durable.

### **La démarche méthodologique :**

Dans cette optique nous avons cernés l'étude en cinq chapitres :

- Le premier chapitre est consacré à une synthèse bibliographique, qui résume des bases et des concepts théoriques permettant l'initiation de cette étude, et de comprendre et d'expliquer la nature ; la classification et les fonctionnalités de système littoral ; les processus morphodynamiques ainsi que le phénomène d'érosion côtière.
- Le deuxième chapitre, porte sur la présentation des baies et des golfes Algériens, encadrés ensuite dans un contexte géologique, morphologique, sédimentologique, hydrologique et les facteurs météo-océaniques.
- Le troisième chapitre regroupe deux parties : la première décrit les outils et les méthodes adoptés pour l'acquisition et le traitement des données. La deuxième partie est consacrée à l'interprétation et à la discussion des résultats obtenus des cartes bathymétriques et l'analyse des cartes différentielles élaborées entre 1972-2019.
- Le quatrième chapitre porte sur la modélisation hydrodynamique aux abords des fonds des baies et des golfes Algériens. La première partie de ce chapitre expose la démarche méthodologique privilégiée pour étudier la propagation de la houle et des courants tout au long des différentes zones d'études. La seconde partie vise à expliquer et discuter les résultats obtenus.
- Le dernier chapitre fait l'objet de l'apport de notre étude pour un développement harmonieux et plus durable des zones côtières Algériennes, afin de préserver ses écosystèmes, d'augmenter et d'assurer un développement socio-économique.

# Chapitre I :

---

## Synthèse bibliographique

## CHAPITRE I

### SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Comme toute étude et recherche, certains concepts sont utilisés afin de cerner une thématique donnée, ce qui permet l'amélioration de la compréhension du sujet. Notre mémoire englobe certains concepts de base qui sont :

#### **I.1. Le système littoral :**

Un système littoral est un ensemble d'éléments en interaction. Pour le décrire il est utile de combiner des études analytiques classiques à une approche systémique, qui considère la globalité de l'environnement et les relations entre les éléments de l'ensemble.

Tout d'abord, les systèmes sont composés d'une grande variété d'éléments possédant leurs caractéristiques propres. Ces éléments sont organisés en niveaux hiérarchiques avec des interactions généralement non-linéaires de nature très variées (Mezouar, 2009).

Tout système quel qu'il soit se distingue par ses caractéristiques spatio-temporelle (Aoudj et Bouaziz, 2014) :

- Une limite ou frontière ;
- Des composants, pouvant être dénombrés ou assemblés en catégories ;
- Des réservoirs dans lesquels les éléments peuvent être assemblés ou stockés ;
- Un réseau de communication, qui prend des formes variées et permet des échanges d'élément et d'énergie.

L'environnement littoral forme une zone géographique complexe, il est considéré comme une interface de rencontre entre trois compartiments : l'atmosphère, l'hydrosphère et la lithosphère, (Carter, 1988), il peut s'étendre de quelques centaines de mètres à plusieurs kilomètres.

Du point de vue de sa gestion et ses ressources, le littoral est un objet d'étude complexe, dont la spécificité mérite d'être discutée. La plupart des auteurs admettent qu'il ne peut pas exister une définition simple et unique, puisque il s'agit d'un espace très convoité du fait de son concept qui s'appuie sur des approches juridiques, administratives pour des besoins socio-économiques (les activités industrialo-portuaire et les activités touristiques...), que sur la vraie nature de ce patrimoine à caractère environnemental, écologique et géomorphologique, (Calderaro et Lacrouts, 2005).

Ce système est très fragile car la moindre modification entraîne plus au moins des répercussions sur sa naturalité, (Ramdani, 2013).

Ces environnements sont contrôlés par l'interaction et la combinaison de multiple processus physiques très complexes entre les sédiments et le fluide (facteurs océaniques), (SPM, 1984), mais aussi des processus climatiques, lithologiques et anthropiques intervenant à des échelles temporelles et spatiales diverses, (Khalfani, 2014).

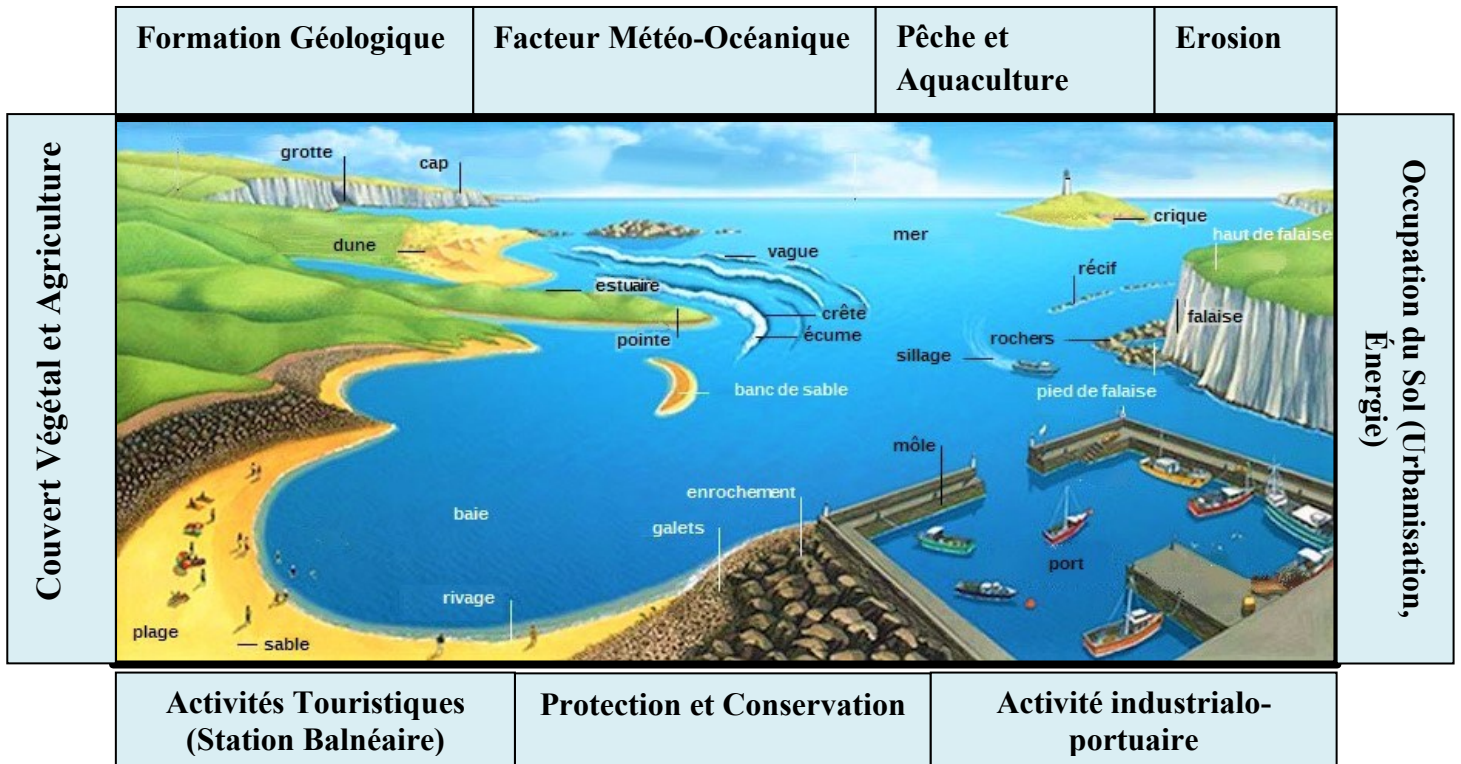


Figure I.1: Schéma représentant la complexité et les contraintes du système littoral (<http://www.dynalit.fr>, modifiée)

La législation des usages du littoral considère celui-ci comme « une entité géographique qui appelle une politique spécifique de gestion, d'aménagement, de protection et de mise en valeur, elle traduit ainsi la nécessité d'intégrer les différentes facettes de la gestion côtière à l'intérieur d'un même cadre de réflexion... », (Catanzono et Thébaud, 1995).

Il semble primordial que des lois spécifiques de littoral viennent compléter le vide juridique en matière de protection de l'environnement côtier. En Algérie, les espaces en contact avec la mer sont réglementés, à la fois, par la loi littorale (02-02) du 5 février 2002, (Ramdani, 2013), la loi relative à l'aménagement et au développement durable des territoires (01-20) du 12 décembre 2001, (Guide DPM, 2004).

## I.2. La classification des côtes :

La classification des côtes a depuis longtemps préoccupé par les géomorphologues, les géologues et les géographes, de nombreuses classifications ont été proposées, ces dernières sont liées aux actions hydrodynamiques (vague, houle, courant) mais aussi les caractéristiques topographiques, géologiques, lithologiques, la géomorphologie particulière et les facteurs climatiques, comme le suggèrent Furlani et al. (2014) . Par contre d'autres tiennent compte des conditions de leur formation et leur évolution.

Selon la lithologie, on distingue deux types de classification :

- **Les côtes rocheuses :**

Les côtes rocheuses sont des zones qui évoluent lentement mais leurs mouvements peuvent être rapides en contexte d'élévation du niveau de la mer.

- **Côte à falaise :** les falaises sont les formes les plus communes des côtes rocheuses, elle peut être définies comme étant un escarpement littoral à forte pente (entre 15° à 30°), non couvert de végétation. C'est une forme d'érosion littorale qui se transforme très rapidement en contact avec la mer. On distingue les falaises vives et les falaises mortes.

- **Les côtes meubles :**

La forme la plus représentante des côtes meubles est la plage. Cette dernière est une côte basse d'accumulation des sédiments d'origine terrestre ou marine. Ces particules sont dynamiques et échangeables dans le temps en fonction des conditions physiques, où ils peuvent avancer ou reculer, comme ils peuvent être stables (tout dépend des apports sédimentaires), (MEDDE, 2011).

- **Côte à galet et gravier :** formée de matériau dans la granulométrie est entre (0,2mm à 20cm), les galets et les boues sont les produits d'érosion des côtes actuelles, qui sont ensuite déposés sur le rivage par les courants marins et forment la surface des plages.
- **Côte sableuse :** formée de matériau dans la granulométrie supérieure aux constituants de vase (0,063mm à 0,2mm). Le sable de mer est le produit ultime de l'érosion des sédiments d'origine marine ou terrigène transportés par des agents tels que le vent, la houle. Caractérisés par des mouvements perpendiculaires ou parallèles au rivage.

### **I.3. Baies et golfes :**

**Une baie :** est une échancrure du littoral de petite dimension généralement de forme concave sur la ligne côtière, une portion de la terre qui s'enfoncent dans l'eau (toute entourée de terre à l'exception de la côte). Les différentes unités topographiques qui constituent les baies correspondent chacune à une entité litho-stratigraphique ou tectonique bien distincte.

**Un golfe :** En géographie, un golfe est une partie de mer avancée dans les terres. Il désigne une étendue d'eau plus grande qu'une baie, profonde. C'est une partie enclavée du plateau continental d'une mer, en forme typique d'un fer à cheval.

### **I.4. Concepts généraux des systèmes morphodynamiques :**

Les environnements côtiers sont des milieux dynamiques contrôlés par un large spectre spatio-temporel de forçages. Selon la nomenclature de De Vriend, on peut distinguer les échelles suivantes :

## Chapitre I : Synthèse bibliographique

- ✓ La tectonique, responsable de la dynamique des bassins, contrôle l'évolution du littoral à l'échelle géologique ( $10^6$  ans) ;
- ✓ L'eustasie, évolution d'ensemble du niveau marin, contrôle l'évolution du littoral à l'échelle «pluri-séculaire» ( $10^4$  ans) ;
- ✓ L'hydrodynamique, caractérisée par les processus côtiers (vagues, marées, courants) fonction de la climatologie locale (vents dominants, fréquence des tempêtes), contrôle l'évolution du littoral à l'échelle du « temps historique » ;
- ✓ Les évolutions des environnements côtiers considérées à cette échelle du « temps historique » sont fonction des flux sédimentaires. Ces flux entraînent des réponses du milieu qui se manifestent également à différentes échelles de temps et d'espace (Figure I.2) ;
- ✓ Phénomènes à micro-échelle et instantanés, tels que l'évolution des rides sédimentaires au passage d'une vague ou la construction de figures sédimentaires par les courants ;
- ✓ Phénomènes à méso-échelle et moyen terme, tels que l'évolution des barres littorales qui répondent à des processus de type événementiel (tempête) ou périodiques (cycle tidal et cycle météorologique saisonnier) ;
- ✓ Phénomènes à macro-échelle, annuel à pluriannuel, tels que l'évolution du trait de côte ou d'une embouchure incluant les variations environnementales à long terme et l'action anthropique.

A chaque échelle de temps est associée une échelle spatiale fonction de l'amplitude des changements morphologiques considérés. En supposant que les échelles de temps et d'espace sont liées par des relations linéaires croissantes, (De Vriend, 1991), on peut conceptualiser les systèmes côtiers et leurs évolutions comme un emboîtement (Figure I.2) de compartiments spatio-temporels, (Kroon, 1994).

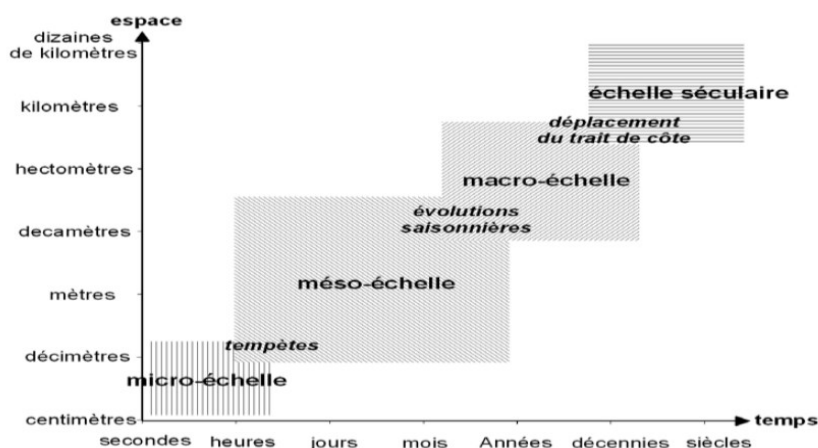
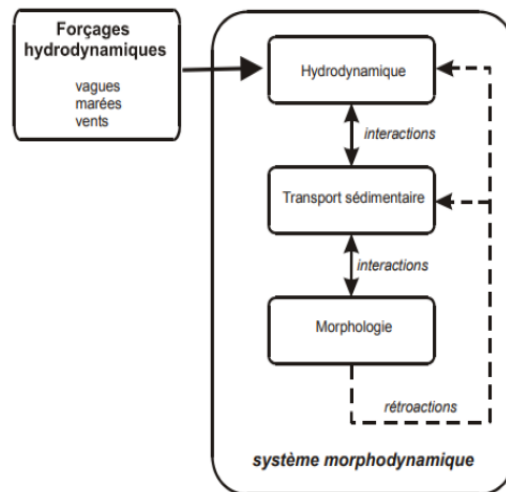


Figure I.2 : Relation spatio-temporelle des systèmes morphodynamiques côtiers.

## Chapitre I : Synthèse bibliographique

La notion d'évolution morphodynamique des systèmes côtiers, définie comme un ajustement mutuel de la morphologie et de l'hydrodynamique par le biais du transport sédimentaire, fût introduite dans la littérature par (Wright et Thom, 1977). Les conditions hydrodynamiques (vagues, courants, marée) induisent un transport sédimentaire, lui même responsable de l'évolution morphologique de la plage (Figure I.3). Cependant, les conditions hydrodynamiques locales sont fonction des forçages au large mais sont aussi fortement influencées par la topographie locale. Ces interactions non linéaires ou rétroactions constituent la propriété principale des évolutions morphodynamiques des systèmes côtiers. Lorsque ces rétroactions sont positives (autocontrôle), la tendance d'évolution du système est renforcée par une augmentation du déséquilibre. Inversement, lorsque ces rétroactions sont négatives (autorégulation), la tendance d'évolution du système est inversée et tend vers un état d'équilibre.



**Figure I.3 :** Composantes d'un système morphodynamique côtier (Bougis Jean, 2000)

L'évolution d'un système côtier est donc dépendante de l'état antérieur de ce système et des forçages hydro-météorologiques. Ces forçages possédant un caractère stochastique, l'évolution morphodynamique des systèmes côtiers peut être décrite comme un processus markovien, défini comme une succession d'états morphologiques interdépendants, (Sonu et James, 1973). On distingue deux temps de réponse morphologique aux changements des conditions hydro-météorologiques :

- ✓ le temps de réaction, qui correspond à la durée entre les changements hydro-météorologiques et le début de l'évolution morphologique ;
- ✓ le temps d'ajustement, qui correspond à la durée de mise à l'équilibre du système morphologie / conditions hydro-météorologiques.

### I.4.1. Forçages hydrodynamiques :

**I.4.1.1. Le vent :** correspond au déplacement d'une masse d'air consécutif à des différences locales de température et de pression. La vitesse, la durée et l'amplitude géographique des vents peuvent être très variables dans l'espace et dans le temps, ce processus participe à l'augmentation des effets érosifs des sols.

### I.4.1.2. La houle :

Sont des ondulations de surface de la mer qui se propagent de large vers la côte sans déplacement des masses d'eau (transmission d'énergie), lorsque le vent cesse de souffler, en dehors de la zone de Fetch.

La houle se caractérise par :

- Une longueur d'onde ( $L$ ) : qui est la distance qui sépare deux crêtes ou deux creux successifs, en mètre.
- Une hauteur ( $H$ ) : c'est la dénivellation verticale entre une crête et un creux successifs, en mètre.
- Une période ( $T$ ) : c'est l'intervalle de temps qui sépare deux crêtes ou deux creux successifs, en seconde.
- Une amplitude ( $A$ ) : correspond à la distance verticale entre la crête et le niveau d'eau au repos.
- Une fréquence : c'est l'inverse de la période, exprimée en Hertz.
- Une célérité ( $c$ ) : c'est la vitesse de la houle, exprimée en mètre par seconde.
- Une cambrure ( $C=H/L$ ) : c'est le rapport entre la hauteur et la longueur d'onde.

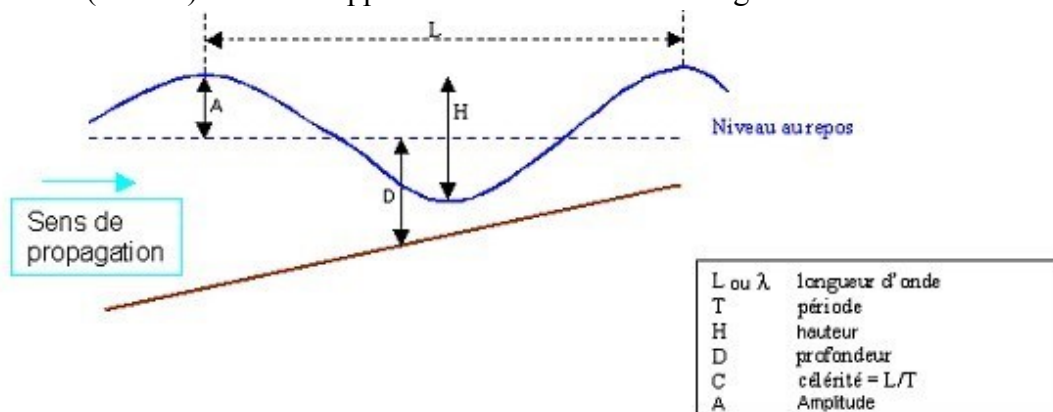


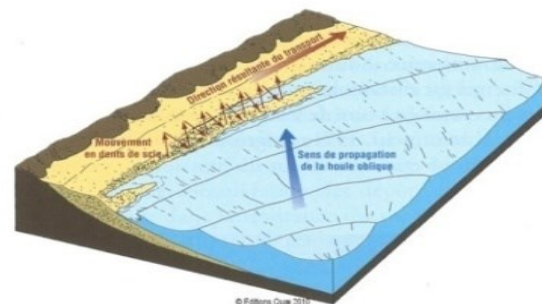
Figure I.4 : caractéristiques de la houle (<http://wavepower.ek.la>)

### I.4.1.3. Les courants :

Le courant marin est un mouvement d'eau de mer régulier, qui se déplace sur de très longues distances, à la surface ou en profondeur des mers et des océans. Ce mouvement est dû aux effets combinés du vent, de la force de Coriolis, et des différences de température, densité et salinité.

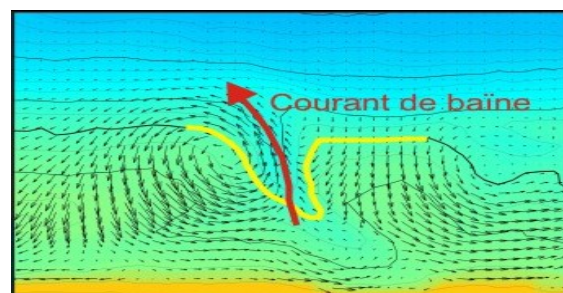
Les principaux courants induits par la houle :

- **Le courant de dérive** « courant long-shore » :  
Le courant de dérive qui est un courant longitudinal, C'est un courant de houle qui prend naissance dans la zone de déferlement et se dirige parallèlement au rivage, assure un important transport sédimentaire le long de la plage.



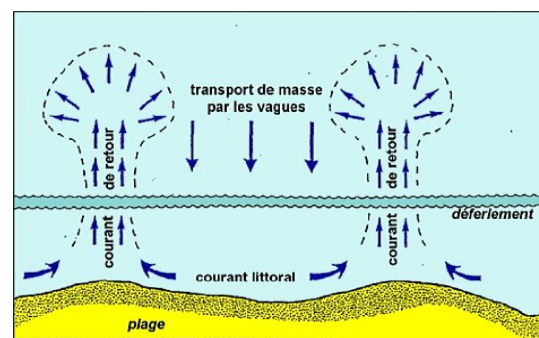
**Figure I.5:** Schéma représentatif du courant de dérive littorale(<http://moving-coast-med.fr>)

- **Le courant d'arrachement** ou sagittal « rip current » :  
le courant sagittal est un courant violent, intense, et étroit vers le large, est appelé aussi « courant de baie ». Deux facteurs permettent l'identifier: d'une part, il est matérialisé par des sédiments qu'il a mis en suspension et, d'autre part, il provoque la déchirure de la ligne de déferlement à l'endroit où il passe.



**Figure I.6:** Schéma représentatif du courant de baie ou d'arrachement (<https://www.epoc.u-bordeaux.fr>)

- **Le courant de retour**  
Le courant de retour ou «undertow », aussi appelé courant de compensation, correspond à une zone de flot de retour du courant existant à partir du lieu de déferlement de la houle contre la ligne de rivage.



**Figure I.7 :** Schéma représentatif du courant de retour (<https://slideplayer.fr>)

### **I.5. L'observation et le suivi de l'érosion marine :**

- Observation d'une manière qualitative : consiste à prendre une photographie d'un même paysage à différentes dates afin d'en déduire l'évolution.
- Observation d'une manière quantitative : c'est un suivi morphologique par levé topographique (à terre) ou bathymétrique (en mer) pour déterminer les secteurs de gain ou de perte des espaces. L'utilisation d'un système GPS de précision centimétrique permet d'enregistrer la position de points de repères et de comparer cette position à différentes dates, les points peuvent être levés le long de transects (profil de plage par exemple) ou selon un maillage surfacique permettant une représentation en 3D du littoral.

## **Chapitre II :**

---

Généralités sur les zones d'étude

### CHAPITRE II

#### GENERALITE SUR LES ZONES D'ETUDE

Ce chapitre porte sur le contexte général de l'ensemble du littoral Algérien, un examen des différents contextes géographiques, géologiques, géomorphologiques et météo-océanique a été élaboré afin de déterminer les caractéristiques des baies et golfes Algériens.

##### II.1. Présentation de la côte Algérienne :

L'Algérie du Nord, s'étire d'Ouest en Est sur environ 1622km, est ouverte sur le bassin occidental Méditerranéen, la côte se trouve entièrement au Sud du 36 ème parallèle près de la frontière Marocaine, alors qu'elle est entièrement au Nord du 36ème à la frontière Tunisienne, et entre 2,2 °Ouest et 8,5°Est.

La côte Algérienne est caractérisée par des côtes rocheuses et des côtes sableuses. Elle se présente par la succession des baies plus ou moins ouvertes séparées par des régions très escarpées et qui d'Ouest en Est les baies et les golfes sont respectivement : le golfe de Ghazaouet ; golfe d'Oran ; golfe d'Arzew ; baie de Bou- Ismaïl ; baie d'Alger; baie de Zemmouri ; golfe de Bejaia ; baie de Jijel ; golfe de Skikda ; golfe d'Annaba et la baie d'El Taref.

La marge continentale Algérienne s'étend sur environ 1000km d'Ouest en Est, le bassin Algérien a un fond approximativement plat, situé aux environ de -2700 mètres, (Auzende, 1978), caractérisée par un plateau continental très étroit (généralement moins de 10 km à l'exception de quelques baies) et une pente continentale forte (entre 10° à 20° en moyenne), (Leclaire, 1972).

##### II.2. Présentation des zones d'étude :

La présente étude porte sur les grands golfes et baies de l'ensemble de la côte Algérienne qui s'étend de la frontière Algéro – Marocaine à l'Ouest à la frontière Algéro – Tunisienne à l'Est, soit la totalité du linéaire côtier de l'Algérie.

D'Ouest en Est, la côte Algérienne peut se diviser en trois grands secteurs, la localisation et les caractéristiques principales des zones qui ont fait l'objet de la présente étude :

- **Secteur occidental** : qui s'étend du « cap Milonia » à l'Ouest jusqu'à la « pointe d'El Aoua » à l'Est, cette région caractérisée par une morphologie particulière tel : Les golfes de Ghazaouet, d'Oran et d'Arzew (Figure II.1).
- **Secteur central** : qui s'étend de la région de « Cherchell » à l'Ouest vers « cap Benguf » à l'Est .Il comporte la baie de Bou-Ismaïl, la baie d'Alger et la baie de Zemmouri (Figure II.1).
- **Secteur oriental** : qui est délimité par « cap Sigli » à l'Ouest et « cap Roux » à l'Est, incluant le golfe de Bejaia, Skikda et Annaba et la baie de Jijel et El Tarf (Figure II.1).

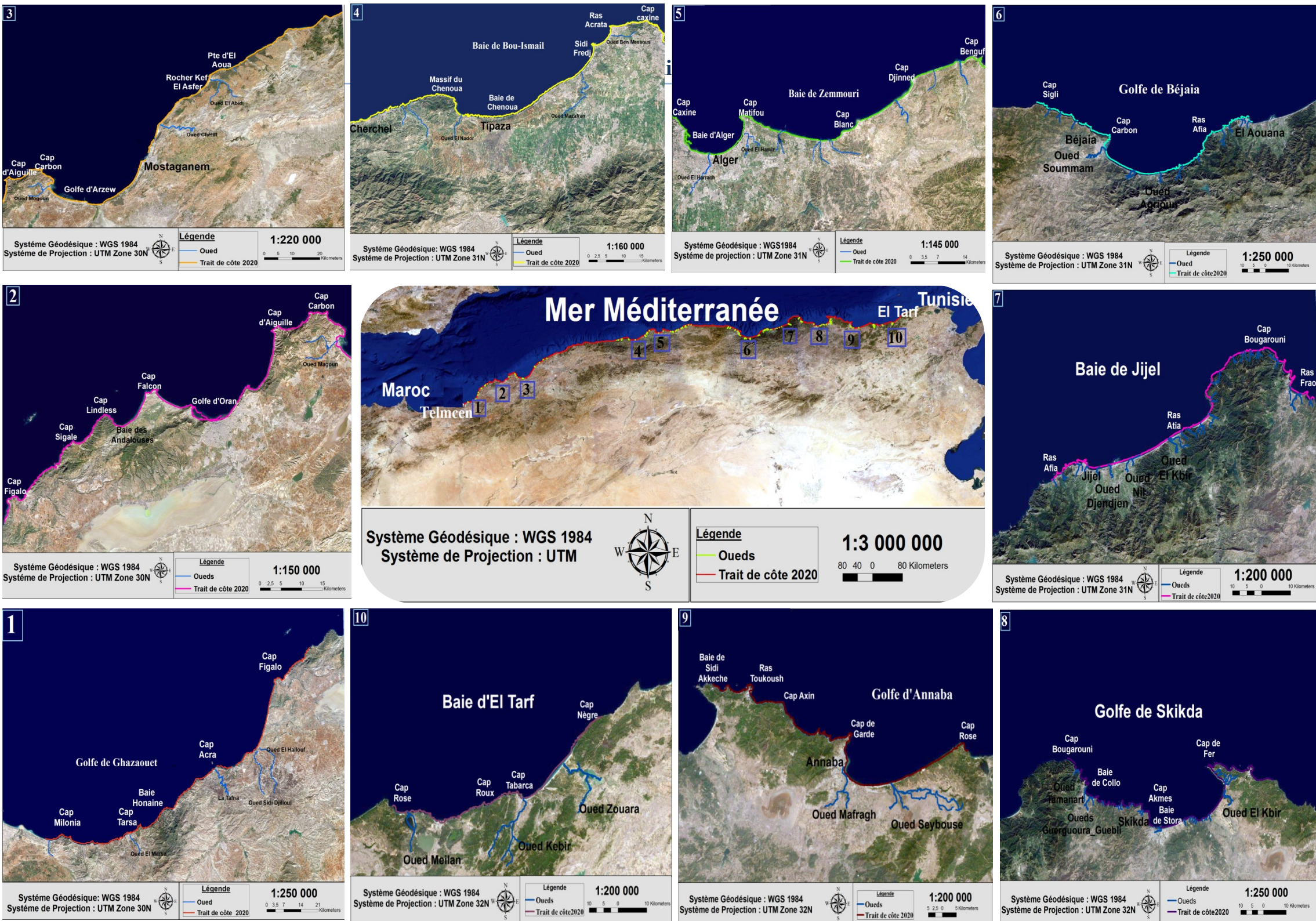


Figure II. 1 : Présentation des baies et les golfes Algériennes (BEHLOUL et BELHOUT, 2020)

### II.2.1. Situation géographique :

#### 1. Le secteur occidental :

##### 1.1. Golfe de Ghazaouet :

Anciennement appelé le « golfe de Nemrous », (Leclaire, 1972), situé au Nord-Ouest de la wilaya de Tlemcen, à 170 km de la métropole régionale d'Oran et à 50 km de la frontière Marocaine, (Kilani, 2015).

Il est limité à (Figure II.1) :

- A l'Ouest par Cap Milonia (35°05'Nord et 2°09'Ouest).
- A l'Est par Cap Figalo (35°34'Nord et 1°1'Ouest).

Le golfe Couvre une superficie de 228km<sup>2</sup>, avec une longueur de 95km et une largeur moyenne entre 20 et 30km, il est le respectable d'oued à régime irrégulier : Oued Marsa, la Tafna, Sidi djilloul et oued El Hallouf.

##### 1.2. Golfe d'Oran vers cap Falcon :

Ce golfe représente un assez grand bassin largement ouvert vers la Méditerranée. Sa façade maritime occupe une portion de 1/3 du littoral algérien, (Bouras et Boutiba, 2006), et il est situé dans la partie Nord occidentale de l'Algérie.

Il est limité à (Figure II.1) :

- L'Ouest par le Cap Falcon (35°46,4'Nord et 0°47,4'Ouest).
- L'Est par le Cap Carbon (35°54'Nord et 0°20'Ouest).

Ce golfe se répartie en trois baies par deux pointes (la pointe de Mers el Kébir et la pointe de Canastel), l'étendue de ce dernier avoisine les 180 kilomètres et représente une largeur moyenne de 25 à 30 Km des terres élevées, il se trouve à 432km à l'Ouest de la capitale d'Alger.

##### 1.3. Golfe d'Arzew vers la pointe d'El Aoua :

Est l'un des plus importants golfes du littoral Algérien, (krachai, 2006), il se trouve à 42 km de la partie Nord-Est de la wilaya d'Oran.

Il est limité à (Figure II.1)

- L'Ouest par le Cap Carbon (35° 54'Nord et 0°20'Ouest).
- L'Est par Pointe d'El Aoua (36°12'Nord et 0°24'Ouest).

## Chapitre II : Généralités sur les zones d'étude

---

L'étendue moyenne de ce dernier avoisine les 72km et qui se trouve à une distance de 391,5km de la wilaya d'Alger.

### 2. Le secteur central :

#### 2.1. Baie de Bou- Ismail vers Cherchel :

Anciennement appelée le « golfe de Castiglione », est l'une des plus importantes baies de la côte Algérienne, car elle abrite plusieurs ports d'importance économique, et aussi une zone à vocation touristique et agricole.

Elle est située dans la partie centrale du littoral Algérien, à 40,1 km à l'Ouest de la wilaya d'Alger.

La baie est limitée à (Figure II.1) :

- L'Ouest par le massif du Chenoua ( $36^{\circ}37'$  Nord et  $2^{\circ}23'$  Est).
- L'Est par le promontoire de ras-Acrata ( $36^{\circ}48'$  Nord et  $2^{\circ}53'$  Est).

L'ouverture de la baie est d'environ 123 km, et s'oriente du Sud-Ouest au Nord-Est. Cette baie couvre une surface de l'ordre de 350km<sup>2</sup>, (Haddouche, 2003).

La baie est le respectable d'oued à régime irrégulier : oued Mazzafran, Nador, et Beni Messous, (Khaouni, 2003).

#### 2.2. Baie d'Alger vers cap Bengouf :

La baie d'Alger, anciennement appelée la « Baie de Courbet », elle se situe au cœur du littoral Algérois, elle s'inscrit en creux dans la plaine de la Mitidja, caractérisée par sa forme semi circulaire, d'une superficie approximative de l'ordre de 180 Km<sup>2</sup>. Elle mesure 100 Km d'Est en Ouest et 7 Km du Nord au Sud.

La baie est limitée à (Figure II.1) :

- A l'Ouest par cap Caxine ( $36^{\circ} 48'$  Nord et  $2^{\circ} 57'$  Est).
- A l'Est par cap Matifou ( $36^{\circ} 48'$  Nord et  $3^{\circ} 13'$  Est).

Cette baie est suivie par la baie de Zemmouri, qui limitée par cap Matifou à l'Ouest et cap Bengouf à l'Est ( $36^{\circ} 55'$  Nord et  $3^{\circ} 53,27'$ ).

### 3. Le secteur oriental :

#### 3.1. Golfe de Béjaia vers Cap Sigli :

Il s'étend sur plus de 111km, présente 10% du littoral Algérien. Anciennement appelé « Golfe de Bougie », est composé d'une morphologie variable des falaises et des plages, il est alimenté par plusieurs oueds dont deux sont importants : oued Soummam et oued Agrioun.

## Chapitre II : Généralités sur les zones d'étude

---

Il est situé à environ 250 Km à l'Est de la wilaya d'Alger et il est compris entre (Figure II.1) :

- A l'Ouest par cap Sigli ( $4^{\circ}45'$  Est et  $36^{\circ}53'$  Nord).
- A l'Est par ras Afia ( $5^{\circ}41'$  Est et  $36^{\circ}48'$  Nord).

### 3.2. Baie de Jijel vers cap Bougarouni :

S'étend sur au moins 123 Km, anciennement appelée « Baie de Djidjelli », (Leclaire, 1972), elle se situe à 360 Km de la wilaya d'Alger.

Elle est comprise entre (Figure II.1):

- A l'Ouest par ras Afia ( $5^{\circ}41'$  Est et  $36^{\circ}48'$  Nord).
- A l'Est par cap Bougarouni ( $6^{\circ}28'$  Est et  $37^{\circ}05'$  Nord).

Plusieurs oueds débouchent en cette zone, dont les plus importants d'Ouest en Est sont : oued Mencha, oued Djendjen, oued Nil et oued El Kebir.

### 3.3. Golfe de Skikda :

Il s'étend sur plus de 200 Km, anciennement appelé « Golfe de Philipeville », (Leclaire, 1972), et il est situé à environ 470 Km à l'Est de la wilaya d'Alger.

Il est compris entre deux pointes rocheuses (Figure II.1):

- A l'Ouest par cap Bougarouni ( $6^{\circ}28'$  Est et  $37^{\circ}05'$  Nord).
- A l'Est par cap de Fer ( $6^{\circ}10'$  Est  $37^{\circ}04'$  Nord).

Ce golfe est divisé en trois baies par cap Akmes : baie de Collo à l'Ouest, baie de Stora et de Fetzara à l'Est.

Trois oueds se déversent en ce golfe (Tamanart, Guerguoura-Guebli et El Kebir).

### 3.4. Golfe d'Annaba vers la baie de Sidi Akkèche :

Il s'étend sur 120 Km, anciennement appelé « Golfe de Bône », (Leclaire, 1972), il est situé à environ 670 Km à l'Est de la wilaya d'Alger.

Il est délimité par (Figure II.1):

- A l'Ouest par la baie de Sidi Akkèche (7°11' Est et 37° 40' Nord).
- A l'Est par cap Rose (8°14'Est et 36°56'Nord)

Dans le golfe d'Annaba se jette deux oueds : oued Seybouse et oued Mafragh.

### 3.5. Baie d'El Tarf :

La baie d'El Tarf s'étend sur environ 90 Km, situé à 77 Km à l'Est d'Annaba.

Elle est limitée (Figure II.1) :

- A l'Ouest par cap Rose (8°14'Est et 36°56'Nord).
- A l'Est par cap Roux (8°36'Est et 36°56'Nord).

## II.2.2. Caractéristiques morphologiques et sédimentologiques des baies et des golfes Algériens :

Nous examinerons successivement les caractéristiques géomorphologiques du littoral Algérien, le contexte géologique des zones d'études ainsi leurs caractéristiques sédimentologiques.

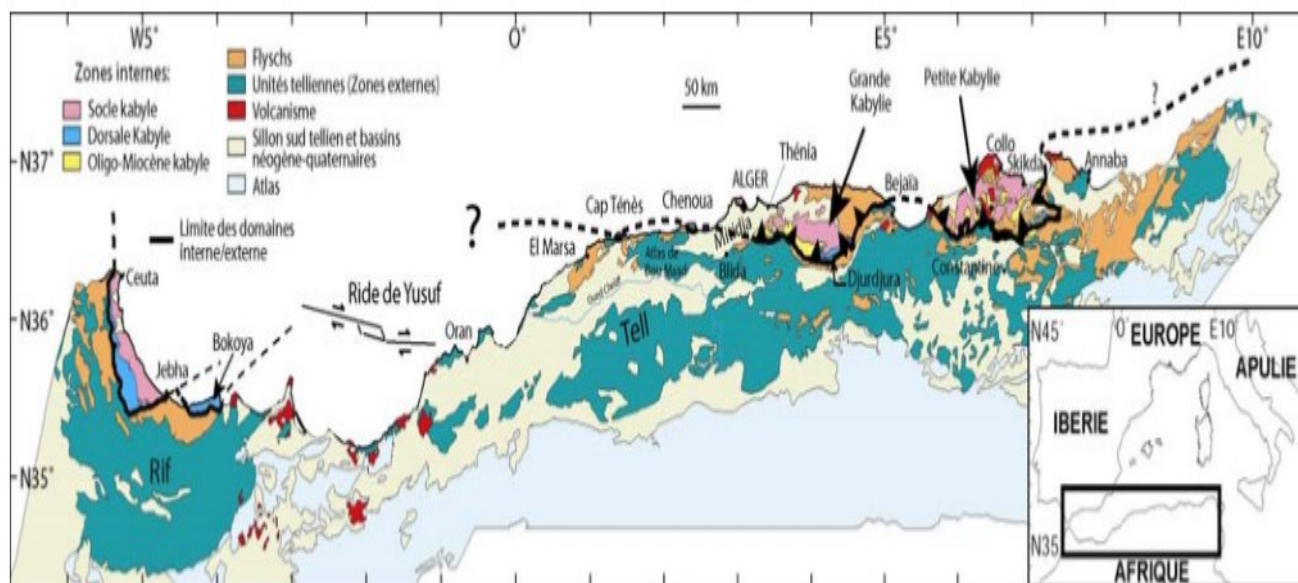
### 1. Contexte géologique :

La marge Algérienne située en bordure des montagnes, on prend alors conscience que l'Algérie se situe à une limite de plaques entre la plaque Africaine et la plaque Européenne, la marge présente un fort héritage structural, ayant subi une histoire géodynamique complexe.

La marge Algérienne a subi depuis le Cénozoïque la fermeture de l'océan Téthys maghrébin, ainsi que l'ouverture en arrière-arc de l'actuel bassin Algéro-provençal, entraînant la dérive, l'éclatement, puis le collage par collision d'un bloc continental appelé l'AlKaPeCa (Alboran, Kabylies, Péloritains, Calabre), (Bouillin, 1986).

Elle résulte notamment : Au sud, du collage au cours du Néogène des zones internes à la plaque Africaine par la subduction de celui-ci vers le nord. Au nord, d'une transition continent-océan à valeur de marge passive à l'arrière de cette collision, (Domizg, 2006).

Le nord de l'Algérie est composé des diverses unités géologiques et structurales, faisant partie de la chaîne alpine des Maghrébides qui s'étend de Gibraltar à la Calabre, (Wildi, 1983, Durand-Delga, 1969). En Algérie, cet orogène peut être séparé en différentes parties : au nord le Tell, composée des Kabylides, des flyschs et des nappes telliennes, et au sud, le système de l'Atlas intra-continentale (Figure II.2)



**Figure II.2 :** Situation des différentes unités géologiques des Maghrébides (modifié d'après Domzig et al., 2006)

La marge Algérienne est une marge sismiquement active mais mal connue d'un point de vue morpho-structural, ainsi que du point de vue de son fonctionnement géodynamique, la compagne « MARADJA » a définie certaines caractéristiques de trois grands domaines, (Domzig, 2006).

- **Les zones externes de la chaîne :** appelées zones telliennes en Algérie. Ces zones sont caractérisées par la présence des séries crétacées et paléogènes à dominance marneuse, généralement décollées de leur substratum jurassique. Ces séries découpées et empilées les unes sur les autres caractérisent les nappes telliennes.
- **Les nappes de flysch :** composées de conglomérats et autres matériaux détritiques. En Algérie, ces nappes sont soit en position interne, c'est-à-dire rétrocharriées sur les zones internes (flyschs nord-kabyles), soit en position relativement externe à la bordure sud de la dorsale Kabyle (flyschs sud-kabyles).
- **Les zones internes :** constituées par deux ensembles antérieurs au Miocène : les massifs Hercyniens et les écaillés de terrains sédimentaires d'âge triasique à l'éocène. L'étude de la chaîne de Maghrébides a permis de montrer qu'elle s'était formée sur l'emplacement d'un ancien bassin Téthysien.

La marge Algérienne d'Ouest en Est, est caractérisée par :

- Marge Ouest Algérienne : une portion de marge rectiligne et abrupte sur plus de 100 km au niveau de partie Est d'Oran, daté de Miocène, il est coupé par des pentes douces, peu profonds et perpendiculaire à la côte. Selon la topographie lisse de la pente, cette zone est composée principalement de marnes molles.

- En revanche, le long de la marge centre et Est-Algérienne, les structures les plus communément retrouvées sont des failles aveugles néoformées (plio-quaternaires) à pendage sud, qui s'expriment à la surface sous forme de plis asymétriques, souvent disposés en échelon et sub-perpendiculaires à la direction de convergence.

### ▪ Contexte morphologique :

La morpho-diversité des côtes Algériennes rappelle la richesse des formes et des formations côtières qui caractérisent les milieux littoraux. L'ensemble des côtes constituées une grande partie par des reliefs rocheux, de plus au moins forte dénivellation par rapport au niveau marin, il se caractérise aussi par sa jeunesse ou s'insèrent des formes d'accumulation, comme les plages et les dunes. Des confins de la frontière avec le Maroc à l'Ouest, jusqu'à la proximité de la frontière avec la Tunisie à l'Est, on peut identifier des ensembles d'unités morphologiques :

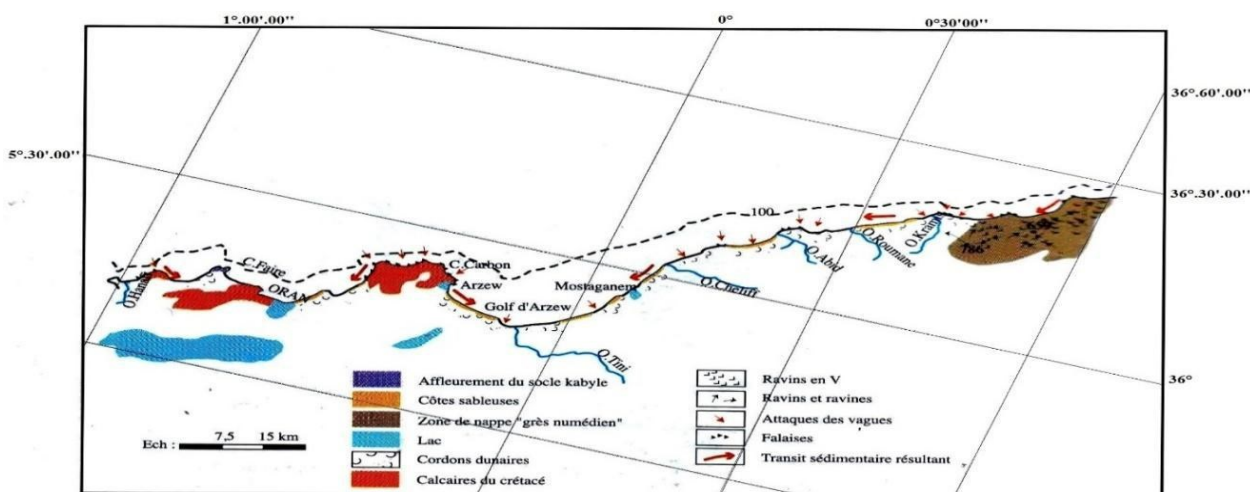
#### ▪ Secteur occidental :

Plus à l'Ouest, dans la région d'Arzew les roches dures du Crétacé et du Jurassique ont mis en saillie tout le secteur du cap Carbon. La région d'Oran, plus décalée vers le sud, est constituée de falaises et de plages taillées notamment dans des roches du Quaternaire.

Seul le secteur de la Tafna, les îles Habibas et l'île Rachegoun composent un ensemble de roches volcaniques dures où des falaises forment le littoral.

La prédominance des plages localisées aux débouchés des oueds au pied des falaises est notée, et des falaises qui terminent la partie aval d'un plateau. Ces falaises sont soit des falaises vives (El Guedime) ou des falaises mortes (au Nord de l'embouchure d'Oued El Hallouf). Entre Ténès et l'embouchure du Chelif, les falaises dominent, et sont essentiellement formées dans les grès et les argiles du Miocène ou du Quaternaire, (Ahfir et Meziane, 2016).

Entre les massifs de roches volcaniques s'incrument des plages plus au moins développées (plage de Béni saf). De Béni-Saf jusqu'à la frontière Marocaine, la côte à falaise orientée NE-SW où seule la plage de Marset Ben-M'Hidi à l'extrême, constitue une côte basse à sable fin, (Mezouar, 2009) (Figure II.3).

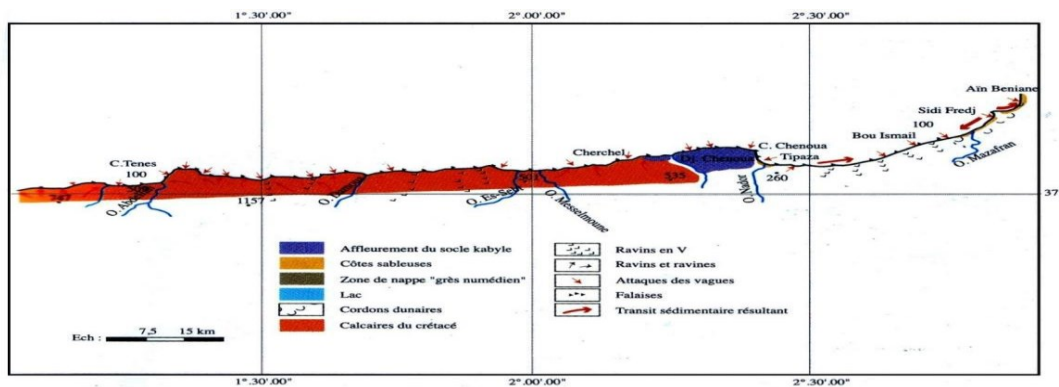


- **Secteur central**

Ce secteur s'étire de Tipaza à Alger inclus la baie de Bou- Ismail et la baie d'Alger. De Sidi-Fredj vers le mont Chenoua, on rencontre une succession des plages. A partir de Douaouda marine c'est le début des zones rocheuses à falaises plus ou moins abruptes taillées dont des grès Quaternaires assez friables et sensibles à l'érosion chimique de l'eau de mer (création de lapiés), (Mezouar, 2009).

Le secteur compris entre le mont Chenoua et Cherchell se disséminent des falaises et zones rocheuses ainsi que des grèves et des plages à sédiments gris foncé apparaissent à certains endroits fournis par l'érosion des roches schisteuses du Dévonien, (Ahfir et Meziane, 2016).

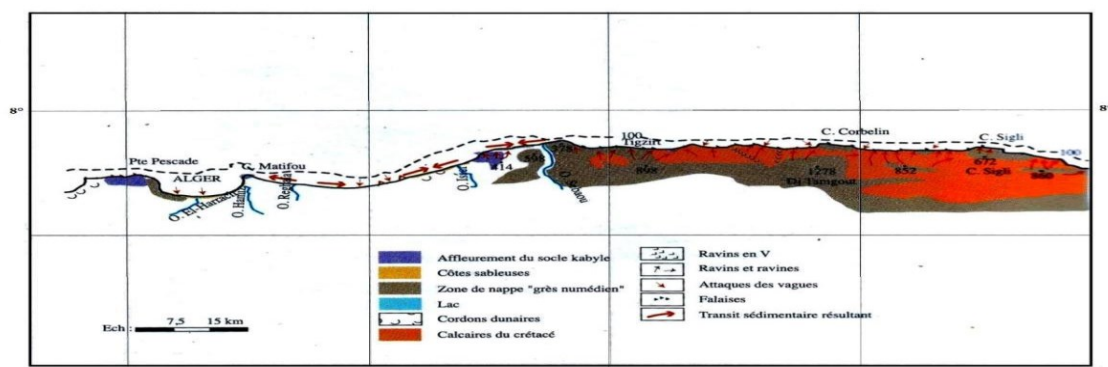
Le secteur qui se trouve à l'ouest de Cherchell c'est le domaine de très hautes falaises atteignant parfois plus de 300m. C'est le secteur en Algérie où le talus continental est très réduit. Ces falaises sont taillées dans des roches dures volcaniques, ou sédimentaires, (Figure II.4).



**Figure II.4:** Esquisse morphologique de secteur Ténès-Alger (BOUTIBA, 2004)

De Dellys à cap Matifou, la morphologie littorale est commandée par deux bassins néogènes : ceux de l'oued Sebaou et de l'oued Isser. La bande côtière est recouverte de formations du Quaternaire entre cap Matifou et le massif cristallophyllien d'Alger.

De Dellys à ras Bouak, la côte est très homogène, elle est taillée dans une épaisse série détritique formée de grès crétacés et paléogène. Ces formations géologiques sont à l'origine d'une indentation du littoral (cap Tedles, cap Sigli), (Ahfir et Meziane, 2016). Des alluvions constitués essentiellement de sable et vase d'argile le long de lit d'oued-EL Harrach, (Ghanemi et Moussaoui, 2011) (Figure II.5).



**Figure II.5:** Esquisse morphologique du secteur Alger - Bejaia (BOUTIBA, 2004)

### ▪ Secteur oriental :

Ce secteur s'étire du golfe de Bejaia au golfe d'Annaba, caractérisé par l'ensemble des falaises plus au moins élevées (<40m) taillés dans les roches dures ignées et métamorphiques dont les versants sont abruptes et couverts de sol et végétations et dont la partie inférieure est battue par la mer. La structure géologique individualise des massifs rocheux, séparés par des zones basses pénétrées par les oueds qui débouchent à la mer, (Mezouar, 2009).

Les plages s'étendent tout au long des fonds des baies. Leur largeur diffère selon les endroits : elle varie de quelques mètres à quelques dizaines de mètres. Les plages du secteur Est sont presque exclusivement sableuses. Les principaux pourvoyeurs en éléments sableux sont les rivières (Seybouse, Kébir Est...) (Figure II.6).

On distingue dans la partie orientale du golfe de Skikda un immense système dunaire fixé par la végétation, ce massif dunaire est le plus important et le milieu équilibré du littoral Algérien, (CNERU, 2004).

On remarque la présence d'un cordon dunaire qui longe les plages de la baie de Jijel, il est constitué de dunes assez basses, entre Jijel et l'oued Djendjen, (Refes, 2011).

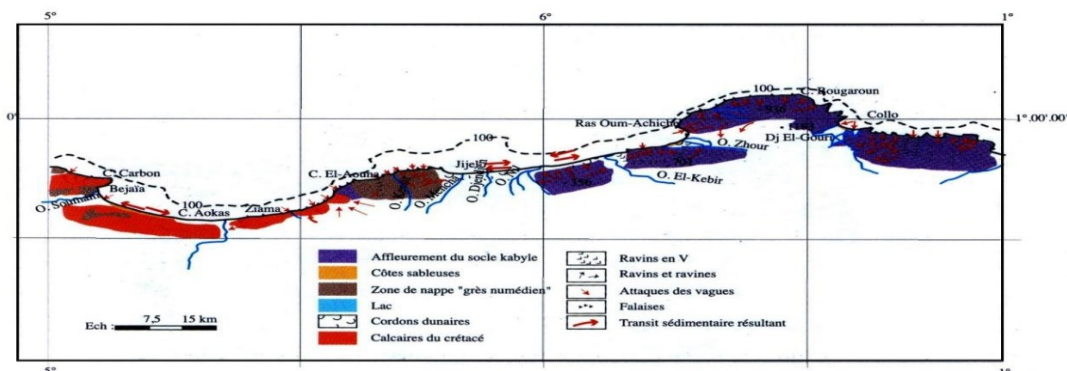


Figure II. 6:Esquisse morphologique du secteur Bejaia-Annaba (BOUTIBA, 2004).

### ▪ Contexte sédimentologique :

Selon les travaux de (Leclaire, 1972), dont il a étudié la nature et la répartition des sédiments sur le plateau continental Algérien, sur la pente continentale Algérienne et aux abords de la plaine abyssale, on arrive à décrire et à résumer les caractéristiques sédimentologiques de la côte Algérienne comme suit :

#### 3.1.La nature et la répartition des sédiments sur le plateau continental Algérien :

### ▪ Secteur occidental :

#### 1. Golfe d'Arzew vers la pointe d'El Aoua :

- Les sables et graviers calcaires purs sont peu répandus dans cette zone, ce sont le plus souvent des sables et graviers plus au moins argileux.
- Une superficie importante recouverte par des vases calcaréo-argileuses.
- Les boues argilo-siliceuses forment une grande vaseuse en ce golfe.
- Le système sablonneux des plages d'Arzew, les sables fins sont bien classés avec un mode : «  $M_o = 2,75$  ».

### 2. Golfe d'Oran vers cap Falcon :

Dans le golfe d'Oran et ses abords, presque tous les sables et graviers calcaires sont plus au moins argileux.

En la baie d'Ain el-Turk, la plage et l'avant-plage sont formés par un sable roux, très fin, bien classé, très quartzueux, avec la dimension des grains la plus fréquente est voisine du mode «  $M_o = 2,25$  »

Les plages de la baie des Andalouses et de Canastel sont construites par du sable grossier roux, riche en calcaire bioclastique, où les sables ont un diamètre compris entre «  $0,75\mu$  et  $0,50$  mm ».

Du cap Figalo au cap Lindlès, la bordure littorale sablonneuse est siliceuse.

### 3. Golfe de Ghazaouet :

Les sables et graviers calcaires sont plus répandus dans le golfe de Ghazaouet.

Aux abords de la baie d'Honaine, la bordure littorale meuble a été édifiée à partir d'un sable noir.

Du cap Figalo au cap Tarsa, les vases silico-calcaires forment quelques vaseuses littorales.

La couverture des sables et graviers calcaires du plateau des îles Habibas est plus homogène.

#### ▪ Secteur central :

##### 1. Baie de Bou-Ismaïl vers Cherchel :

L'analyse des sédiments de la baie de Bou-Ismaïl a permis de mettre en évidence la grande diversité sur le plan sédimentaire des fonds de cette baie, neuf faciès sont identifiés : les sables fins, les sables fins envasés, les vases sableuses, les sables graveleux, les graviers envasés, les sables grossiers et fins graviers, les vases pures et les faciès rocheux, (Grimes, 2010).

Les vases pures et les graviers envasés sont les faciès dominants de la baie de Bou-Ismaïl. Les vases sont très développées dans la région Ouest et forment ainsi une importante vaseuse littorale, tandis que les graviers envasés en Est. Le faciès des sables grossiers et des fins graviers, le faciès des sables graveleux n'est présent que dans la région orientale.

### 2. Baie d'Alger vers cap Benguf :

➤ Présence des sédiments calcaires grossiers, au large du littoral de -80m à -200m compris entre cap Djinet et oued Sébaou.

- Les sables de la plage de Dellys sont gris-brun, peu quartzeux.
- Cap Djinet, cap Blanc, le rocher Noir, représentent une importante frange sablonneuse en Algérie.
- En bordure des dunes de Réghaia le sable est très fins et roux, contrairement aux falaises plio-quadernaires de Suffren et Surcouf dont le sable est grossier.
- Les sédiments argileux sont les plus répandus en cette baie et qui sont très fins.
- A proximité du banc de Matifou et au prolongement sous-marin du cap Matifou, les boues argilo-siliceuses s'enrichissent en calcaire.
- Les zones qui se trouvent à proximité des caps ; le sable est fin, car elles sont abritées par la houle.
- En cette baie, les sédiments meubles, vraiment siliceux sont des sablons dont le diamètre moyen est compris entre « 80 $\mu$  et 120 $\mu$  ».

### 3. Secteur oriental :

#### 1. Golfe de Béjaia vers cap Sigli :

A l'Ouest de Béjaia, le caractère discontinu du recouvrement par les sables et graviers calcaires persiste. Les sédiments siliceux représentent 63 à 64% du recouvrement sédimentaire du plateau continental.

Tous les sables noirs, de Bougie à Mansouriah sont identique : quartz anguleux, bipyramidés, calcite et dolomite. Ces sables noirs sans changer de nature deviennent beaucoup plus fins (sablons) et s'étalent largement dans la baie de Béjaia.

Les caractères granulométriques des sablons des avant-plages de Béjaia indiquent qu'ils sont plus fins de diamètre «  $x^* = 120\mu$  à  $175\mu$  » et leur mode qui est variable entre « 2,50 et 3,25 ».

#### 2. Baie de Jijel vers cap Bougarouni :

La répartition des sédiments superficiels meubles sur le plateau continental de Jijel se fait de la manière suivante :

- Un stock littoral correspondant à des sables littoraux et pré-littoraux ;
- Une vase centrale (milieu du plateau continental) ;
- Un sable mixte coquillier dans les crevasses du substratum rocheux ;
- Un dépôt organogène sur les flancs du haut fond de Jijel.

Sur la corniche du cap Bougarouni, les sables et graviers calcaires ne forment pas une couverture continue mais s'accumulent ici et là dans les poches, les creux des éboulis de falaise.

La grande plage de Djidjelli est constituée par un sable gris plus fin dont les grains sont peu usés sinon intacts, sont plus quartzeux. Les dunes anciennes, les dunes récentes, l'estran et les plages d'El Kalaa sont constitués par un même sable roux fin ou grossier, silico-calcaire.

Aux fonds des criques, de Ziama-Mansouriah, présence des sables noirs où les débris de roches : grès micacés, schistes satinés, dominent.

### 3. Golfe de Skikda :

Les abords Ouest du cap de Fer sont marqués par des sables et graviers calcaires. Cette région présente un cas particulier avec la présence des vases calcaréo-argileuses. Une faible importance de la sédimentation calcaire dans ce golfe. Le fond de la baie de Collo, est tapissé par un sablon gris, micacé, s'ourle d'une plage à sables quartzeux riches en gemmes.

De Collo au cap de Fer, les boues silico-argileuse, de couleur gris-foncé à noir. En ce golfe, les sables et sablons siliceux forment une partie importante de la couverture sédimentaire.

Les plages de la bordure du massif de cap Toukoush sont formées par un sable grossier de diamètre «  $x^* = 700\mu$  » et un mode «  $Mo = 0,55$  ».

Les plages de cap de Fer sont composées d'un sable fin de diamètre «  $x^* = 250\mu$  » et d'autres composées d'un sable grossier de diamètre «  $x^* = 470\mu$  ».

### 4. Golfe d'Annaba vers la baie de Sidi Akkèche :

L'Ouest du cap Rose, les dunes sont constituées par un sable rouge dont les grains à une granulométrie de dimension moyenne. Les vases siliceuses sont localisées en deux endroits : à l'entrée de la baie de Toukoush et au large de la Calle. Le fond de la baie de Toukoush (anciennement baie d'Herbillon » est un mélange des sables et sablons siliceux avec plus de 10% d'argile, ainsi qu'une faible superficie à l'entrée de cette baie est recouverte de vases siliceuses.

Présence des sables grossier à l'Est du cap de Toukoush et au niveau de la baie de Sidi Akkéché. Comme, les vases calcaréo-argileuses est l'un des constituants importants de la couverture sédimentaire de cette région.

### 5. Baie d'El Tarf :

Les sables et graviers sont formés en général, par plus de 90% de calcaire et contiennent des éléments dont la dimension peut varier de plusieurs centimètres à une cinquantaine de microns, (Leclair, 1972). La bordure sablonneuse du cap Roux au cap Rose : les dunes et les plages à l'Est du cap Rose sont formées par un sable fin, blanc, très riche en quartz, dont les grains sont bien calibrés et très émoussés. Avec présence du calcaire de couleur brun à brun-rouge (oxyde et oxyde de fer). Au large de la Calle les vases siliceuses se localisent, et qui recouvrent qu'une petite superficie.

### 3.2. La répartition des sédiments aux abords de la pente continentale Algérienne :

D'après Leclaire 1972, ayant effectué plusieurs dragages répartis en zones différentes de la côte Algérienne, deux sortes de faciès ont été retrouvées :

- **Des boues argilo-siliceuses** : à illite, quartz et débris de roche, pauvres en calcaire tel que le cas de la zone qui s'étend des îles Habibas au massif de l'Edough.
- **Des boues argilo-calcaires** : à illite, foraminifères et coccolithes, riches en calcaire tel qu'au large du golfe de Ghazaouet et Annaba.

### 3.3. La répartition des sédiments aux abords de la plaine abyssale de la côte Algérienne :

La sédimentation en cette zone plus profonde dépend d'un certain nombre d'échantillons avec quelques carottes dont les résultats :

- A l'est du cap Axin, les carottes prélevées ont donné comme résultats :

- Trois phases granulométriques importantes dans les sédiments :

Pélites : ensemble de particules de diamètre supérieur ou égal à  $2\mu$ .

Aleurites : ensemble de particules de diamètre compris entre  $2\mu$  à  $100\mu$ .

Arénites : ensemble de particules de diamètre supérieur à  $100\mu$ .

4. Présence de calcaire arénitique fin et calcaire aleuritique grossier.
5. Une fraction siliceuse qui est un sablon très fin à quartz.
6. Présence des argiles.

- Le fronton du massif de Collo :

7. Présence d'une boue argilo-siliceuse, de couleur grise à noir, très fine.
8. Des fragments de roches.
9. La fraction siliceuse est un sablon noir à quartz.
10. Le calcaire ne représente que 20% du sédiment.
11. Les argiles forment l'essentiel du sédiment.

### II.2.3. Facteurs hydrologique, météo-océanique des baies et des golfes Algériens :

Pour faire aboutir cette démarche, il est capital d'utiliser une large palette de disciplines comme l'hydrologie, l'océanographie, la climatologie, l'hydrodynamique. Persévérance, précision et analyses pluridisciplinaires sont donc nécessaires pour mener cette étude.

- **Facteur hydrologique :**

Sur le plan hydrographique, l'Algérie est divisée en trois grands bassins assez denses du Nord vers le Sud (Tell, les Hauts-Plateaux et le Sahara). La sont constitués dix-sept (17) grands bassins versants dont quinze (15) présentent un exutoire vers la Mer Méditerranée et déterminent ainsi un linéaire côtier de 1622 Km, (Ahfir et Meziane, 2016).

Les apports et le comportement hydrologiques des cours d'eau sont la résultante de l'interaction complexe des facteurs climatiques et physiographiques dont le caractère de disparité spatiale, est nettement marqué. La variété du contexte physico-géographique des bassins versants en Algérie conséquence d'une lithologie à forte fraction argileuse des terrains constituant les bassins versants, (ANRH, 1993).

En Algérie du Nord, l'état des connaissances sur les écoulements des cours d'eau permet de distinguer deux types de régimes : Un régime simple et un régime complexe, avec une extrême irrégularité saisonnière et interannuelle et par des crues violentes et rapides avec une érosion intense et des transports solides considérable, (Kadi, 1997).

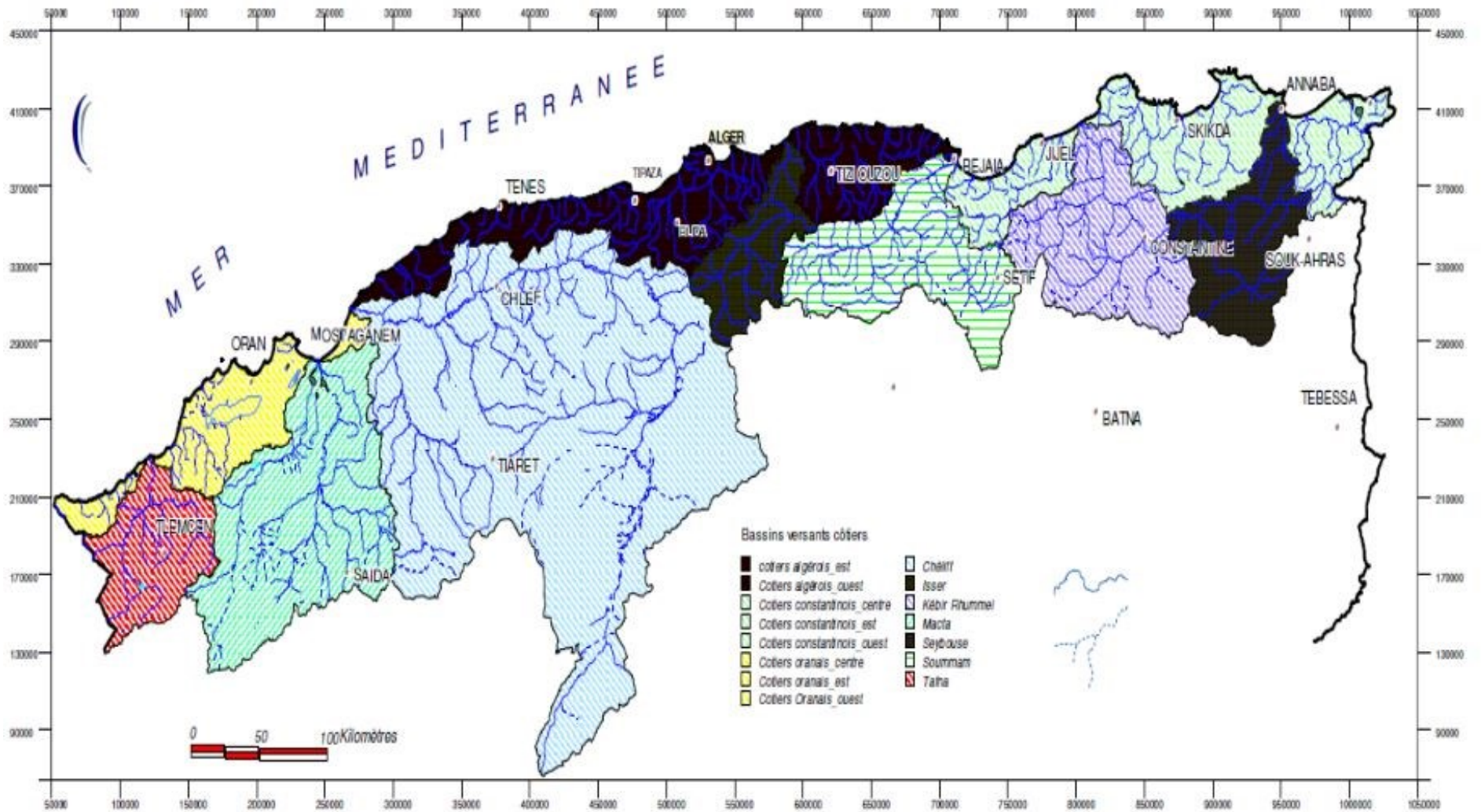
La répartition spatiale des apports des cours d'eau, établie sur la base des données d'observations des bassins jaugés, ces fortes disparités confèrent à la région, deux systèmes hydrologiques opposés : des oueds à écoulement exoréique et relativement abondant, au Nord (bassins subhumides à humides), et des oueds à écoulement endoréique, manifestement modeste, au Sud (bassins semi-arides à arides) (Tableau II.1).

## Chapitre II : Généralités sur les zones d'étude

**Tableau II.1:** Bassins versants et principaux cours d'eau de l'Algérie du Nord

(MRE, 2010, modifiée)

Secteur	La zone	La superficie (km <sup>2</sup> )	Débit liquide (m <sup>3</sup> /s)	Les principaux Oueds	La longueur (m)
<b>Secteur Occidental</b>	Golfe de Ghazaouet	7245	11,26	• Oued Tafna	25056
	Golfe d'Oran	5831	-	• Oued El Mellah	21133
	Golfe d'Arzew	43750	48,83	• Oued Chéliff	32757 700000
<b>Secteur Central</b>	Baie de Bou-Ismaïl	1912 230	- 0,89	• Oued Mazafran • Oued Nador	24902 9315
	Baie d'Alger	1200 315	5,41 3,48	• Oued El Harrach • Oued El Hamiz	19507 14690
	Alger -Est	2890 4149	- 16,49	• Oued Sebaou • Oued Isser	13241 17021
<b>Secteur Oriental</b>	Golfe de Béjaïa	9200 -	22,20 -	• Oued Soummam • Oued Agarioun	32771 12374
	Baie de Jijel	8815 525	23,78 13,32	• Oued El Kbir • Oued Djen-Djen	200000 63000
	Golfe de Skikda	1740	6,71	• Oued El Kbir	30600
	Golfe d'Annaba	2898 5900	11,16 13,4	• Oued Mafrag • Oued Seybousse	108208 255000



**Figure II.7 :** Carte des bassins versants littoraux et réseau hydrographique du l'Algérie du Nord (Extrait du réseau hydrographique digitalisé par l'ANRH, 1993)

- **Facteurs météo-océaniques :**

La variabilité du climat est généralement associée avec des phases de couplage de phénomènes océaniques et atmosphériques :

- a. Facteur météorologie :**

L'Algérie comprise entre 18° et 38° de latitude Nord, et entre 9° de longitude Ouest et 12° de longitude Est, leur climat est varié, car le pays a une très grande superficie qui correspond à un climat Méditerranéen irrégulier. Son étendue géographique confère aux divers microclimats par la voie des formes du relief et de leurs orientations.

On peut distinguer un ensemble d'éléments et de facteurs climatiques rapportés en catégorie selon, (Benlatreche, 2006) :

- Facteur énergétique : température ;
- Facteur hydrologique : précipitations ;
- Facteur mécanique : vents.

- 1. La température :**

La température est un facteur constitutif du climat influant l'environnement en général, c'est un élément primordial pour caractériser le climat régional selon plusieurs variables et avec une évolution spatio-temporelle.

Les températures enregistrées sur la plaine littorale Algérienne se caractérisent par un régime thermique de type Méditerranéen dont le rythme saisonnier est simple :

- En été, l'Algérie est soumise à l'influence des hautes pressions subtropicales qui eu égard à sa latitude, donne des temps très chauds, très secs et tempérés, mais seulement, aux bords de mer.
- En hiver, le retrait des hautes pressions vers des latitudes plus basses livre la région à la circulation zonale d'Ouest : le temps est plus frais et plus humide, (Benyettou et al, 2017).

- **Secteur occidental :**

L'analyse des températures moyennes annuelles du littoral occidental fait ressortir que la période estivale est caractérisée par des températures relativement élevées avec des températures moyennes mensuelles élevées qui varient entre 10°C à 27°C, par contre la température moyenne annuelle est de l'ordre de 17,7°C, les températures les plus élevées coïncident avec la période où les précipitations diminuent.

La température est caractérisée par une longue saison chaude de mois d'avril au mois d'octobre avec des températures moyennes de 32°C présentent le mois (mai au septembre), avec des valeurs maximales moyennes variant entre (37°C à 39°C), et des valeurs moyennes

## Chapitre II : Généralités sur les zones d'étude

minimales comprises entre (5°C et 15°C) en mois de janvier, (U.S.Weather Bureau and the National Weather Service.2002).

Pour les stations de l'Ouest de pays : la température moyenne de la région d'Oran et Tlemcen est respectivement de 18,23°C, 18,30°C. L'évolution générale des températures moyennes annuelles durant la période 1982-2016, est quasiment identique pour les stations de la partie Ouest de la bande littorale.

- **Secteur central :**

A partir des données de l'Office National de la Météorologie (O.N.M, 2010) de Dar El Beida, la partie centrale du littoral Algérien est caractérisée par des températures de l'air qui varient entre 12° C et 27° C. Le mois le plus chaud est le mois d'août avec une moyenne de 27°C et le mois le plus froid est le mois de janvier avec une moyenne de 11C°.

L'été est ensoleillé, l'air est humide, mais il y'a aussi la brise de la mer. En hiver, il fait froid par temps clair, alors que les journées sont généralement douces (Tableau II.2).

**Tableau II.2 :** Les températures mensuelles moyennes de la zone centrale durant la période 1976 – 2005 (Source : ONM, 2007).

Mois		Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juillet	Août	Sep	Oct	Nov.	Dec
<b>T(C°)</b>	Min	5.5	5.9	7.1	8.8	12.3	16.1	18.9	19.8	17.6	14.2	9.8	7.2
<b>Moy.</b>	Max	16.7	17.4	19.2	20.9	23.9	28.2	31.2	32.2	29.6	25.9	20.8	17.9

- **Secteur oriental :**

D'après les observations faites par (Seltzer, 1946), l'année peut se diviser en deux périodes thermiques :

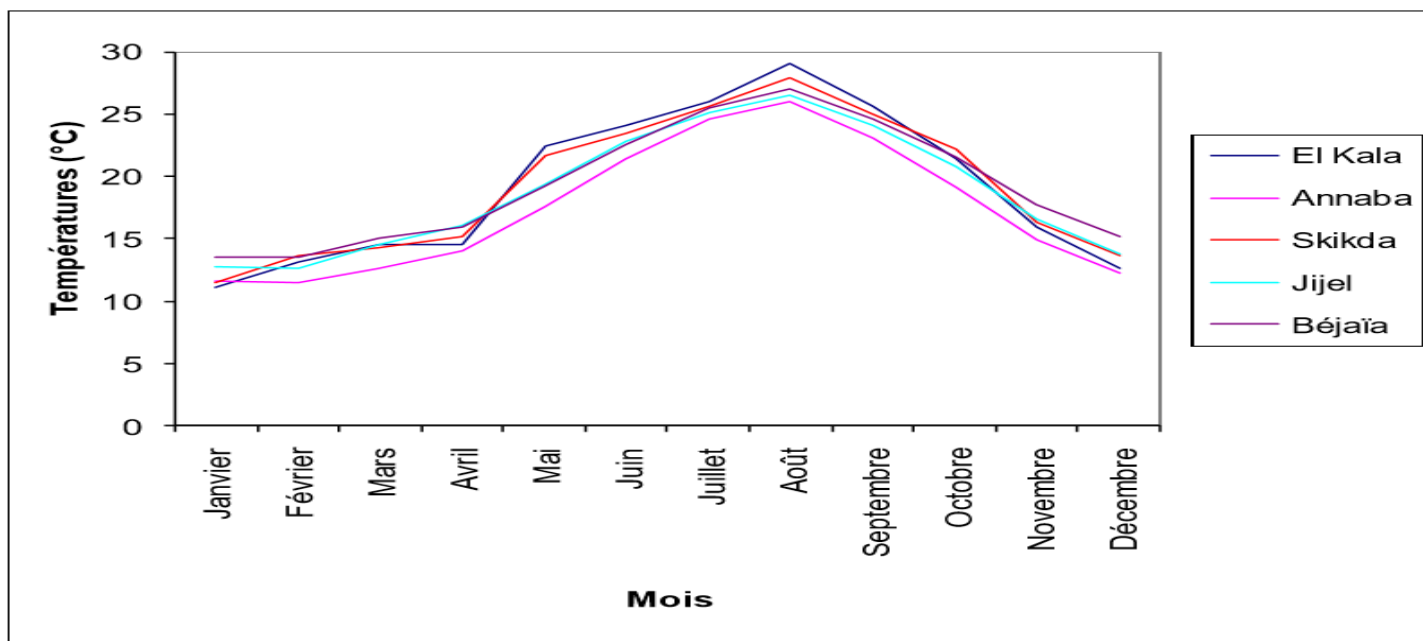
- Une période froide de novembre à avril avec des températures moyennes variant entre 9,5 °C et 12°C.
- Une période chaude de mai à septembre avec des températures moyennes annuelles de 29,5 °C à 32°C.

Les températures minimales négatives sont absentes le long de la côte en raison de la présence de la mer, qui adoucit les températures et relève le degré hygrométrique et les températures maximales, situées en juillet et en août, sont généralement liées au Sirocco, (Belair, 1990).

Dans la partie orientale de la côte (Annaba), la mer est un peu plus chaude que dans la partie Ouest (Oran), qui se trouve près de la mer d'Alboran, où les eaux chaudes de la Méditerranée se mélangent avec les eaux froides de l'Atlantique .

## Chapitre II : Généralités sur les zones d'étude

Une comparaison des températures moyennes mensuelles entre les différentes régions du secteur oriental de la côte Algérienne, fait ressortir une amplitude thermique élevée, calculées entre 2000 et 2005, varient de 12,6°C (janvier) à 25,6°C (août) soit deux périodes thermiques : une période chaude de mai à septembre et une période froide d'octobre à avril (Figure II.8). La mise en évidence de ces deux périodes thermiques coïncide parfaitement avec les observations réalisées par Seltzer (1946) sur le climat du nord de l'Algérie.



**Figure II.8 :** Moyennes mensuelles des températures atmosphériques (2000 – 2005) enregistrées aux niveaux des différentes régions du secteur oriental de la côte Algérienne (Données de l'ONM, 2011)

### 2. Précipitation :

Les précipitations au Nord de l'Algérie sont liées à l'arrivée de fronts dépressionnaires du NW, dont l'origine est le plus souvent atlantique, (Refes, 2011).

Les précipitations varient en fonction de l'altitude et de l'orientation des chaînes de montagne, elles sont déterminées par la direction des axes montagneux par rapport à la mer et aux vents. Ce sont les versants Nord, Nord-Est et leurs sommets qui reçoivent les précipitations les plus fortes en diminuant d'Est en Ouest, (Seltzer, 1946), (Tableau II.3).

**Tableau II.3 :** Distribution spatiale des précipitations au Nord de l'Algérie dans les différents secteurs Ouest en Est, (ONM, 2007)

Secteur	Occidental	Central	Oriental
Littoral	400mm	700mm	900mm
Sommet de l'Atlas Tellien	600mm	700 - 1000mm	800-1600mm

## Chapitre II : Généralités sur les zones d'étude

### ▪ Secteur occidental :

Le Nord-Ouest de l'Algérie a connu dans les deux dernières décennies une sécheresse sévère caractérisée par des déficits pluviométriques variant de 12% à 20%.

Les précipitations sont plus faibles dans la partie occidentale (Tlemcen et Oran), où elles varient entre 330 et 400 mm/an, et donc le paysage est plus aride, la plupart des précipitations se produisent entre octobre et avril.

D'une manière générale les moyennes pluviométriques interannuelles dans cette zone sont faibles de l'ordre de 300 et 500 mm/an, les plus faibles sont enregistrées dans la partie sud de la zone. La station de Tlemcen présentent des moyennes peu élevées (> 500 mm), sont situées à des altitudes plus élevées.

Ce déficit pluviométrique est accentué par l'irrégularité des précipitations. Ce trait du climat Méditerranéen en général dans les zones semi-arides en particulier est très accusé en Oranie. Ces variations sont périodiques, saisonnières annuelles ou interannuelles.

Les saisons sont bien tranchées : une saison sèche et chaude qui s'étend de juin à octobre et une saison pluvieuse et fraîche qui s'étale de novembre au mai. Le nombre de jours de pluies individualise ces plaines littorales, 63 jours par an en moyenne. Les pluies torrentielles sont importantes, (PATW, Oran 2014).

### ● Secteur central :

Les précipitations deviennent plus importantes dans la partie centrale par rapport à l'Ouest, avec des quantités qui varient entre 400 et 600 mm/an. La plupart des précipitations se produisent entre Octobre et Avril.

La moyenne des précipitations annuelles entre 1970 et 2006 est de 509.25 mm/an, (ONM, 2007), Cette pluviométrie est très variable d'une saison à l'autre et présente les moyennes, les maxima et les minima suivants (Figure II.8) :

Mai- Septembre : 0 mm < pluviométrie < 98,5 mm, avec une moyenne de 14,64 mm.

Octobre-Avril : 57,7 mm < pluviométrie < 454,1 mm, avec une moyenne de 209,13 mm.

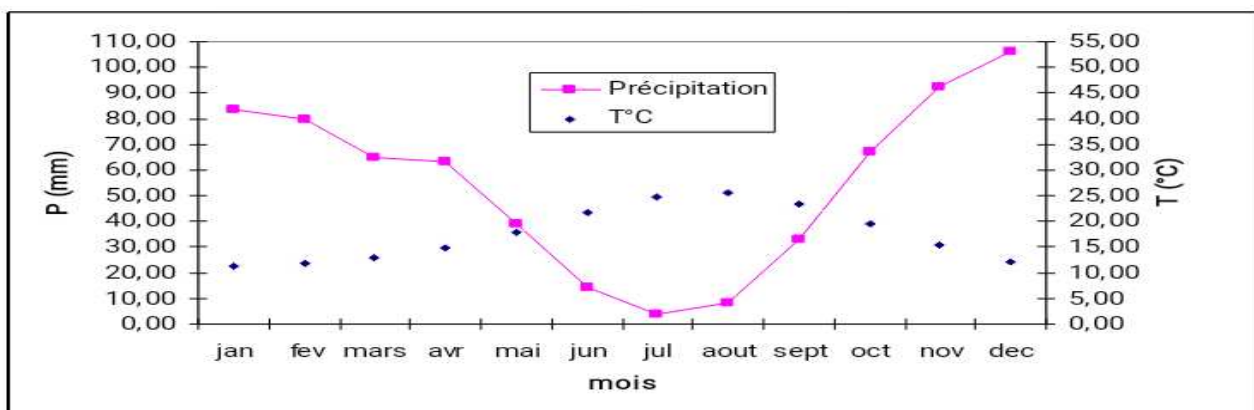


Figure II. 9: Les diagrammes ombrothermiques de Gaussen de secteur central (1994-2007), (ONM)

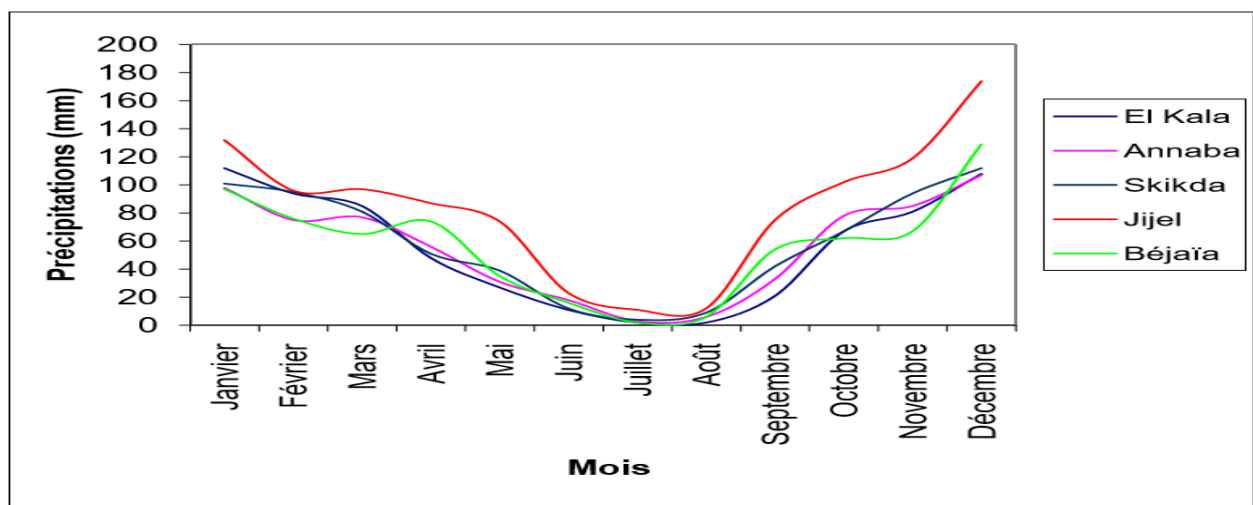
### ▪ Secteur oriental :

D'après les enregistrements effectués aux niveaux des différentes régions du secteur oriental les précipitations annuelles : El Kala (600 à 900 mm/an), Annaba (600 à 700 mm/an), Skikda (700 à 900mm/an), Béjaïa (600 à700mm/an), Jijel est l'une des régions les plus pluvieuses d'Algérie avec en moyenne 2000 mm/an.

On distingue deux saisons (**Figure II.10**) :

-Une saison sèche de mai à septembre, elle représente 25 % de la pluviométrie moyenne annuelle avec des précipitations minimales en juillet.

- Une saison humide d'octobre à avril représentant 75 % de la pluviométrie moyenne annuelle avec des précipitations maximales au mois de décembre



**Figure II.10** : Moyennes mensuelles des précipitations de la partie orientale (2000– 2005)  
(Données de l'ONM)

### 3. Le vent :

Le vent constitue un élément primordial à prendre en considération dans toute étude relative à la zone côtière. En effet ils sont des générateurs des vagues et des courants superficiels, leurs impacts croient avec leurs vitesses. Ils jouent donc un rôle considérable dans l'évolution géomorphologique des milieux littoraux, surtout les côtes basses d'accumulations des régions à climat sec, (Boutiba, 1996). Ce facteur joue un rôle considérable dans les transferts sédimentaires directement sur la partie aérienne et par les différents agents hydrodynamiques générés par celui-ci sur la partie immergée.

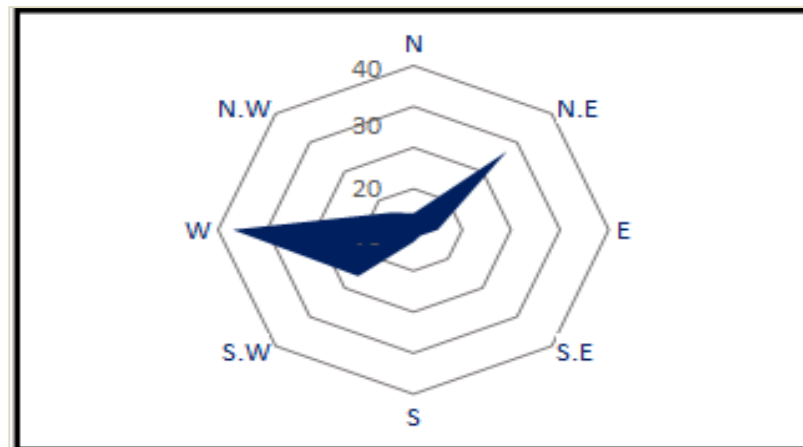
#### 3.2. Secteur occidental :

##### 3.3.1. Golfe d'Arzew/ Oran/Ghazaouet :

## Chapitre II : Généralités sur les zones d'étude

A partir des données de l'Office National de Météorologie, on obtient trois directions dominantes du vent en golfe d'Arzew, golfe d'Oran et golfe de Ghazaouet ; qui sont de directions Ouest, Nord-Est, et Sud-Ouest (Figure II.11) :

- Direction W avec une fréquence de 37% ;
- Direction N-E avec une fréquence de 27% ;
- Direction S-W avec une fréquence de 16%.



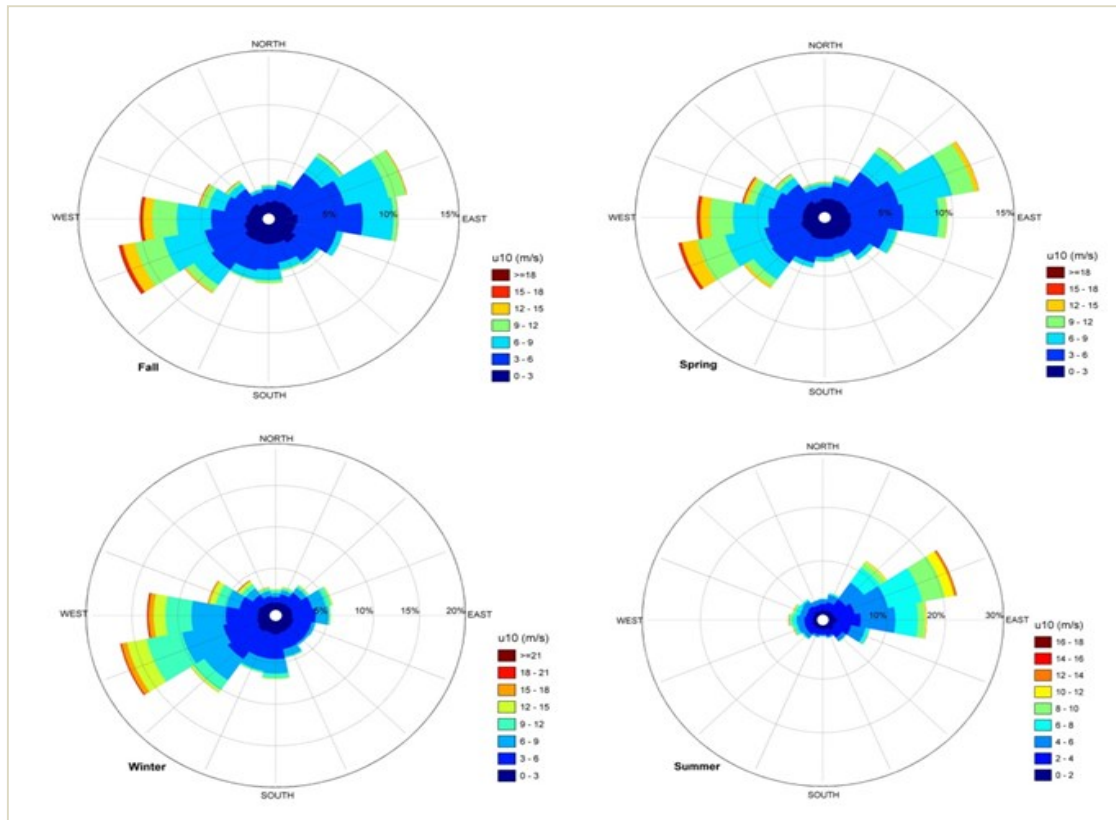
**Figure II.11:** Rose des vents sur une période annuelle (Donnée de l'ONM 1990 – 2010).

### 3.2. Secteur central :

#### 3.2.1. Baie d'Alger :

Le régime et la vitesse des vents dans la région d'Alger peuvent être résumés dans les roses des vents suivantes (Figure II.12), dont on distingue les principales directions dominantes en fonction des saisons tel que:

- En été : cette zone marque par la dominance du vent issu de secteur NE et E, avec des fréquences respectives de 23% et 17 %, leur vitesse se répartisse entre 8 à 13m/s.
- En Hiver : cette zone marque par la dominance du vent issu de secteur SW et W, avec des fréquences respectives de 24% et 13%, la vitesse du vent se propage entre 15 à 18m/s.
- Par contre en Automne et en Printemps, il marque par la prédominance des vents de secteur NE et SW, talque en Printemps la fréquence du vent est de 13% et 11% et qui souffle a une vitesse qui varie entre 12 à 15m/s. En Automne la fréquence est de 11% et 12% pour les deux directions avec une vitesse qui varie entre 13 à 16m/s.

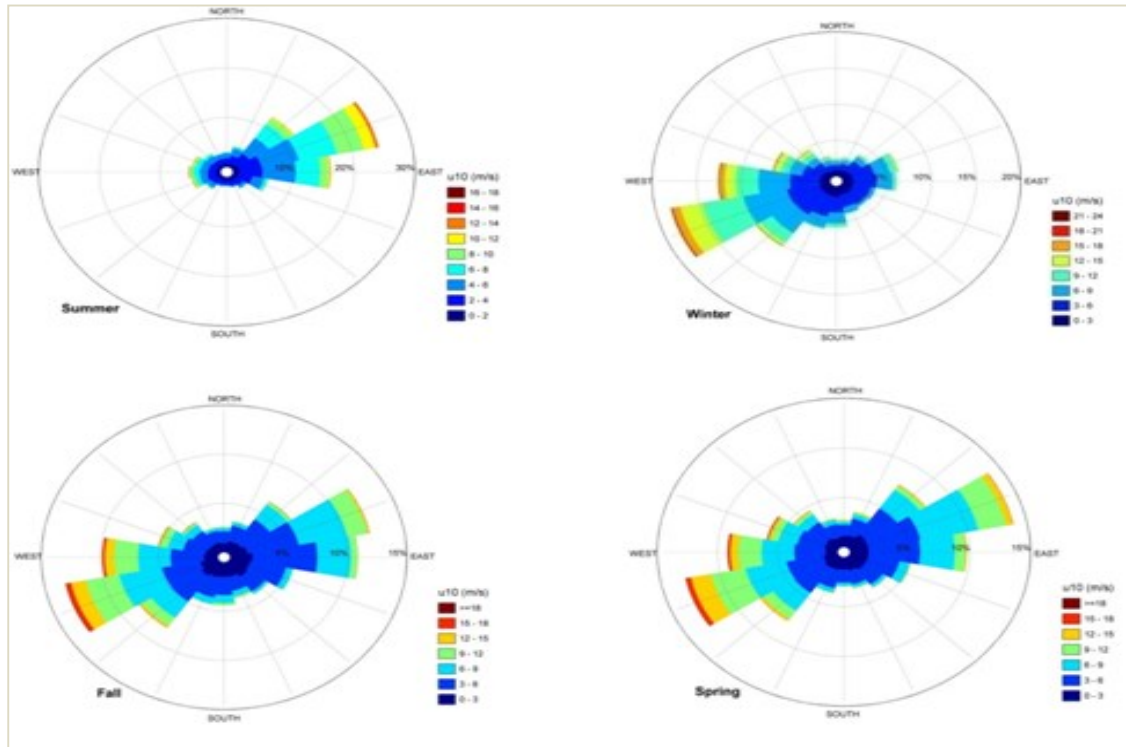


**Figure II.12 :** Roses trimestrielles des vents au large de la baie d'Alger (Infoplaza, 2019)

### 3.2.2. Baie de Bou-Ismaïl :

Les résultats des observations du vent effectuées au large de la baie de Bou-Ismaïl, sont rapportés sous forme de roses de vents pour chaque trimestre. D'après les fréquences d'apparition du vent par direction et par classe de vitesse pour chaque trimestre, on enregistre une prédominance des vents issus des directions NE, NW avec des fréquences respectives de 25% et 18% pour les deux trimestres (hiver et été) avec des vitesses relatives varient entre 12 et 15m/s.

Les directions W, E et SW sont aussi fréquentes en printemps et en automne mais avec des fréquences relativement faibles (10% à 11%). Une grande partie des vents issus de ces directions ont des vitesses entre 8 et 12m/s.



**Figure II.13** : Roses trimestrielles des vents au large de la baie de Bou- Ismaïl (Infoplaza, 2019)

### 3.3. Secteur oriental :

#### 3.3.1. Golfe de Béjaïa :

Le ressort des données recueillies dans la région de Béjaïa, montre que les régimes des vents sont influencés par le relief environnant en l'occurrence le Djebel Gouraya, les Babors et la vallée de la Soummam. Ces données caractéristiques des vents sont fournies par l'United States of Naval Weather Service Command (U.S.N.W.S.C).

En effet, les vents de la partie Ouest sont canalisés par la vallée de la Soummam qui leur donne son orientation Sud-Ouest – Nord Est : c'est « le vent de la Soummam ».

D'après les fréquences d'apparition du vent par direction et par classe de vitesse pour chaque trimestre et pour toute l'année et selon les roses trimestrielles et annuelles des vents indiquées sur la (Figure II.14), on enregistre une prédominance des vents issus des directions Ouest et NW avec des fréquences respectives de 29% et 7% pour les trois trimestres (hiver, printemps et automne).

Les directions Nord, Est et Nord-Est sont aussi fréquentes mais avec des fréquences relativement faibles.

## Chapitre II : Généralités sur les zones d'étude

Une grande partie des vents issus de ces directions ont des vitesses supérieures à 8 m/s.

Pour le troisième trimestre (estival), les directions de vent suscitées existent toujours, mais avec une nette prédominance des vents issus des directions Est et Nord-Est avec des fréquences respectives de 31% et 22 %.

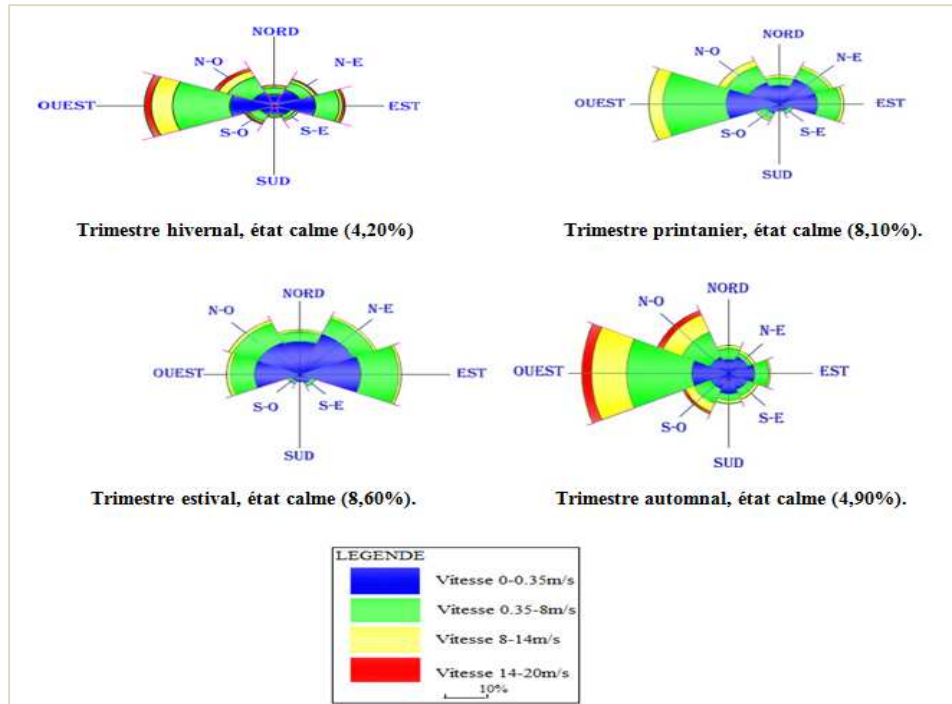


Figure II. 14: Roses trimestrielles et annuelle des vents au large des côtes de Béjaïa, (LEM, 1998)

### 3.3.2. Baie de Jijel :

Dans la région de Jijel durant le premier 1er et le 4ème trimestre de l'année, les vents de l'Ouest sont dominants (plus de 25% du temps) et une grande partie de ces vents a une vitesse supérieure à 8 m/s. Dans le 2ème et le 3ème trimestre, ce sont les vents du Nord- Est et Est qui prédominent (plus de 20% du temps).

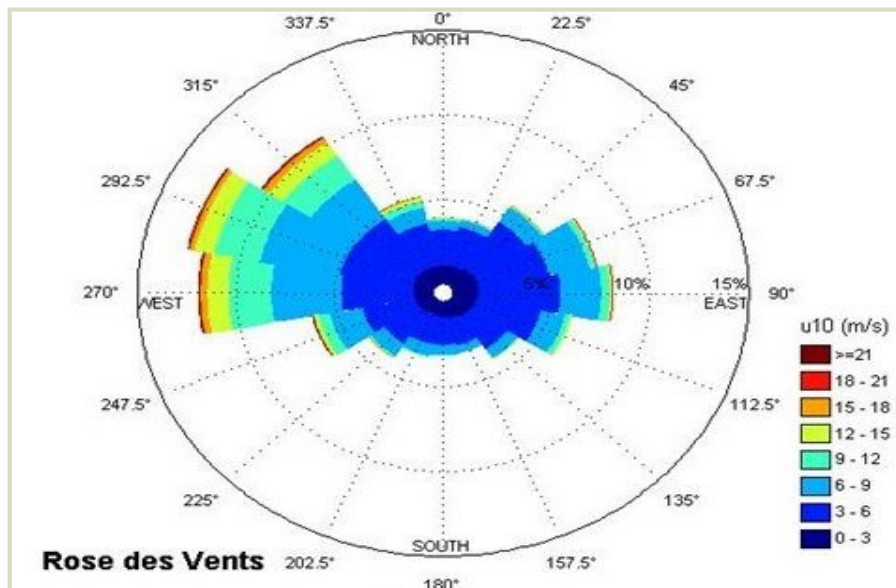
### 3.3.3. Golfe de Skikda/Golfe d'Annaba/Baie d'El Tarf :

A partir des données d'Infoplaza Marin Weather ; base de données disponibles sur Internet, des résultats présentent les directions prédominantes du vent au large du golfe de

## Chapitre II : Généralités sur les zones d'étude

Skikda, golfe d'Annaba, baie d'El Tarf sont rapportés sous forme de roses des vents (Figure II.15), dont on distingue trois directions principales apparaissent, Nord-Ouest, Ouest, Ouest-Nord -Ouest :

- Directions W.N.W, avec une fréquence de 14% ;
- Directions N.W, avec une fréquence de 13% ;
- Direction W, avec une fréquence de 12%.



**Figure II.15:** Rose des vents annuelle du golfe de Skikda, Annaba et baie d'El Tarf (Infoplaza, 2019)

### b. Facteurs océanique :

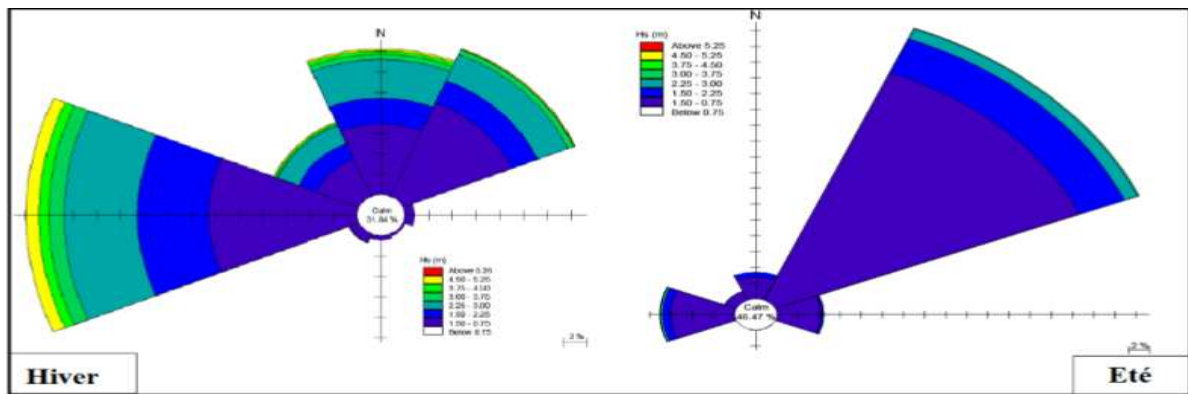
Les facteurs hydrodynamiques peuvent liées aux plusieurs phénomènes océaniques tel que :

#### 1. Les houles :

Le traitement statistique des données d'observation des houles au large, nous a permet de déterminer les fréquences d'apparition des houles par direction et par période.

Les statistiques des houles dans la côte algérienne, font apparaître deux régimes (Figure II.16) :

- Les houles les plus fortes sont hivernales, de direction W dominante avec les plus grandes amplitudes (entre 1 et 3m) engendrant une dérive littorale de E vers le SW.
- En été, les directions dominantes sont issues du secteur NE avec des amplitudes plus faibles et leur propagation est pratiquement parallèle à la côte.



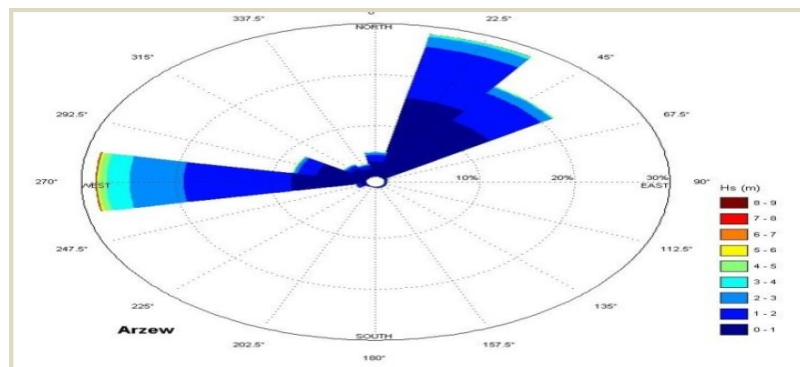
**Figure II.16 :** Rose des vagues au large de la côte Algérienne, (CTH, 2008)

### 1.1. Secteur occidental :

#### 1.1.1. Golfe d'Arzew :

L'analyse de propagation des houles au niveau de golfe d'Arzew (Figure II.17) où on constate :

- Au large, la rose annuelle des houles montre que les agitations qui touchent la côte proviennent généralement des secteurs NNE, W et NE, avec des fréquences respectives de 29%, 28% et 21%, et des amplitudes maximales montent des valeurs inférieure à 1m. Les fortes agitations avec des amplitudes supérieures à 7 m prévenant du secteur Ouest.
- Les houles des secteurs Net NW sont les moins observées avec des fréquences entre 3% et 5%.



**Figure II.17 :** Rose annuelle des houles du golfe d'Arzew, (Infoplaza, 2019)

#### 1.1.2. Golfe d'Oran/ Ghazaouet :

D'après l'analyse statistique des données de houle annuelle au niveau de la partie occidentale du littoral Algérien inclue les deux golfes d'Oran et Ghazaouet (Figure II.18), la

rose de houle obtenue permet de définir les secteurs prédominants de la houle et leurs amplitudes respectives :

- Au large, la rose annuelle des houles montre que les agitations les plus fréquentes qui touchent la côte proviennent généralement des deux secteurs NE et W avec des fréquences de 27% et 20%.
- Les houles dominantes sont caractérisées par des hauteurs significatives oscillantes généralement entre 1 et 4m.
- Les houles des secteurs Net NW sont les moins observées avec des fréquences entre 1% et 2%.

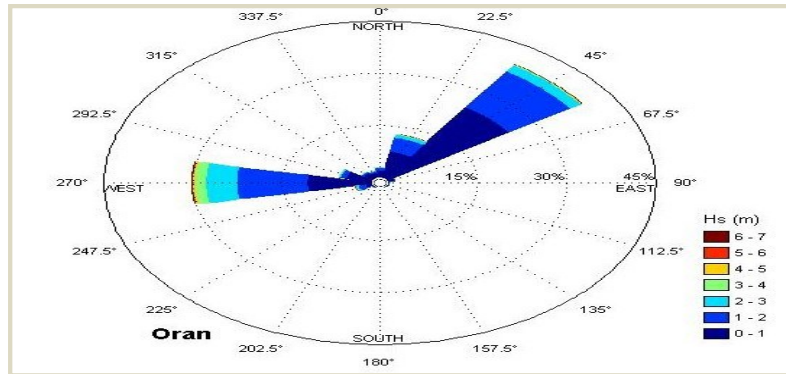


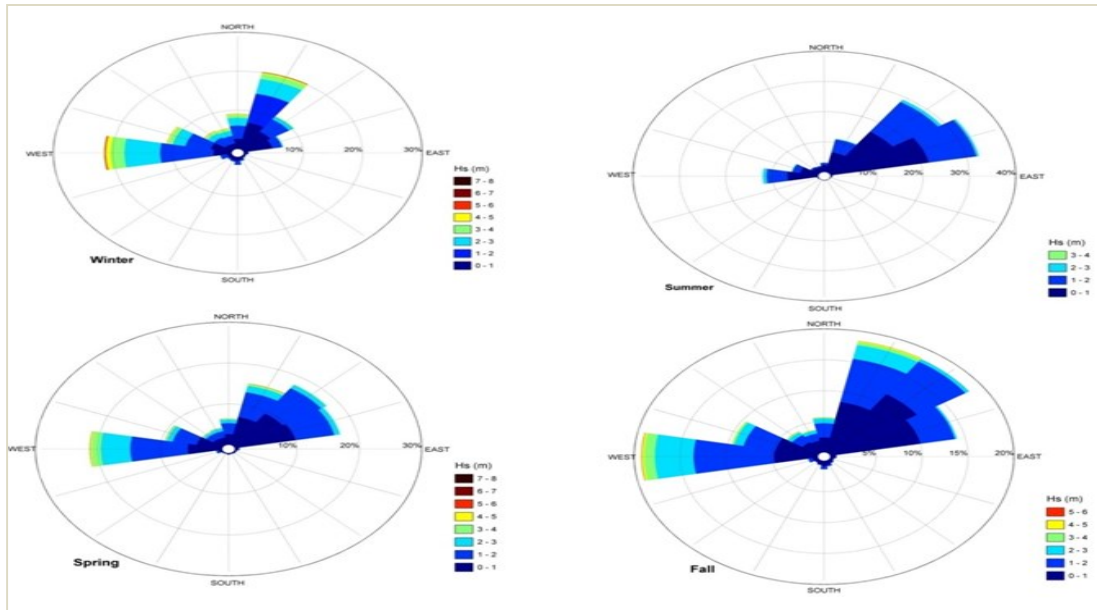
Figure II.18: Rose annuel des houles du golfe d'Oran/Ghazaouet (Infoplaza, 2019)

### 1.2. Le Secteur central :

#### 1.2.1. Baie d'Alger :

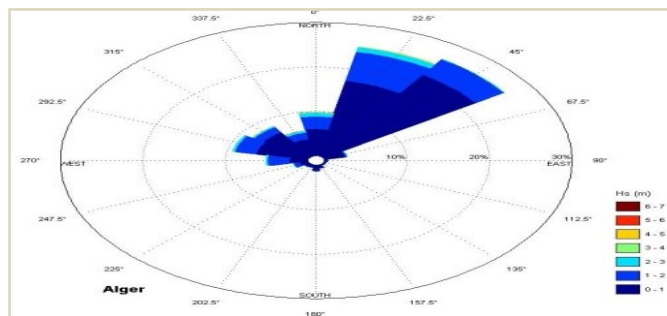
La fréquence et la direction d'apparition de la houle dans la région d'Alger peuvent être résumés dans les roses des houles (Figure II.19), dont on distingue les principaux secteurs dominants en fonction des saisons tel que:

- En période estivale, les houles de direction ENE et NE est les prédominantes, avec des fréquentions d'apparition successives de (32% et 28%) avec des amplitudes maximales supérieure à 2m.
- La période hivernale marque par la prédominance des houles prévenant de secteur NE et celle de W avec des fréquences d'apparition qui varie de 20 % à 22% et des hauteurs supérieures à 5m.
- Pour les saisons de printemps et d'automne c'est les houles de secteur NE et W qui prédominent, avec des fréquences approximative de 18% à 21%, et des hauteurs maximales qui dépassent les 4m.
- Les fortes agitations proviennent fréquemment de la direction NE avec des hauteurs significatives des houles pouvant atteindre un maximum de 5m en hiver, 2m en été, voir 3m au printemps et en automne.



**Figure II.19** : Roses trimestrielles de houle de la baie d'Alger (Infoplaza, 2019)

- Au large des côtes de la baie d'Alger, la rose annuelle des houles (Figure II.20), montre que les agitations qui touchent la côte proviennent essentiellement des secteurs N, NE et NNE, avec des fréquences respectives de 10%, 23% et 25%, et des amplitudes maximales < 1m. Les fortes agitations avec des amplitudes supérieures à 3m sont moins fréquentes et proviennent essentiellement des secteurs NNE et NE.
- Les houles des secteurs W et NW sont les moins observées avec des fréquences de 9% et 7% respectivement.



**Figure II.20** : Rose annuelle des houles de la baie d'Alger (Infoplaza, 2019)

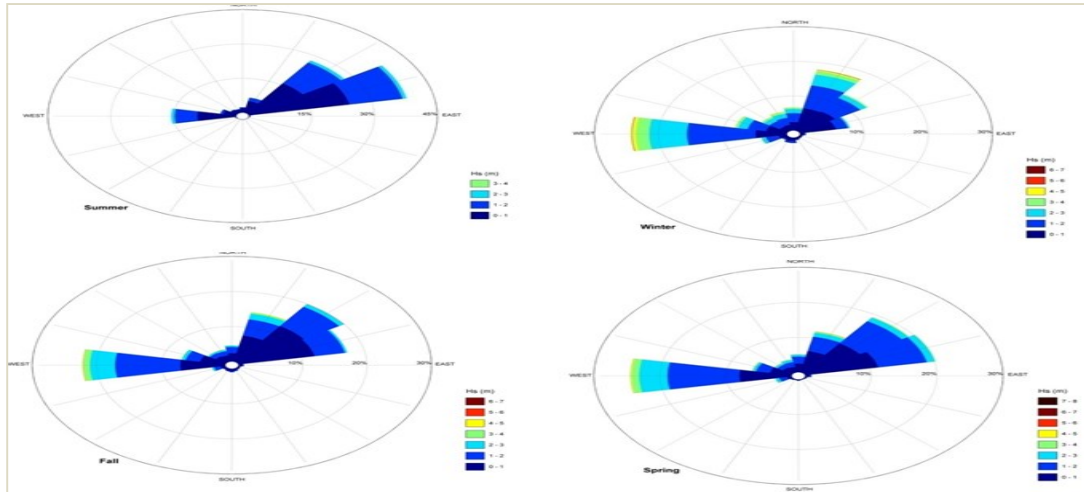
### 1.2.2. Baie de Bou-Ismaïl :

En été, les houles de secteur ENE et NE sont les prédominant, avec des fréquences d'apparition successive de 42% et 28%. Par contre en hiver c'est les houles de secteur W et NE qui prédominent avec des fréquences d'apparition de 24% et 18%.

## Chapitre II : Généralités sur les zones d'étude

Pour les saisons de printemps et d'automne c'est les houles W et NE qui prédominent, cependant c'est les houles d'Ouest qui sont les plus importantes (24% et 20%).

Pour les houles du secteur Ouest, elles ont une répartition assez régulière durant l'année pour les trois saisons (Hiver, Printemps, et Automne) qui marque par des fortes agitations avec des hauteurs significatives de houles pouvant atteindre plus de 5m en hiver, 3 à 4m en automne et en printemps.



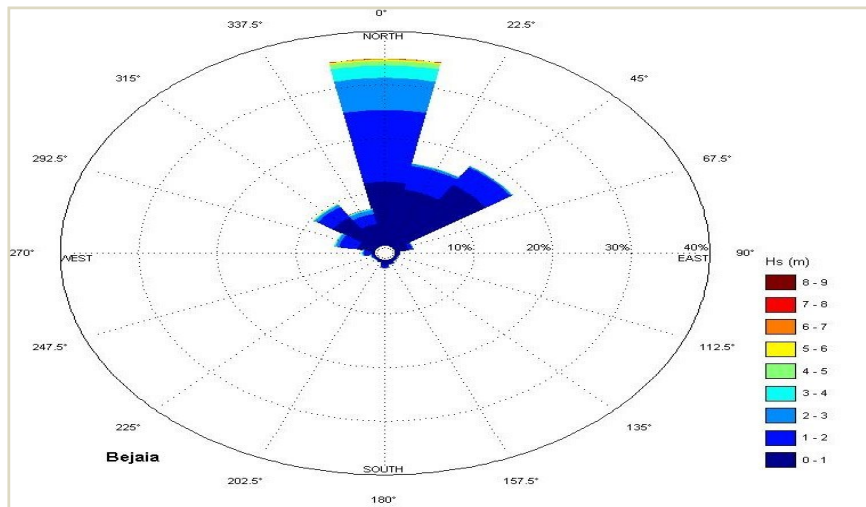
**Figure II.21** : Roses trimestrielles de houle de la baie de Bou-Ismaïl (Infoplaza, 2019)

### 1.3. Le secteur oriental :

#### 1.3.1. Golfe de Bejaia / Baie de Jijel :

L'analyse de la rose de houle de cette zone montre que :

- Au large des côtes de Bejaia et Jijel, la rose annuelle des houles (Figure II.22), montre que les agitations qui touchent la cote proviennent des secteurs N, NE et NNE avec des fréquences respectives de 42.5%, 19% et 17,5% avec des amplitudes maximales < 1,5m. Les fortes agitations avec des amplitudes supérieures à 5m sont moins fréquentes et proviennent essentiellement des secteurs Nord.
- Les houles des secteurs W et NW sont les moins observées avec des fréquences de 9% et 4,5% respectivement.



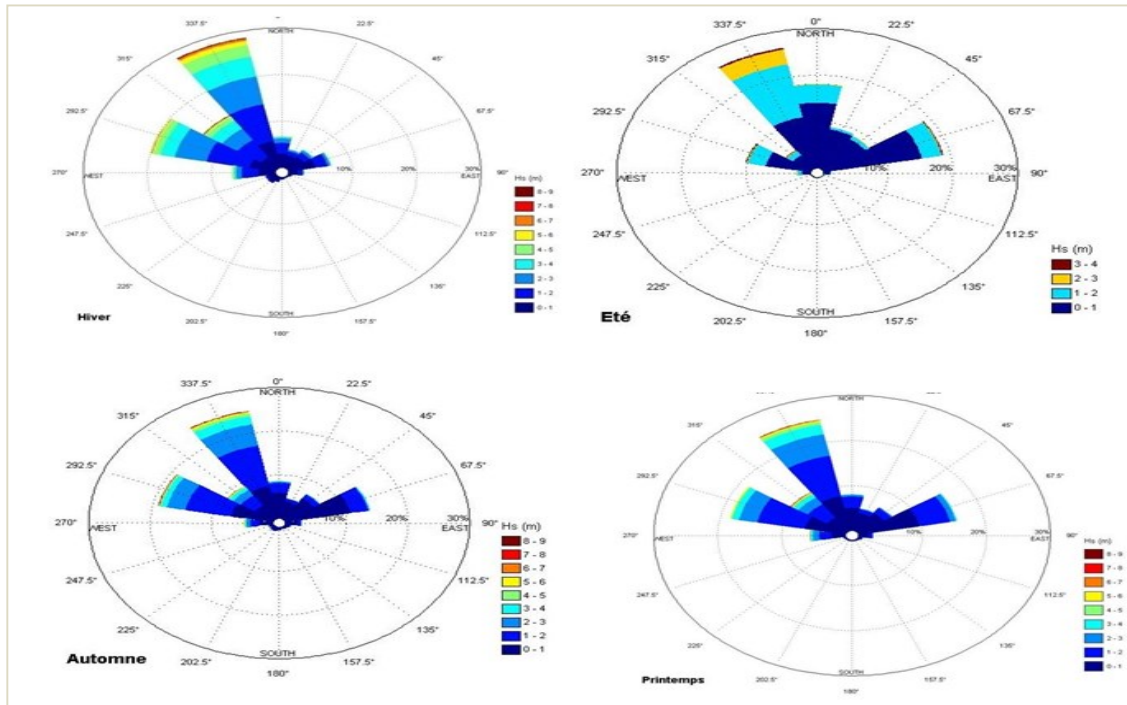
**Figure II.22** : Rose annuelle des houles du golfe de Bejaia et la baie de Jijel (Infoplaza, 2019)

### 1.3.2. Baie de Skikda / Baie d'Annaba/ Baie de El Taref :

La fréquence et la direction d'apparition de houle dans les régions de secteur Est (Skikda, Annaba, El Taref) peuvent être résumés dans les roses des houles (Figure II.23), dont on distingue les principaux directions dominants selon les saisons :

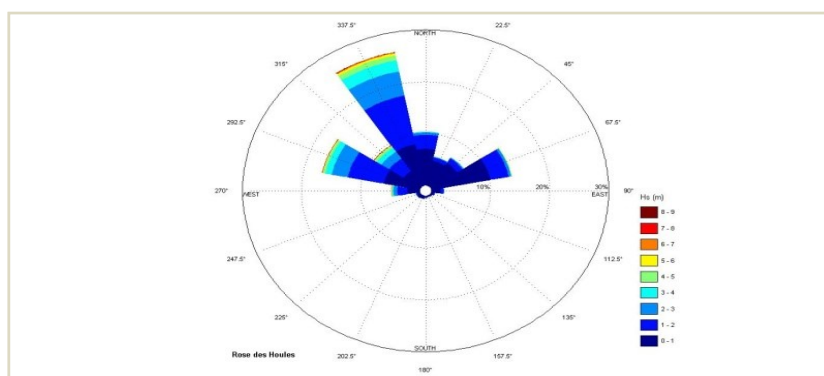
- En saison estivale, les houles de direction NW, NE et N est les prédominantes, avec des fréquences d'apparitions successives de (25%, 19% et 18%) avec des hauteurs (3,5m, 2,5m, 2m).
- La saison hivernale marque par la prédominance des houles provenant de secteur NW, WNW et NNW avec des fréquences d'apparitions successives 29 % et 20% et 15% avec des amplitudes maximales entre 5m à 8m.
- Pour les saisons de printemps et d'automne, on observe pratiquement les mêmes directions dominantes de houle provenant de secteur NW, WNW et ENE, avec des fréquences moyennes successives de 35%,19% et 15% avec des hauteurs qui varient entre 2m à 5m.
- Les fortes agitations proviennent fréquemment de la direction NNW avec des hauteurs significatives de houles pouvant atteindre un maximum de 7m en hiver, 4m en été, 5m au printemps et en automne.

## Chapitre II : Généralités sur les zones d'étude



**Figure II.23** : Roses trimestrielles des houles du golfe de Skikda/Annaba et la baie d'El Taref (Infoplaza, 2019)

- Au large des côtes de secteur oriental, la rose annuelle des houles (Figure II.24), montre que les agitations qui touchent la côte proviennent des secteurs NNW, WNW et ENE, avec des fréquences respectives de 27%, 18% et 15%, et des amplitudes maximales inférieures à 1m. Les fortes agitations avec des amplitudes supérieures à 7m sont moins fréquentes et proviennent essentiellement des secteurs NNW et NW.
- Les houles des secteurs ord et NW sont les moins observées avec des fréquences entre 9% et 10%.



**Figure II.24** : Rose annuelle des houles du golfe de Skikda/Annaba et la baie d'El Taref (Infoplaza, 2019)

### 1. La circulation océanique :

#### 1.1. Courantologie générale :

La circulation d'un courant le long des côtes africaines est appelée « courant algérien ». Il est défini comme une veine d'eau de surface près du méridien 0°, avec les caractéristiques suivantes : une largeur de l'ordre 50 Km, une profondeur maximale de l'ordre de 150m, une vitesse maximale supérieure à 50 cm/s, (Benzohra, 1993).

Le courant algérien, contrairement à ce qui était largement admis, serait un courant turbulent qui se déplacerait d'Ouest en Est en tourbillons croissants, (Millot, 1987).

La dynamique courantologique concrétisée par une des branches du courant d'origine Atlantique venant de Gibraltar (la côte Espagnole) aux environs d'Almeria à l'Est, pour rejoindre la côte Algérienne aux environs d'Oran, (Boutiba, 1992). Les eaux atlantiques ( plus froides) entrent en surface dans la Méditerranée ( plus chaudes), ces dernières, sortent dans l'Atlantique par le fond du détroit de Gibraltar en formant une veine d'eau méditerranéenne.

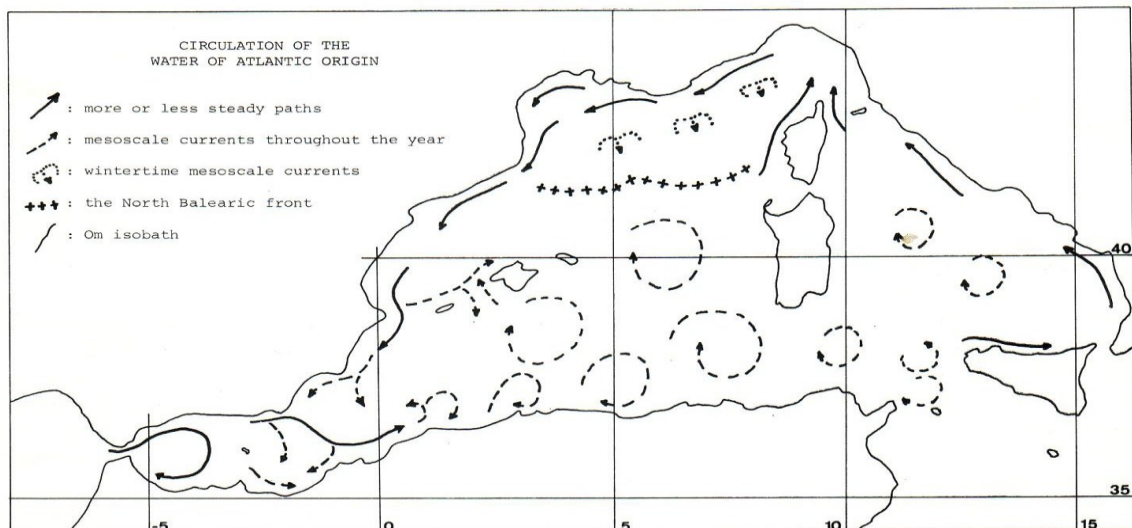


Figure II.25 : Circulation de l'eau d'origine atlantique dans le bassin occidental méditerranéen (Millot, 1987)

#### 1.2. Courantologie côtière :

Une analyse statistique des données de houle a été réalisée à partir des observations effectuées par US Naval Weather Service Command entre 1963 et 1970 au large des côtes algériennes. Cette analyse définit une courantologie côtière spécifique, (Braïk, 1989) :

- Des courants de retour vers le large ayant pour effet la dissémination vers le large des sédiments arrachés à la côte ;
- Des courants de dérive, qui sont responsables du modelage du linéaire côtier par érosion côtière ou accumulation des matériaux meubles.

### 2. Les marrées :

D'une façon générale, la marée a une amplitude pratiquement faible sur la côte algérienne mais présente d'importants écarts suivant l'époque lunaire. En pleine lune elle peut atteindre 25 à 30 cm en moyenne, (Hattabi et kaddour, 2018), et celle de la nouvelle lune varie de 5 à 15 cm.

Le rythme fondamental est imposé par la marée astronomique de faible amplitude comme sur toute la côte algérienne. En plus, le niveau d'eau peut changer en fonction d'autres phénomènes tels que la pression atmosphérique, les seiches et le vent ; mais le niveau ne dépasse pas les 50 cm, (Le Hir P. et al, 2001), avec des périodes généralement varient entre 12h à 14h, (Belaidi et Hamdous, 2016).

### Conclusion :

A la fin de ce chapitre on est arrivé à faire une analyse multi-scalaire pratiquement sur toutes les caractéristiques des zones d'étude d'Est en Ouest (contexte géographique, géologique et géomorphologique), ainsi que de déterminer les facteurs agissant de manière directe ou indirecte sur l'évolution et les fonctionnalités de la zone côtière (facteurs météo-océaniques).

## **Chapitre III :**

---

Analyse multiscalaire, acquisition et traitement des données bathymétriques

**CHAPITRE III :  
ANALYSE MULTI SCALAIRE, ACQUISITION ET TRAITEMENT DES  
DONNEES BATHYMETRIQUES**

L'objectif principal de ce chapitre s'articule, d'une part à décrire les différents outils utilisés, la démarche méthodologique adoptée pour établir la base de données bathymétriques, et d'autres parts à interpréter et analyser les résultats qui sont des cartes bathymétriques de 1972 et 2019 et les cartes différentielles entre 1972 et 2019.

**III.1. Outils et procédures :**

**III.1.1. Outils et logiciels utilisés :**

Les différents outils et logiciels utilisés dans ce chapitre sont:




**1. SIG :**

L'utilisation des SIG, déjà largement développée au sein des unités de recherche, devient de plus en plus courante dans une très grande variété d'applications (agriculture, écologie, environnement, océanographie, aménagement...) notamment grâce à l'accessibilité des données géographiques et des logiciels.

C'est un ensemble puissant d'outils pour rassembler, stocker, extraire à volonté et visualiser des données spatiales du monde réel pour un ensemble particulier d'objectifs », (Houcine et Redha, 2010).

- ❖ **ArcGIS** : est une suite intégrée d'applications SIG professionnelles. Ce logiciel, offre de nombreuses potentialités pour la manipulation, la gestion, l'analyse et l'édition des données spatiales, (Kamel, 2006). La plupart des utilisateurs le connaissent sous la forme de trois produits : ArcView, ArcEditor et ArcInfo. Elle inclut les applications ArcCatalog, ArcMap, ArcToolbox, (Belkherroubi et Belguerguid, 2017).

**Tableau III.1 : Les différentes applications de logiciel ArcGis 10.2**

Application	Définition
<b>ArcCatalog</b> 	<ul style="list-style-type: none"><li>• Est un explorateur de données tabulaires et cartographiques offrant des outils de gestion et d'organisation. ArcCatalog permet aussi de visualiser les données tabulaires et des couches géographiques ainsi qu'une exploration des différents thèmes qui les constituent.</li></ul>
<b>ArcMap</b> 	<ul style="list-style-type: none"><li>• Est l'application fondamentale du logiciel ArcGIS. Elle contient une boîte à outils organisés sous forme de modules indépendants (extensions), permettant de gérer, manipuler, analyser et éditer les différentes couches d'informations de la base de données. ArcMap est l'équivalent de l'ancienne version d'ArcView.</li></ul>
<b>ArcToolbox</b> 	<ul style="list-style-type: none"><li>• Est une boîte à outils permettant d'effectuer des conversions, des transferts de format et aussi de projection.</li></ul>

### 2. Google Earth Pro :

C'est une interface graphique qui permet d'explorer la surface de la Terre. Le programme utilise de multiples sources d'informations, y compris des satellites et des relevés aériens. Il permet d'afficher des images satellites, des plans, des reliefs et des bâtiments en 3D. Il contient des images de grande résolution, qui sont archivées sur le serveur et mises à jour au fur et à mesure.

### 3. MIKE21 :

Mike 21 est un logiciel de modélisation numérique 2D des écoulements à surface libre, développée par DHI.

Il permet la simulation de l'hydraulique et des phénomènes associés dans les rivières, les lacs, les baies, les zones côtières et les océans. MIKE 21 est ainsi particulièrement adapté pour traiter des problèmes relevant des principaux domaines d'application suivants : l'hydraulique fluviale, l'hydraulique environnementale (qualité), les processus sédimentaires, l'hydraulique côtière, l'océanographie et la houle.

- Mike Zero : est l'interface graphique pour windows qui permet de traiter les données collectées, préparation et de lancer des simulations, visualisation, réalisation et analyser des résultats. Il inclut des outils pour : la bathymétrie, génération des meshes, réseau hydrographique, visualisation et analyse de données.

#### III.1.2. Procédures suivies :

- **Acquisition des données bathymétriques de 1972 et 2019 :**

Cet organigramme présente les différentes étapes suivies afin d'acquérir les données bathymétriques des baies et golfes Algériens en 1972 et 2019.

## Chapitre III : Analyse multiscale, acquisition et traitement des données bathymétriques

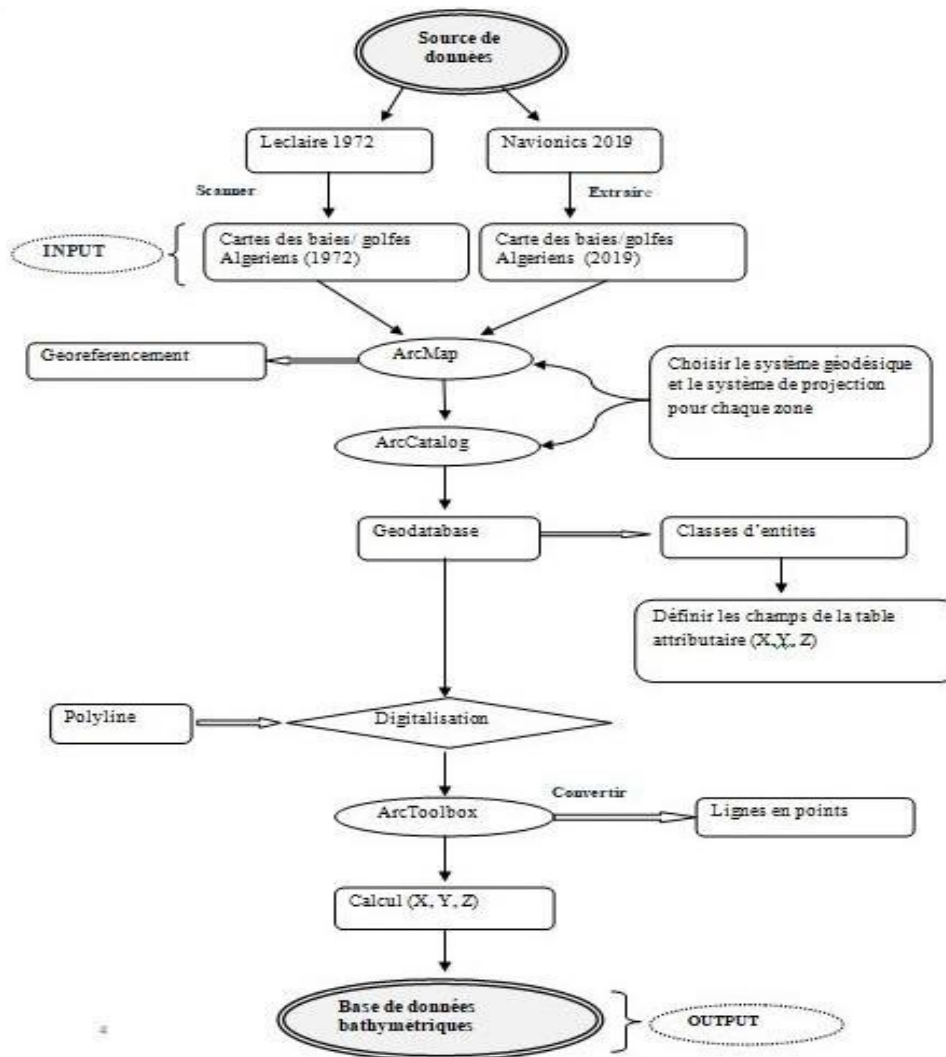


Figure III.1 : Organigramme explicatif des étapes d'acquisition des données bathymétriques de 1972 et 2019

- **Traitement des données bathymétriques et obtention des cartes bathymétriques de 1972 et 2019 :**

Les cartes bathymétriques des baies et golfes Algériens de 1972 et 2019 sont obtenues par le logiciel Mike21 ayant l'interface Mike Zero, cet organigramme ci-dessous présente la procédure élaborée.



**Figure III. 2 :** Organigramme explicatif des différentes étapes d'obtention des cartes bathymétriques de 1972 et 2019

- **Elaboration des cartes différentielles entre 1972 et 2019 des baies et golfes Algériens :**

Afin de superposer les deux cartes bathymétriques (1972 et 2019), les étapes se résument en six points :

- 1- Créer deux fichiers Excel des deux différents levés (1972 et 2019) pour chaque zone ;
- 2- Créer un Modèle Numérique de Terrain « MNT » de chaque levé à partir de l'outil « Spatial Analyst Tools », « Interpolation » puis l'outil « Kriging » ;

## Chapitre III : Analyse multiscalaire, acquisition et traitement des données bathymétriques

---

- 3- Créer TIN à partir de l'outil « 3D Analyst Tools », « Data Management », « TIN » Create TIN » ;
- 4- Convertir TIN to Raster par l'outil « 3D Analyst Tools », « Conversion », « From TIN » ;
- 5- Créer deux polygones de même surface et même résolution pour les deux bathymétries de 1972 et 2019 soit par :  
Méthode 1 : Windows l'outil image Analysis ;  
Méthode 2 : Extraction par mask par l'outil « Extraction by Mask » ;
- 6- Créer une carte différentielle par l'outil « 3D Analyst Tools », « Triangulated Surface », « Surface Difference ».

### III.2. Résultats et discussion :

#### III.2.1. Cartes bathymétriques et interprétation :

##### III.2.1.1. Secteur occidental :

L'analyse des cartes bathymétriques de la partie occidentale du littoral Algérien, fait ressortir deux zones morphologiques bien distinctes, à savoir:

**La zone côtière :** montre des isobathes irrégulières, plus au moins serrées et parallèles à la côte à l'exception des caps et des infrastructures et les aménagements portuaires.

**La zone au large :** présence des isobathes parallèles au rivage, elles sont relativement espacées traduisant ainsi un fond régulier. Ces fonds sont moins actifs par rapport à la zone côtière.

##### 1- Golfe d'Arzew vers la pointe d'El Aoua :

L'analyse des deux cartes bathymétriques obtenues en cette zone présente des valeurs comprises entre 0m et -100m. La bathymétrie montre des isobathes plus au moins irrégulières et très serrées à l'Ouest, et de plus en plus régulières peu espacées et parallèles à la côte en allant vers l'Est.

- **De cap l'Aiguille à Arzew :**

La carte bathymétrique montre des isobathes très serrées pratiquement au niveau de toute la zone de la côte vers le large à 50m de profondeur pour la carte de 1972. La morphologie sous-marine indique la présence des pentes très abruptes à abrupte vers le large.

Par contre, la carte de 2019 montre des isobathes très serrées pratiquement au niveau de toute la zone de la côte vers le large à 80m de profondeur surtout au niveau des caps (cap

## Chapitre III : Analyse multiscale, acquisition et traitement des données bathymétriques

d'Aiguille, ras Ferra, cap Carbon). La morphologie sous-marine indique la présence des pentes abruptes.

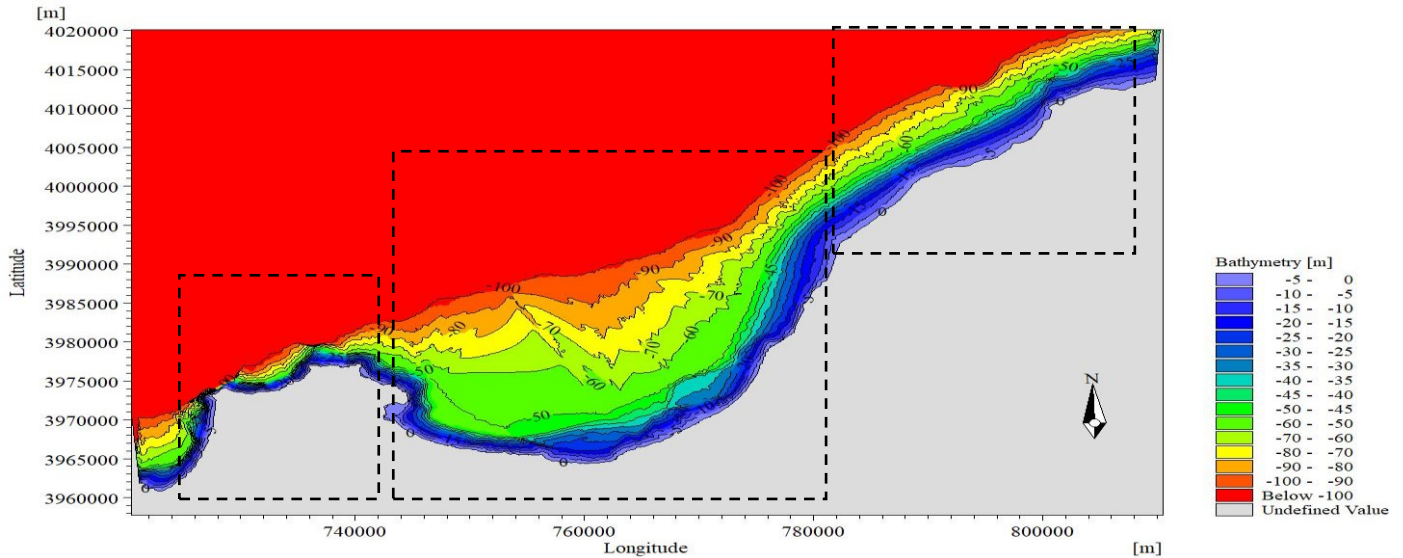


Figure III.3: Carte bathymétrique du golfe d'Arzew vers la pointe d'El Aoua en 1972

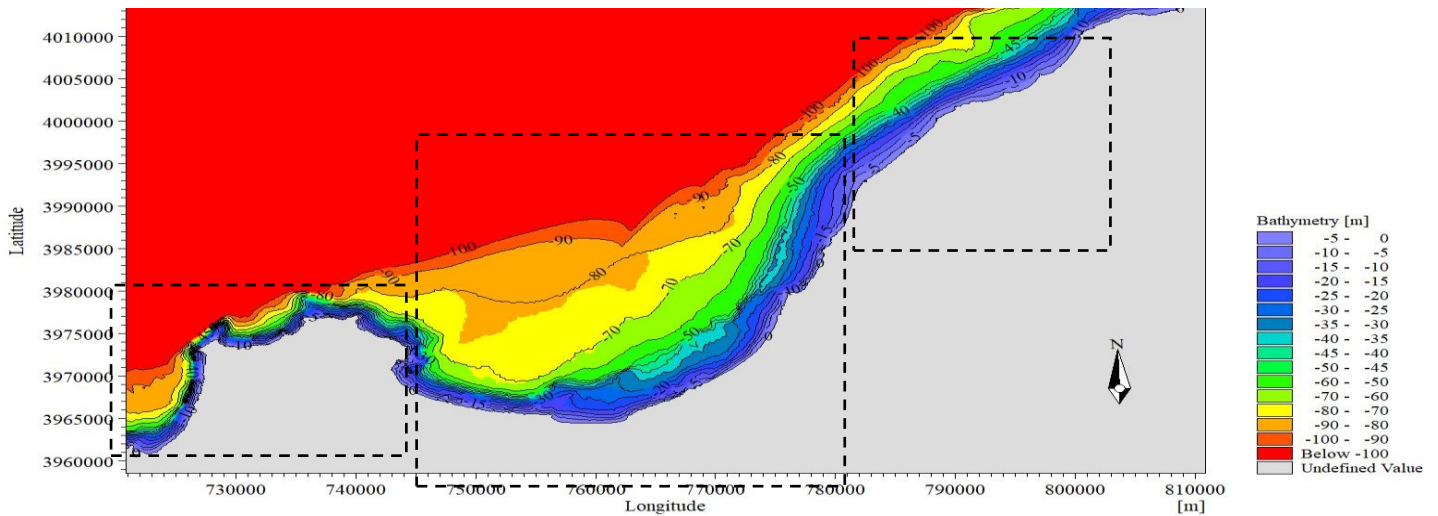


Figure III.4: Carte bathymétrique du golfe d'Arzew vers la pointe d'El Aoua en 2019

- **D'Arzew au Mostaganem :**

L'analyse de la carte bathymétrique de 1972 montre des isobathes peu régulières, serrées et parallèles à la côte (0m à -25m) et devient de plus en plus espacées et irrégulières vers le large.

Mais la bathymétrie de 2019 montre des isobathes peu régulières, serrées et parallèles à la côte (0m à -40m) et qui deviennent de plus en plus espacées et irrégulières vers le large.

La morphologie sous-marine s'exprime par une pente peu abrupte qui s'adoucit vers le large.

## Chapitre III : Analyse multiscale, acquisition et traitement des données bathymétriques

Cette zone est considérée comme une métropole où se concentrent des activités anthropiques (les infrastructures portuaires et les ouvrages de protection).

### • De Mostaganem à la pointe d'El Aoua :

Les carte bathymétrique montre des isobathes plus au moins régulières, peu espacées et parallèles à la côte (0m à -30m) peu serrées vers 50m de profondeur et qui s'élargie dans les grandes profondeurs à (100m) pour la carte 1972. La morphologie sous-marine se traduit par une pente peu abrupte qui s'adoucie vers le large.

Par contre, celle de 2019 montre des isobathes plus au moins régulières, peu espacées et parallèles à la côte (0m à -50m) et qui s'élargissent dans les grandes profondeurs avec une pente douce.

### 2- Golfe d'Oran vers cap Falcon :

Les cartes bathymétriques obtenues pour cette zone présentent des valeurs comprises entre 0m et (-100m). L'analyse de la carte bathymétrique montre des isobathes presque irrégulières et très serrées couvrant pratiquement toute la zone.

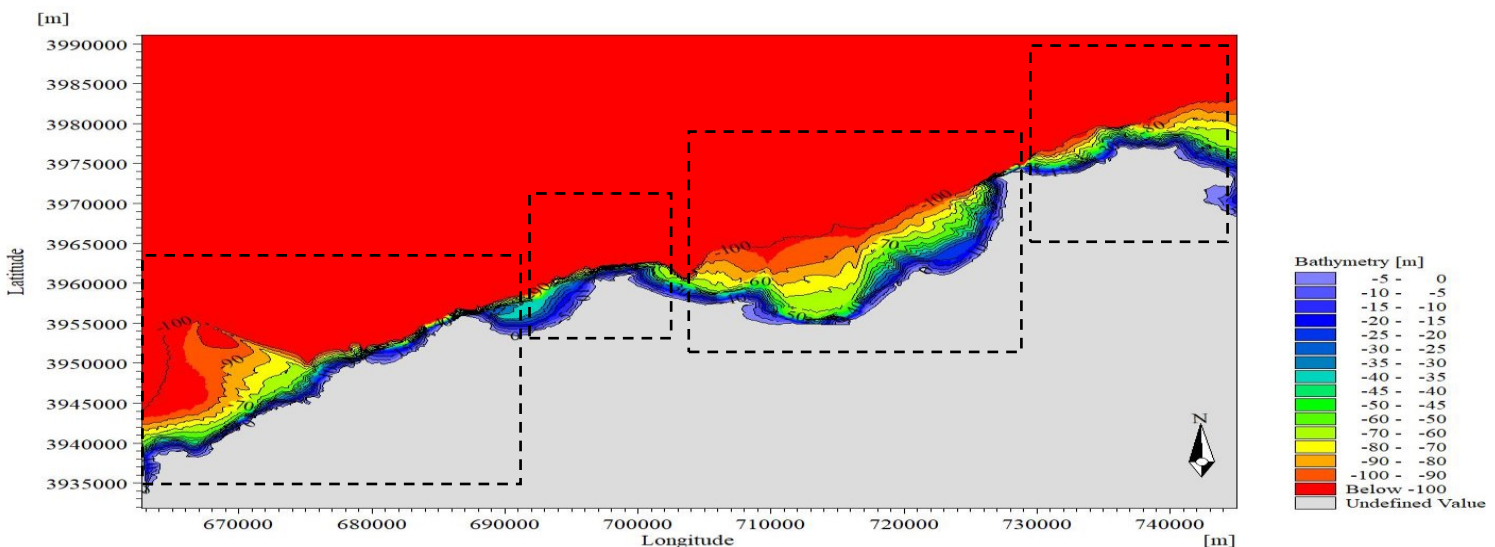


Figure III. 5 : Carte bathymétrique du golfe d'Oran vers cap Falcon en 1972

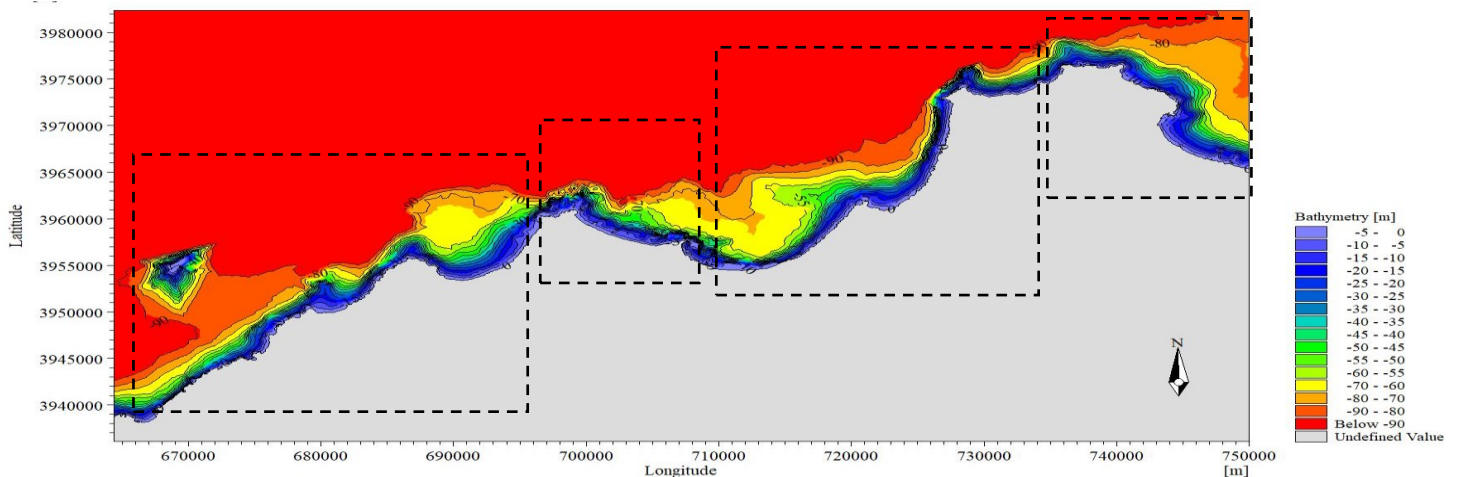


Figure III.6 : Carte bathymétrique du golfe d'Oran vers cap Falcon en 2019

## Chapitre III : Analyse multiscalaire, acquisition et traitement des données bathymétriques

---

- **De cap Figalo au cap Lindless :**

L'analyse des bathymétries ancienne et récente (1972,2019) pour cette zone montre des isobathes très irrégulières et serrées à des profondeurs assez importantes de (0m à -45m) et qui deviennent peu espacées vers le large à 100m de profondeur. La morphologie sous-marine se caractérise par des pentes abruptes surtout aux alentours des îles Habibas

- **De cap Lindless au cap Falcon :**

Les cartes bathymétriques montrent des isobathes peu régulières, plus au moins espacées à la côte (0m à 35m de profondeur) en 1972, (0m à -40m) en 2019 et qui deviennent de plus en plus irrégulières et très serrées vers le large (45m à 100m de profondeur).

La morphologie de cette zone se caractérise par une pente douce, qui devient de plus en plus raide vers le large.

- **De cap Falcon au cap d'Aiguille :**

L'analyse des cartes montrent une bathymétrie très irrégulière et très serrée (0m à -65m) en 1972 et (0m à -60m) en 2019, devient de plus en plus espacée vers le large de 60m à 100m de profondeur.

La morphologie sous-marine de cette zone marque pratiquement la même observation durant les deux périodes (1972,2019). Dont on constate des pentes abruptes qui s'adoucissent vers le large.

- **De cap d'Aiguille au cap Carbon :**

Les deux cartes bathymétriques obtenues dans cette partie montrent pratiquement une similitude dont on trouve des isobathes très irrégulières, très serrées (0m à 50m de profondeur) à peu espacées vers le large à 100m de profondeur.

La morphologie sous-marine se caractérise par une pente raide qui devient plus douce vers le large.

### **3- Golfe de Ghazaouet :**

La bathymétrie obtenue pour le golfe de Ghazaouet (1972, 2019) présente des valeurs comprises entre 0m et (-100m). L'analyse des cartes montre des isobathes plus au moins régulières, peu espacées et parallèles à la côte à l'Ouest, et de plus en plus irrégulières, serrées à l'Est.

## Chapitre III : Analyse multiscale, acquisition et traitement des données bathymétriques

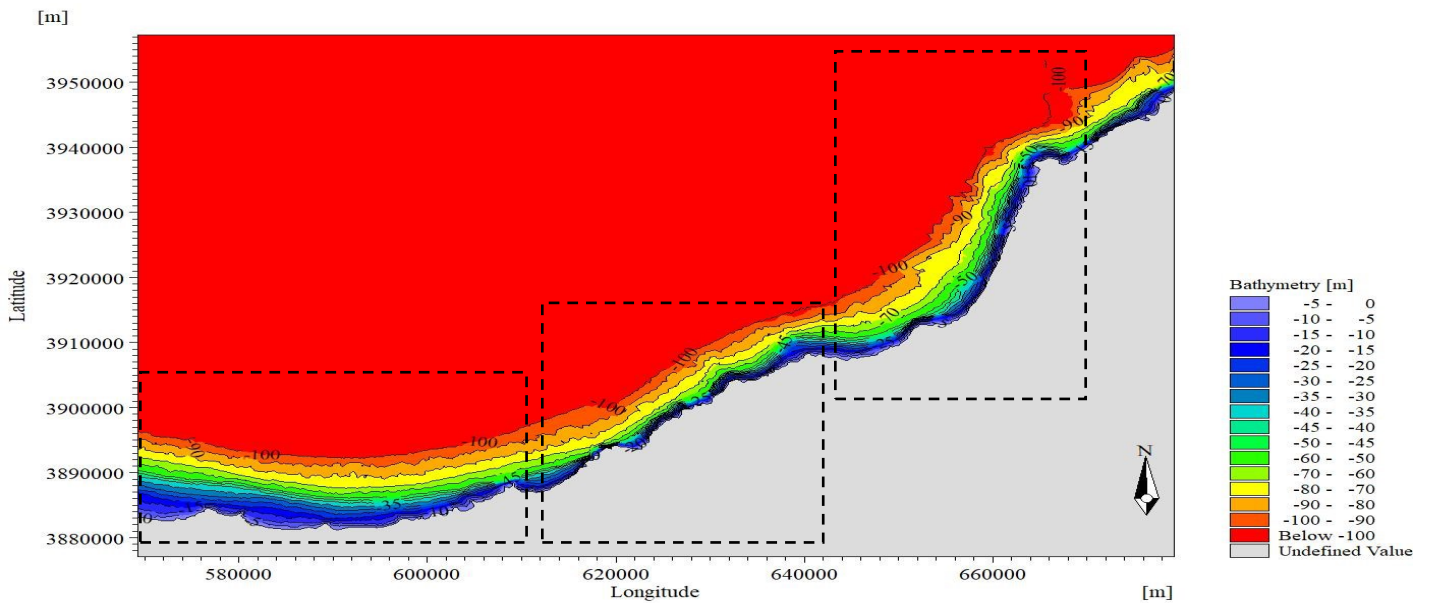


Figure III.7: Carte bathymétrique du golfe de Ghazaouet en 1972

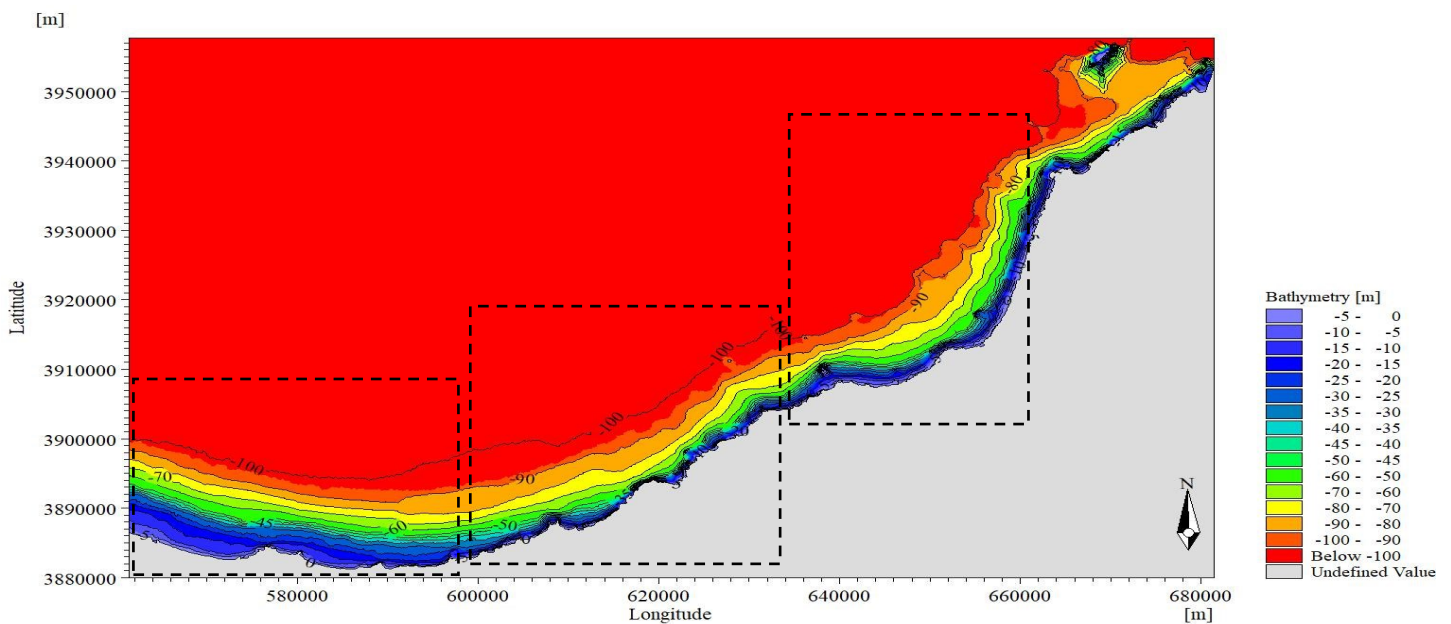


Figure III.8: Carte bathymétrique du golfe de Ghazaouet en 2019

- **Cap Milonia au cap Tarsa :**

La carte bathymétrique indique des isobathes plus au moins régulières, espacées et parallèles à la côte à l'exception des caps et des pointes où les isobathes présentent une certaine irrégularité (cap El Kel'a, pointe Riba et anse d'Anaфра) en 1972.

Par contre, en 2019 la carte bathymétrique indique des isobathes peu régulières avec un espacement qui croit vers le large, l'irrégularité de ces dernières est due principalement aux

## Chapitre III : Analyse multiscale, acquisition et traitement des données bathymétriques

obstacles naturels (caps et pointes), et anthropique (port de Ghazaouet). La morphologie sous-marine se marque par des pentes douces vers le large.

- **De cap Tarsa au cap Acra :**

Cette zone occupe la partie centrale du golfe de Ghazaouet montrant une bathymétrie très irrégulière, très rapprochée dans les faibles profondeurs (jusqu'à 50m) en 1972 et (jusqu'à 30m) en 2019, au-delà de ces profondeurs les isobathes deviennent de plus en plus espacées vers le large.

L'approche des isobathes est due à la diversité de la morphologie de cette zone entre caps, pointes et îles (cap Neo, pointe Tella Siti, îles Rechgoun et Siga), la baie de Honaine.

- **De cap Acra au cap Figalo :**

En 1972, la carte bathymétrique montre des isobathes très irrégulières avec un rapprochement à la côte (0m à -50m), et qui présente une certaine irrégularité de 0m à 30m de profondeur. En 2019, un espacement vers le large jusqu'à 100m de profondeur. La morphologie sous-marine se caractérise par une pente très abrupte qui s'adoucit vers le large.

### III.2.1.2. Secteur central :

#### 1- Baie d'Alger vers cap Bengouf :

Les bathymétries obtenues pour la baie d'Alger présentent des valeurs comprises entre 0m et -200m (1972) et vers les -100m (2019). Pour mieux interpréter l'évolution des fonds de cette portion du littoral, on a divisé virtuellement la carte en plusieurs parties distinctes :

- **De cap Caxine à la pointe d'El Kettani :**

L'analyse des deux cartes bathymétriques montre des isobathes irrégulières, serrées (0m jusqu'à -30m) et très serrées (-60m à -100m) et peu espacées entre 30m à 60m de profondeur pour la carte de 1972. La morphologie sous-marine se traduit par une pente abrupte de la côte vers le large.

Par contre, la bathymétrie de 2019 montre des isobathes plus au moins irrégulières, serrées (0m jusqu'à -20m) et deviennent régulières et plus au moins espacées vers le large au-delà de cette profondeur (jusqu'à 100m).

- **De la pointe d'El Kettani au cap Matifou :**

Ces cartes présentent des isobathes plus au moins régulières, espacées et parallèles à la côte, à l'exception du port d'Alger où la bathymétrie est totalement irrégulière.

La bathymétrie de 1972 montre que plus on s'approche du cap Matifou les isobathes deviennent de plus en plus serrées (-2m à -30m) et (-2m à -10m) en 2019 avec une pente raide, et plus au moins espacées au-delà de cette profondeur ce qui traduit une pente douce vers large.

## Chapitre III : Analyse multiscale, acquisition et traitement des données bathymétriques

Le reste de cette zone est marqué par une morphologie simple avec une pente douce vers le large.

Cette zone marque une forte urbanisation par des infrastructures portuaires et d'ouvrages de protection (épis et les brise-lames).

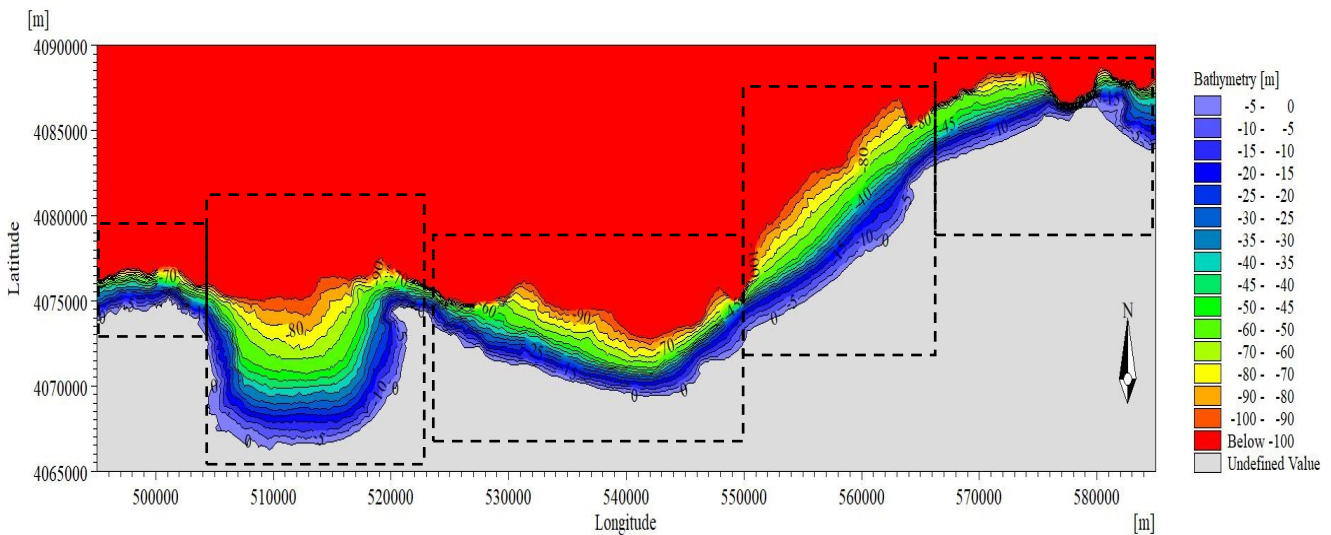


Figure III.10 : Carte bathymétrique de la baie d'Alger vers cap Bengouf en 1972

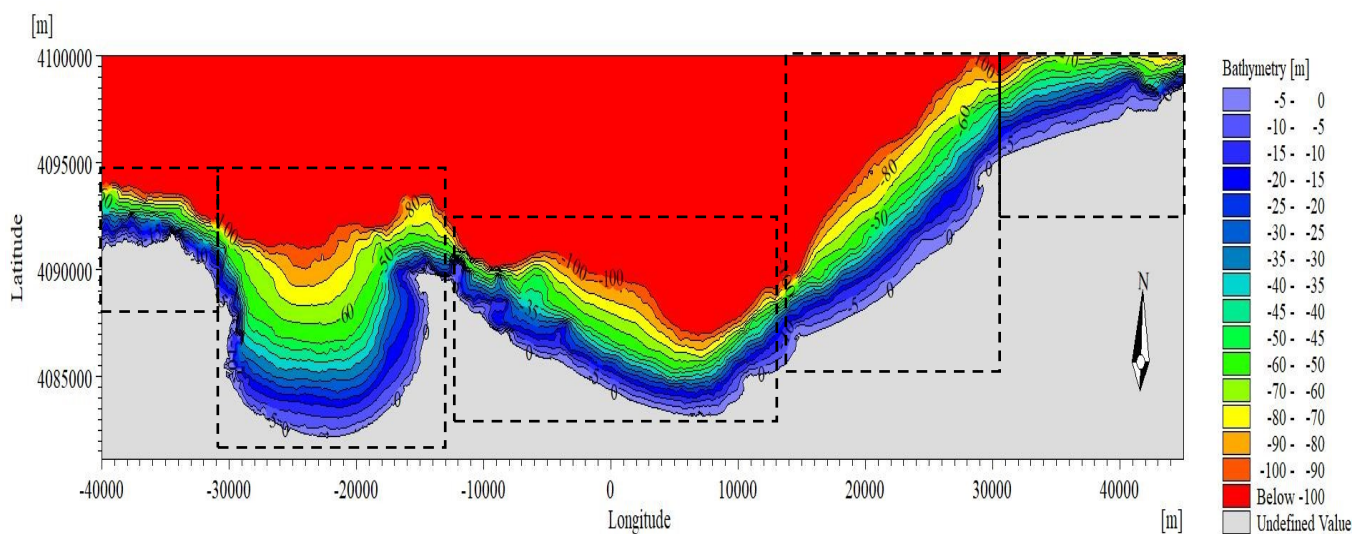


Figure III.11 : Carte bathymétrique de la baie d'Alger vers cap Bengouf en 2019

### • De cap Matifou au cap Blanc :

La carte de 1972 permet de définir une bathymétrie complexe telle que :

## Chapitre III : Analyse multiscale, acquisition et traitement des données bathymétriques

---

A l'extrémité gauche les isobathes sont peu irrégulières et très serrées, de la côte jusqu'à 50m de profondeur. Plus en allant vers l'Est, les isobathes deviennent de plus en plus régulières, moins espacées et parallèles à la côte. Cette zone se caractérise par un fond lisse avec une pente douce jusqu'à 100m de profondeur.

La bathymétrie obtenue en 2019 permet de définir deux types de bathymétrie :

A l'extrémité gauche, les isobathes sont très irrégulières et très serrées, de la côte jusqu'à 60m de profondeur cela englobent l'ensemble des îles et des ilots ainsi que les pointes et les caps qui se trouvent au niveau de cette zone.

Plus en allant vers l'Est, les isobathes deviennent de plus en plus régulières, moins espacées et parallèles à la côte. Cette zone se caractérise par un fond lisse avec une pente douce jusqu'à 100m de profondeur.

- **De cap Blanc au cap Djinned :**

L'analyse des deux cartes bathymétriques montre des isobathes plus au moins régulières et parallèles à la côte, peu rapprochées de 0m à -40m et qui deviennent plus espacées au-delà de cette profondeur jusqu'à 100 m pour la carte de 1972. La morphologie sous-marine peut être représentée par une pente peu abrupte qui s'adoucit vers le large à l'exception des caps où la pente est forte.

Par contre, la carte bathymétrique obtenue en 2019 montre des isobathes rapprochées entre 0m à -30m, ce qui traduit une pente abrupte, deviennent plus espacées vers 100m de profondeur. En allant vers l'Est vers cap Djinet la bathymétrie devient plus irrégulière, cela peut être expliqué par la présence d'une infrastructure portuaire « Port de cap Djinet ».

- **De cap Djinned au cap Benguf :**

L'analyse des cartes obtenues entre les deux périodes montre que :

En 1972, la carte présente avec une bathymétrie peu régulière, serrées à la côte (-5m à -50m) à espacées vers le large (à -200m) à l'Ouest. Dans la partie Est les isobathes sont très irrégulières et très serrées vers le large. La morphologie sous marine se caractérise par des pentes raides vers le large.

Par contre, la bathymétrie obtenue en 2019 montre des isobathes très irrégulières et serrées de part et d'autres de cette zone à des profondeurs de 0m à 10m, au delà de 12m les isobathes deviennent de plus en plus espacées et régulières vers le large.

Plus en allant au cap Benguf la bathymétrie redevient très irrégulière vu la morphologie complexe de ce cap.

## 2- Bou Ismail vers Cherchel :

Les deux cartes bathymétriques obtenues pour cette zone présentent des valeurs comprises entre 0m et -80m. L'analyse de ces cartes montrent des isobathes plus au moins irrégulières, plus au moins serrées et parallèles à la côte à l'exception des extrémités Est et Ouest où la morphologie est très complexe.

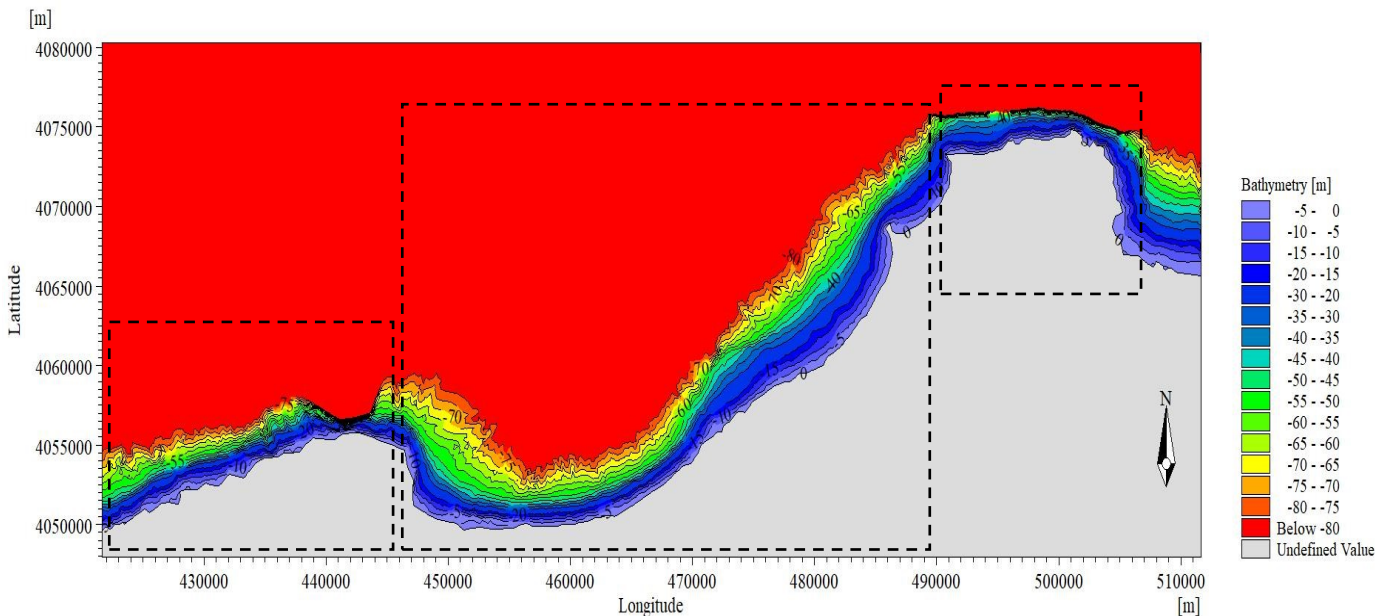


Figure III. 11: Carte Bathymétrique de la baie de Bou-Ismail vers Cherchel en 1972

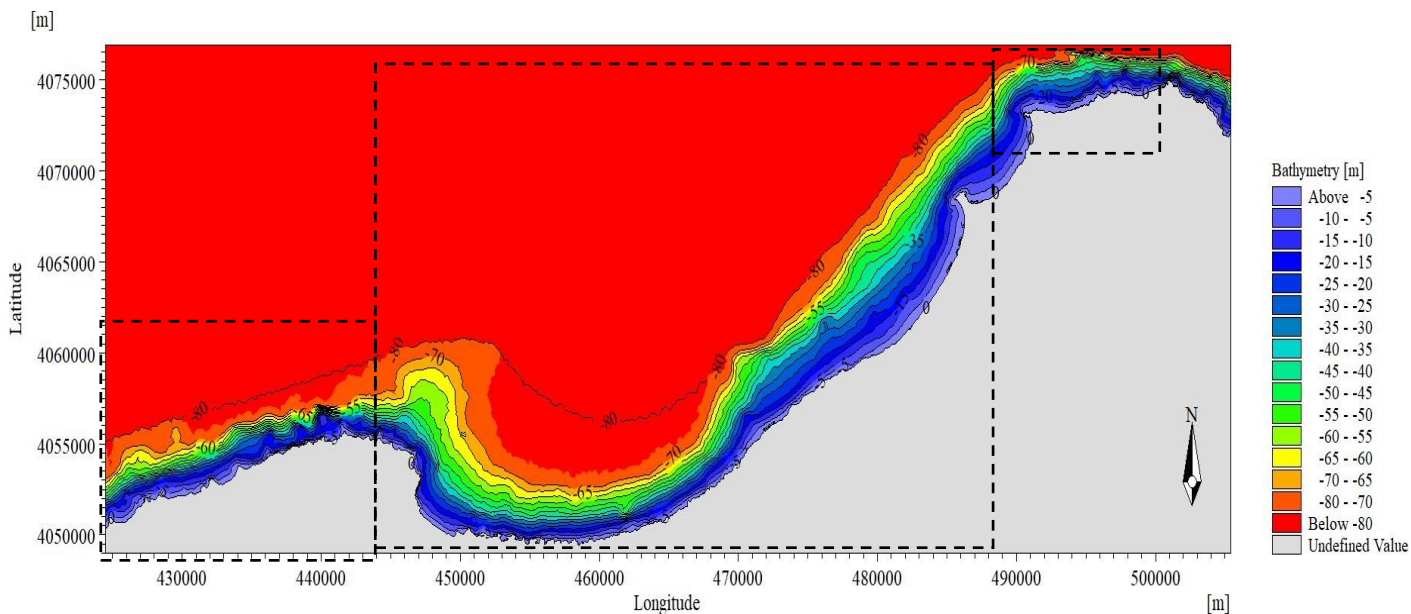


Figure III. 12 : Carte bathymétrique de la baie de Bou-Ismail vers Cherchel en 2019

- De cap Rouge au massif du Chenoua :

Les cartes bathymétriques, montrent des isobathes très irrégulières et très rapprochées de la

## Chapitre III : Analyse multiscalaire, acquisition et traitement des données bathymétriques

---

côte vers le large à plus de 70m de profondeur en 1972 et vers plus 80m en 2019, dont la pente est abrupte.

- **De massif du Chenoua à ras Acrata :**

La carte de 1972 montre des isobathes plus au moins régulières, parallèle à la côte. Au niveau de la partie Ouest, la bathymétrie est très rapprochée de 0m jusqu'à 35m de profondeur, au delà de 50m de profondeur les isobathes se présentent par une certaine irrégularité avec un espacement vers le large. Plus en allant vers l'Est les isobathes redeviennent plus au moins régulières, espacées et parallèles à la côte avec une pente douce vers le large.

Par contre, la carte récente (2019) montre des isobathes plus au moins régulières, parallèles à la côte. Au niveau de la partie Ouest au delà de la baie de Chenoua, la bathymétrie est très rapprochée de 0m jusqu'à 30m de profondeur, la côte de cette zone se caractérise par une morphologie très complexe avec par des formes rugueuses. Au delà de 35m de profondeur les isobathes deviennent de plus en plus espacées et parallèles à la côte. Plus en allant vers l'Est les isobathes redeviennent plus au moins régulières, espacées et parallèle à la côte avec une pente douce vers le large, à l'exception de Sidi Fredj où la bathymétrie est irrégulière (pente abrupte).

La morphologie sous-marine se caractérise par des pentes faibles à l'exception des caps et des pointes où la pente devient plus abrupte.

- **De ras Acrata au cap Caxine**

L'analyse des deux cartes bathymétriques (1972 et 2019), montre des isobathes très irrégulières et très serrées de la côte vers le large, ce qui explique la présence d'une pente forte.

### III.2.1.3. Secteur oriental :

#### 1- Golfe de Béjaia vers cap Sigli :

Les bathymétries obtenues en cette zone présentent des valeurs comprises entre 0m et 100m de profondeur, l'analyse de ces deux cartes montrent des isobathes plus au moins irrégulières, très serrées à l'ouest, plus au moins espacées au centre, plus au moins serrées en Est, et parallèles à la côte.

Pour mieux interpréter l'évolution des fonds de cette zone, on a divisé les deux cartes en plusieurs parties distinctes. Qui sont d'Est en Ouest :

## Chapitre III : Analyse multiscale, acquisition et traitement des données bathymétriques

- **Ras Afia-pointe Cavalio :**

La carte bathymétrique de 1972 en cette zone montre que les isobathes sont plus au moins régulières, plus au moins serrées, et à partir de (-40m) elles sont très serrées. En 2019, de (-5m à -15m) sont plus au moins serrées ce qui définit un profil à pente abrupte, et de (-15m à -20m) les isobathes plus espacées avec une pente douce et deviennent à nouveau serrées de (-20m à -100m) à une pente abrupte (présence des îlots).

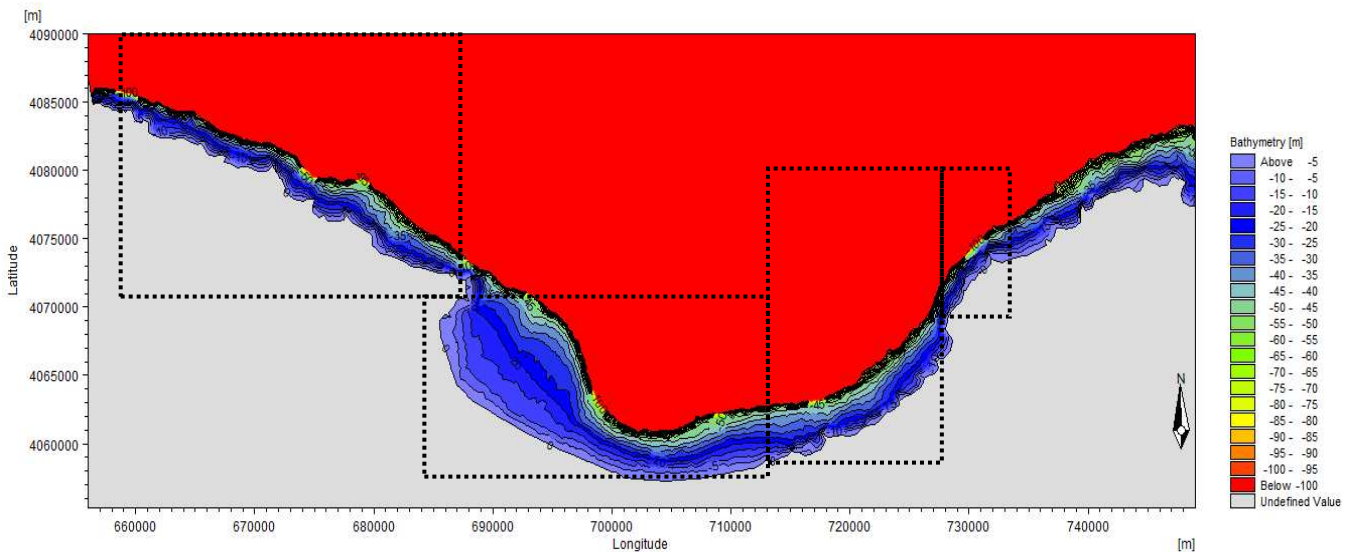


Figure III.13: Carte bathymétrique du golfe de Béjaia vers cap Sigli en 1972

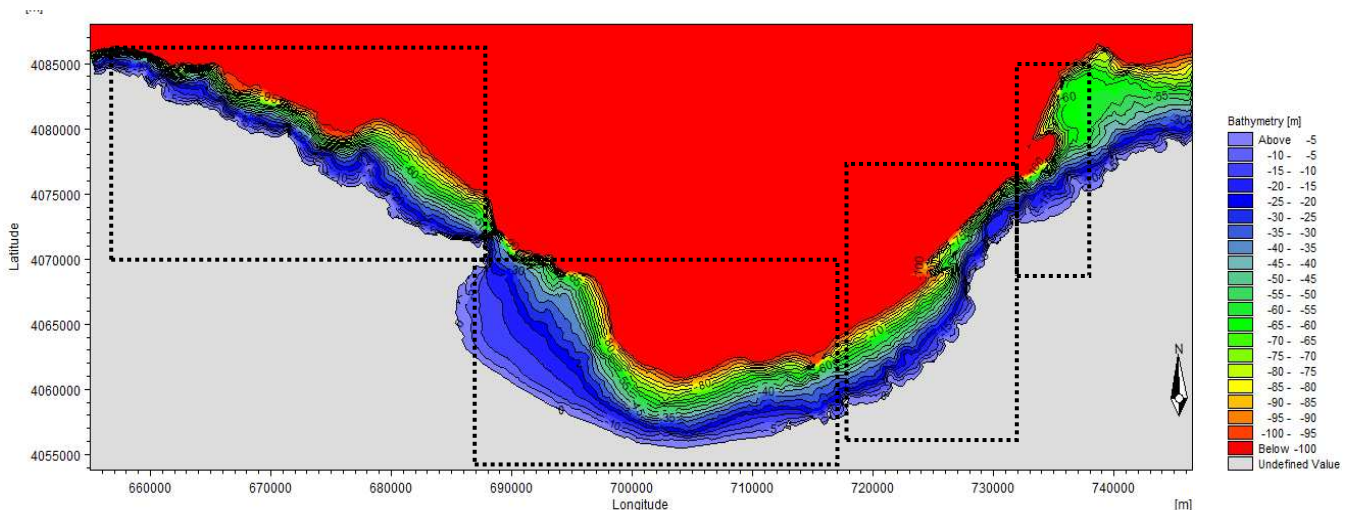


Figure III.14: Carte bathymétrique du golfe de Béjaia vers cap Sigli en 2019

- **Pointe Cavalio-pointe Ziama :**

La carte bathymétrique de 1972 en cette zone montre qu'à son Est les isobathes sont plus ou moins irrégulières, plus ou moins serrées (0m à -25m) ce qui définit un profil avec une

## Chapitre III : Analyse multiscalaire, acquisition et traitement des données bathymétriques

---

pente abrupte, à son Ouest les isobathes sont plus au moins régulières, plus au moins serrées de (0m à -45m). En allant vers le large elles sont très serrées à une pente abrupte.

En 2019, d'après sa carte bathymétrique, à l'Est les isobathes sont plus au moins irrégulières, plus au moins serrées (0m à -15m) ce qui définit une pente abrupte de (-15m à -20m) les isobathes sont plus au moins espacées avec une pente douce, qui redeviennent au-delà de cette profondeur plus ou moins serrées voir très serrées au large (-100m) à une pente abrupte.

En allant vers l'ouest de cette zone les isobathes apparaissent plus au moins régulières, plus au moins serrées (0m à -100m) définissent un profil à pente abrupte.

- **Pointe Ziama- cap Carbon :**

La carte bathymétrique de 1972 montre des isobathes plus au moins régulières, parallèles à la côte. Dans la partie orientale de la zone les isobathes sont plus au moins serrées ce qui définit un profil à pente abrupte, en sa partie occidentale, elles sont plus au moins espacées traduisant une pente douce à l'exception de son extrémité gauche les isobathes sont serrées où se trouve le port de Béjaia. En allant vers le large les isobathes deviennent très serrées dont la pente est abrupte.

En 2019, la carte bathymétrique montre que les isobathes sont plus au moins régulières, plus au moins serrées de (0m à -100m) à l'Est de la zone avec une pente abrupte. A l'Ouest de la zone les isobathes sont plus au moins espacées de (0m à -40m) avec une pente douce à l'exception de son extrémité gauche au niveau du port de Béjaia elles sont serrées. Vers le large de cette portion les isobathes deviennent plus au moins serrées (-45m à -100m) à une pente abrupte.

- **Cap Carbon-cap Sigli :**

La carte bathymétrique de 1972, en cette zone montre des isobathes plus au moins irrégulières, parallèles à la côte. A l'Est les isobathes sont plus au moins serrées (0m à -35m) ce qui définit un profil à pente abrupte, (-35m à -45m) les isobathes sont un peu espacées avec une pente douce et de (-45m à -100m) elles deviennent très serrées à pente est abrupte. A l'Ouest les isobathes sont plus au moins serrées (0m à -35m) et (-35m à -100m) sont très serrées à une pente abrupte.

La carte bathymétrique de 2019, montre que les isobathes sont parallèles à la côte, à l'Est elles sont plus au moins irrégulières (0m à -30m) et plus au moins régulières (-35m à -100m), et sont plus au moins serrées de (0m à -100m) à pente abrupte.

A l'Ouest de la zone les isobathes sont plus au moins irrégulières, plus au moins serrées de (0m à -35m) et très serrées de (-35m à -100), traduisant une pente abrupte.

### 2- Baie de Jijel vers cap Bougarouni :

## Chapitre III : Analyse multiscale, acquisition et traitement des données bathymétriques

Les bathymétries obtenues en cette zone présentent des valeurs comprises entre 0m et 100m de profondeur en 1972 et 2019, pour mieux interpréter l'évolution des fonds, on a divisé les deux cartes en plusieurs parties distinctes. Qui sont d'Est en Ouest :

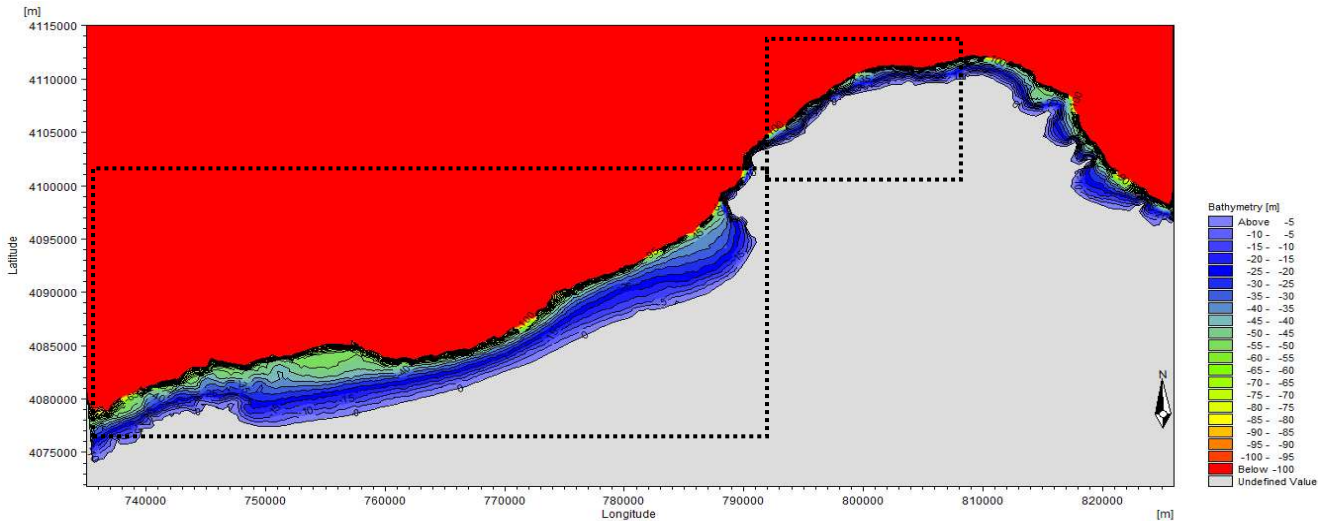


Figure III.15: Carte bathymétrique de la baie de Jijel vers cap Bougarouni en 1972

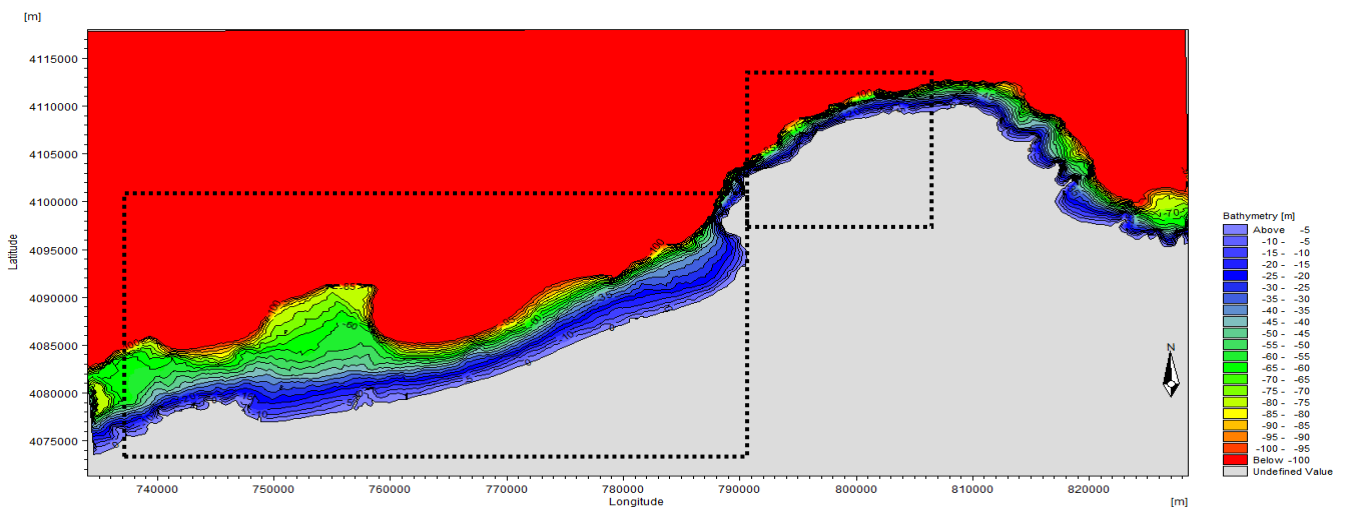


Figure III.16: Carte bathymétrique de la baie de Jijel vers cap Bougarouni en 2019

- **Cap Bougarouni-ras Atia :**

Les cartes bathymétrique de 1972 et 2019, indiquent qu'en cette portion les isobathes sont plus au moins irrégulières, parallèles à la côte, serrées (0m à -40m) et en allant vers (-100m) deviennent très serrées, ainsi qu'à l'Ouest de la zone au niveau de ras Atia les isobathes sont très serrées (0m à -100m). Son profil est un profil à pente abrupte.

## Chapitre III : Analyse multiscale, acquisition et traitement des données bathymétriques

### • Ras Atia-ras Afia :

L'analyse des cartes bathymétriques, présentent des isobathes parallèles à la côte, plus au moins régulières. A l'Est de la zone les isobathes sont plus au moins serrées (0m à -20m) avec l'adoucissement de la pente. Les isobathes sont très serrées (-40m à -100m).

Au centre de la zone, les isobathes sont plus au moins serrées (0m à -100m) définissant un profil à pente abrupte.

En 1972, en allant vers l'ouest les isobathes sont plus au moins serrées (0m à -40m) ce qui définit un profil à pente abrupte, et (-40m à -50m) elles sont plus au moins espacées avec une pente douce et redeviennent à nouveau serrées (-50m à -100m). En se rapprochant de ras Afia les isobathes sont plus au moins serrées (0m à -50m) et très serrées (-50m à -100m).

Par contre en 2019, à l'Ouest, les isobathes sont plus au moins serrées (0m à -45m) traduisant un profil à pente abrupte, (-45m à -80m) elles sont plus au moins espacées (pente douce) et redeviennent à nouveau plus au moins serrées en allant vers (-100m).

### 3. Golfe de Skikda :

Les bathymétries obtenues pour le golfe de Skikda présentent des valeurs comprises entre 0m et 100m de profondeur, pour mieux interpréter l'évolution des fonds de cette zone, on a partagé les deux cartes en deux parties. Qui sont d'Est en Ouest :

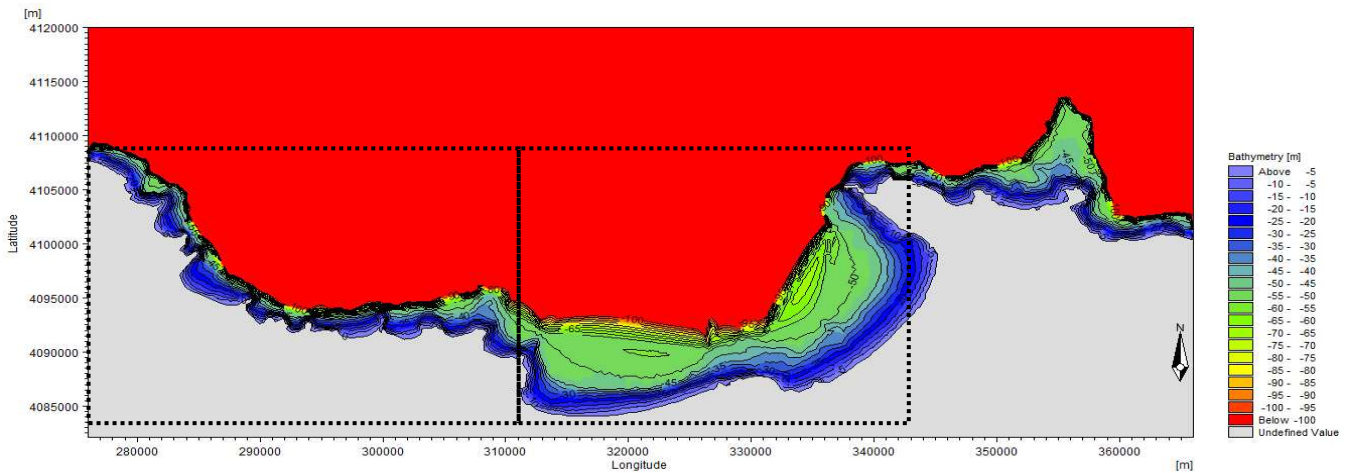


Figure III.17: Carte bathymétrique du golfe de Skikda 1972

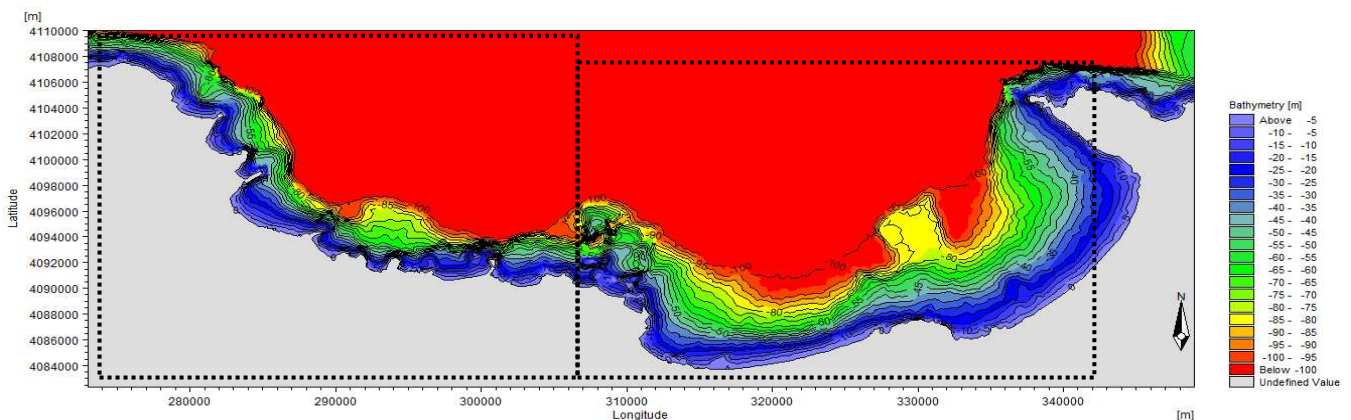


Figure III.18 : Carte bathymétrique du golfe de Skikda 2019

## Chapitre III : Analyse multiscalaire, acquisition et traitement des données bathymétriques

---

- **Cap de Fer –cap Akmes :**

La carte bathymétrique de 1972, montre que les isobathes sont plus au moins régulières

Parallèles à la côte, espacées de (0m à -45m) traduisant un profil à pente douce, et espacées de (-45m à -55m), et (-45m à -100m) et les isobathes sont serrées à l'Est de la zone et plus au moins serrées à l'Ouest avec une pente abrupte. Au niveau de cap Akmes et de cap de Fer les isobathes sont serrées.

La carte bathymétrique de 2019, montre des isobathes parallèles à la côte, à l'Est de la zone les isobathes sont plus au moins espacées (0m à -100m) traduisant une pente douce et qui sont plus au moins irrégulières (0m à -35m) et plus au moins régulières (-40m à -100m).

Au centre de la zone, elles sont plus au moins serrées (0m à -75m) définissant un profil à pente abrupte.

A l'Ouest, les isobathes sont plus au moins régulières, parallèles à la côte, plus au moins serrées de (0m à -60m) traduisant une pente abrupte et (-60m à -95m) deviennent plus au moins espacées voire espacées (-95m à -100m) définissant une pente douce. A l'exception des caps de Fer et Akmes où les isobathes sont serrées du trait de côte vers le large.

- **Cap Akmes-cap Bougarouni :**

La carte bathymétrique de 1972 montre que les isobathes sont parallèles à la côte, à l'Est de la zone elles sont plus au moins régulières, plus au moins serrées (0m à -40m) traduisant une pente abrupte, et de (-40m à -50m) les isobathes sont plus au moins irrégulières, un peu espacées avec l'adoucissement de la pente, (-50m à -100m) elles sont très serrées (pente abrupte).

Du centre vers l'Ouest de la zone, les isobathes sont plus au moins régulières, serrées voire très serrées en certains endroits (0m à -100m) à pente abrupte.

La carte bathymétrique de 2019 montre des isobathes parallèles à la côte, à l'Est de la zone elles sont plus au moins irrégulières, plus au moins serrées, très serrées en allant vers (-100m) traduisant une pente abrupte (ce qui est expliqué par la présence des îlots).

Au centre de la zone les isobathes sont plus au moins irrégulières, plus au moins serrées voire serrées (0m à -40m), et (-40m à -80m) elles sont un peu espacées avec l'adoucissement de la pente, et redeviennent à nouveau plus au moins serrées en allant vers les -100m dont la pente est abrupte.

A l'Ouest de la zone, les isobathes sont plus au moins irrégulières, à sa partie orientale elles sont plus au moins espacées (0m à -45m) traduisant une pente douce et deviennent plus au moins serrées vers les (-100m) avec une pente abrupte, à l'exception des caps où les isobathes sont très serrées.

## Chapitre III : Analyse multiscale, acquisition et traitement des données bathymétriques

### 4. Golfe d'Annaba vers baie de Sidi Akkèche :

Les bathymétries obtenues en cette zone présentent des valeurs comprises entre 0m et 100m de profondeur, pour mieux interpréter on l'a réparti d'Est en Ouest :

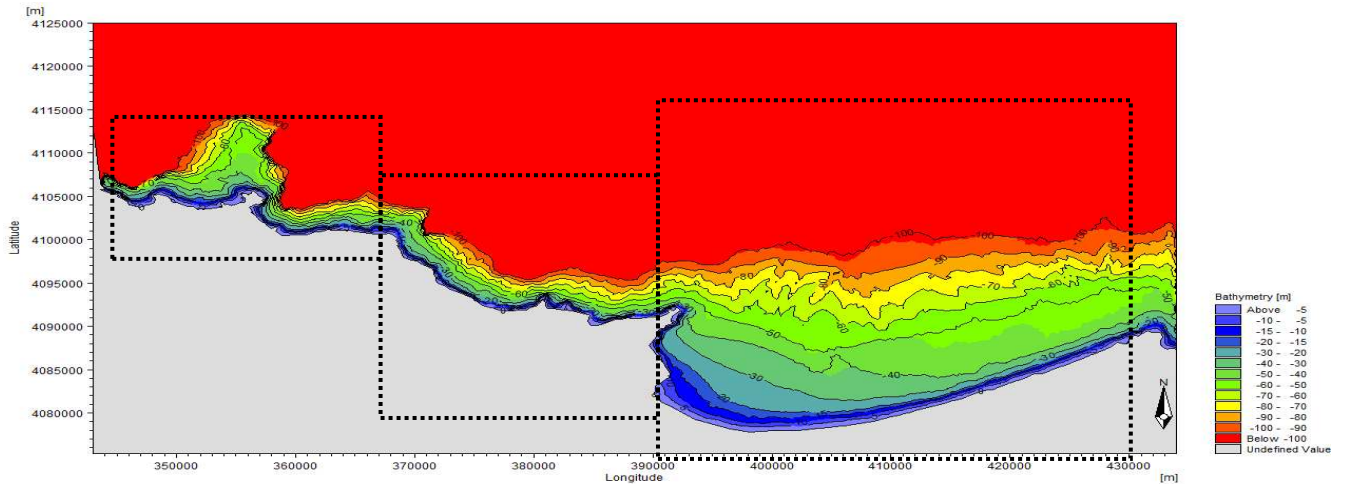


Figure III.19 : Carte bathymétrique du golfe d'Annaba vers baie de Sidi Akkèche en 1972

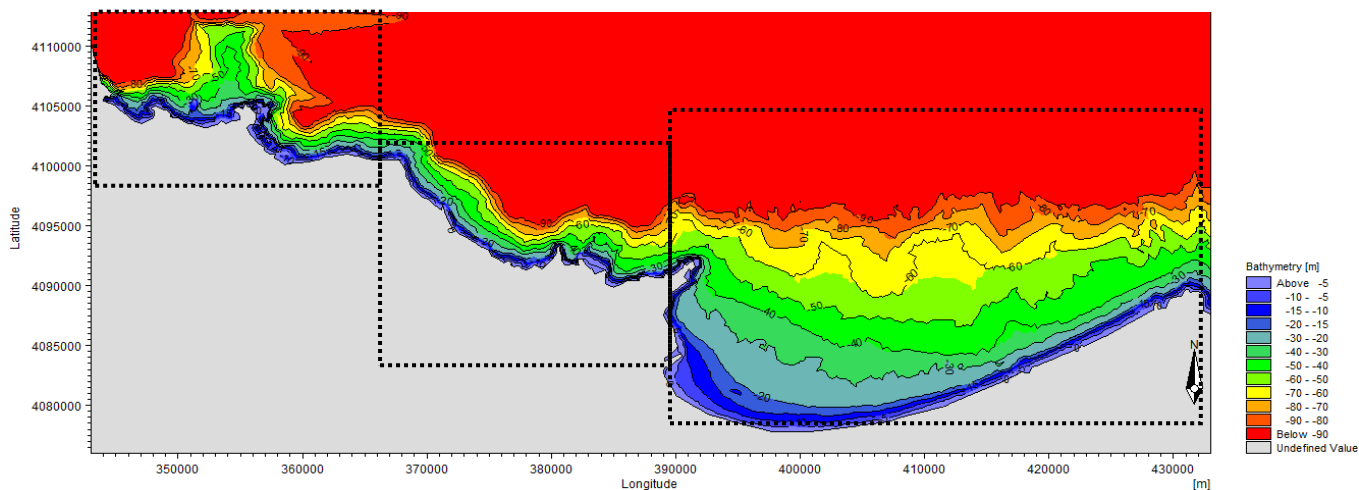


Figure III.20 : Carte bathymétrique du golfe d'Annaba vers baie de Sidi Akkèche en 2019

- **Cap Rose- ras Hamra :**

Les deux cartes bathymétriques de 1972 et 2019 montrent en cette portion des isobathes parallèles à la côte, plus au moins régulières (0m à -20m), plus au moins serrées à l'Est définissant un profil à pente abrupte et plus au moins espacées à l'Ouest à pente douce, à l'exception du port d'Annaba où les isobathes sont serrées (0m à -20m). Vers le large les isobathes sont plus au moins irrégulières, espacées traduisant une pente douce.

- **Ras Hamra-cap Axin :**

Les deux cartes bathymétriques de 1972 et de 2019, montrent des isobathes parallèles à la

## Chapitre III : Analyse multiscale, acquisition et traitement des données bathymétriques

côte, plus irrégulières, plus au moins serrées voire serrées au niveau des caps (0m à -30m) traduisant un profil à pente abrupte. Et (-30m à -100m) en 2019, (-30m à -90m) en 1972 : les isobathes sont plus au moins espacées, un espacement bien prononcé à l'Est qu'à l'Ouest de la zone.

### • Cap Axin-baie Sidi Akkèche :

La carte bathymétrique de 1972, montre des isobathes parallèles à la côte, plus au moins irrégulières, à l'Est, elles sont serrées (0m à -30m) et plus au moins serrées (-30m à -100m) traduisant un profil à pente abrupte.

Au centre, les isobathes sont plus au moins serrées (0m à -30m) à une pente abrupte, et (-20m à -50m) elles sont espacées, (-50m à -100m) légèrement espacées, définissant une pente douce. A l'Ouest, les isobathes sont serrées (0m à -40m) et très serrées (-40m à -100m) avec une pente abrupte.

En 2019, la bathymétrie de cette zone montre des isobathes plus au moins irrégulières, parallèles à la côte, plus au moins serrées, voire très serrées au niveau des caps (0m à -30m) définissant un profil à pente abrupte. Et (-30m à -90m) à l'Est, les isobathes deviennent plus au moins espacées et un espacement bien défini au centre traduisant un profil à pente douce, par contre à l'Ouest, sont plus au moins serrées en allant vers (-90m).

### 5. Baie d'El Tarf

Les bathymétries obtenues pour la baie d'El Tarf présentent des valeurs comprises entre 0m et 100m de profondeur (1972 et 2019).

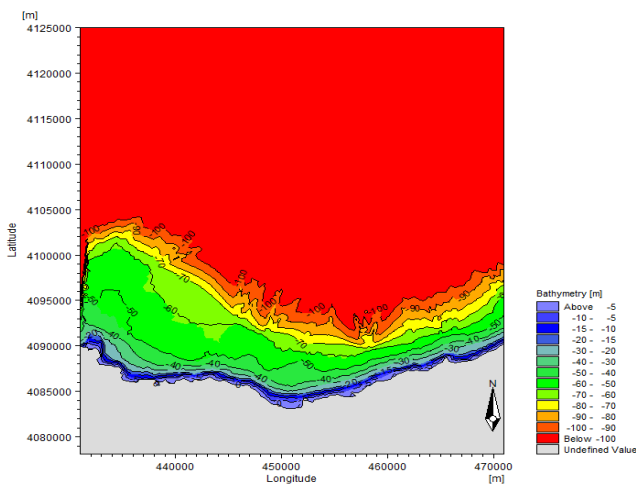


Figure III.21: Carte bathymétrique de la baie d'El Tarf 1972

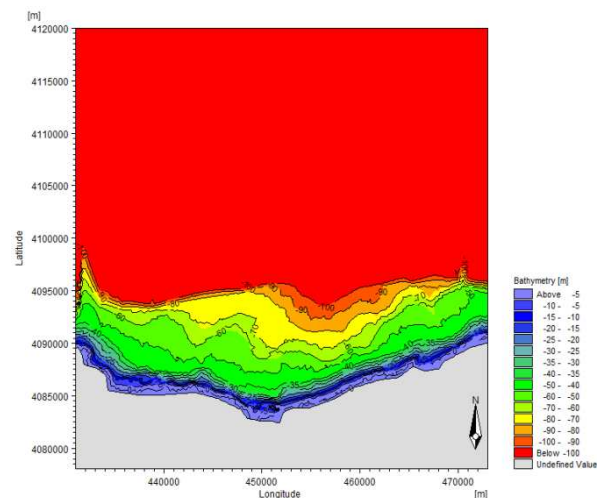


Figure III.12: Carte bathymétrique de la baie d'El Tarf 2019

## **Chapitre III : Analyse multiscale, acquisition et traitement des données bathymétriques**

---

La carte bathymétrique de 1972 montre des isobathes plus au moins irrégulières, parallèles à la côte, serrées (0m à -40m) traduisant un profil à pente abrupte, (-40m à -50m) à l'Est de la baie, elles sont espacées à une pente douce, (-50m à -100m) deviennent plus au moins serrées.

A l'Ouest de la baie (-40m à -70m) les isobathes sont espacées avec l'adoucissement de la pente et (-70m à -100m) elles sont plus au moins serrées avec une pente abrupte.

La carte bathymétrique de 2019 montre des isobathes parallèles à la côte plus au moins régulières, plus au moins serrées de (0m à -40m) traduisant un profil à pente abrupte, et de (-40m à -60m) les isobathes sont avec une certaine irrégularité, plus au moins espacées définissant une pente douce, (-60m à -100m) les isobathes redeviennent serrées, à l'exception du centre de la zone où elles sont plus ou moins espacées (-60m à -75m).

### **III.2.2. Cartes différentielles et interprétation :**

La présente étude porte sur l'évolution morphologique des fonds marins qui ont subi de grands changements au cours des 50 dernières années (1972 et 2019). Ces changements conduisent non seulement à la variation spatiale de stock sédimentaire ainsi qu'à la morphologie sous marine des zones d'étude.

La variabilité spatio-temporelle de la topographie et l'évolution bathymétrique des fonds marins, s'appuie sur un système d'information géographique (SIG), qui permet de réaliser un modèle numérique de profondeur interpolé par la méthode « Kriging ». Ainsi, l'étude de l'évolution morphologique à long terme en comparant entre les enquêtes bathymétriques des différentes années 1972 et 2019.

Ce modèle permet de spatialiser la différence de profondeur dans l'avant-côte durant la période 1972-2019, qui fait apparaître des sous-zones où la profondeur soit diminuée ou augmentée ou reste stable. Ces variations sont dues à des déplacements sédimentaires induits principalement par le transit sédimentaire, correspondent à des zones d'érosion, de stabilité ou des zones d'accumulation.

#### **III.2.2.1. Le linéaire côtier de l'Algérie :**

Le littoral Algérien comme les autres pays côtiers, est soumis au risque des phénomènes d'accrétion et d'érosion côtier, qui dépend d'une part des activités anthropiques (aménagement du territoire, installation d'ouvrages de protection, etc.) et des phénomènes naturels (tempêtes, élévation du niveau de la mer, inondations marines...etc.) d'autre part.

Les résultats de la comparaison de 1972 à 2019 ont montré que l'évolution morphologique aux abords des petits fonds marins est très importante. Cependant, l'érosion côtière a été très intense dans la partie orientale et centrale, tandis que la progression est plutôt remarquable dans la partie occidentale (Figure III.23).

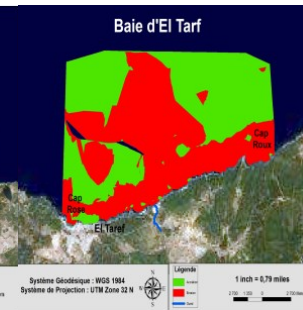
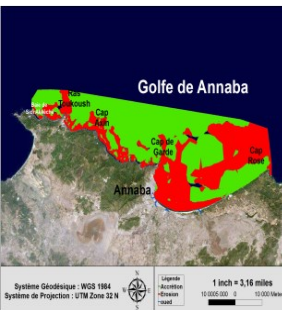
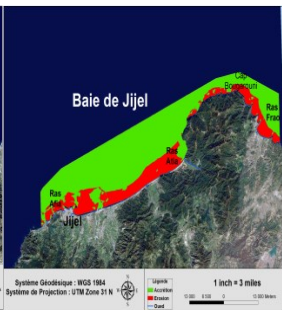
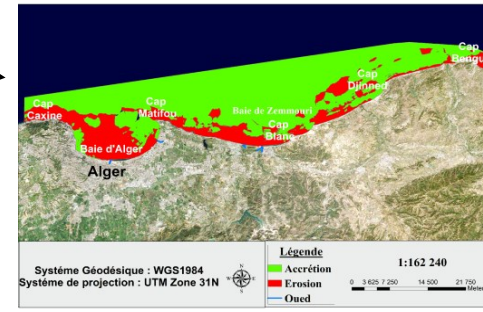
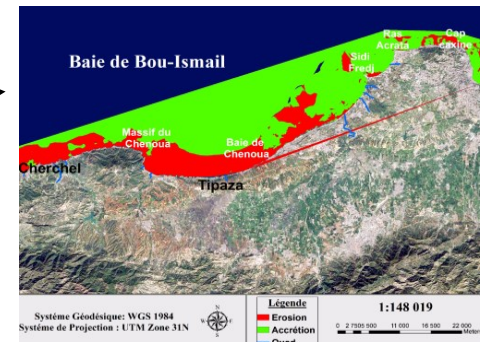
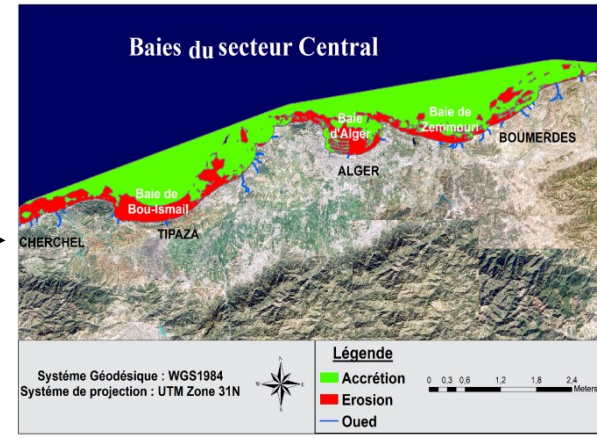
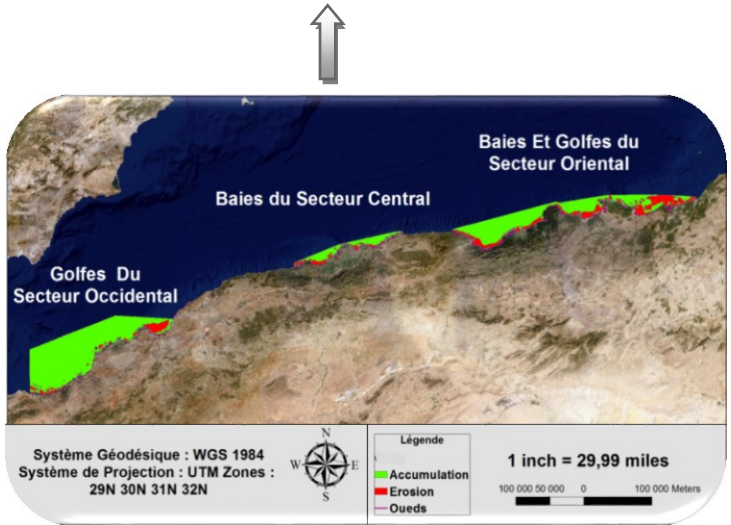
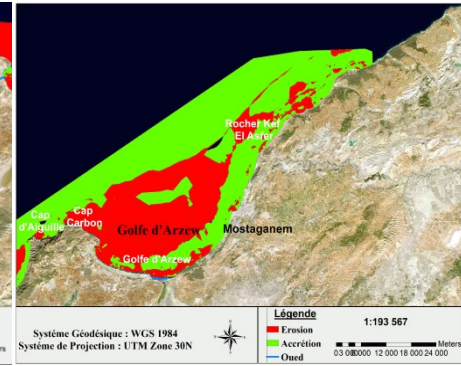
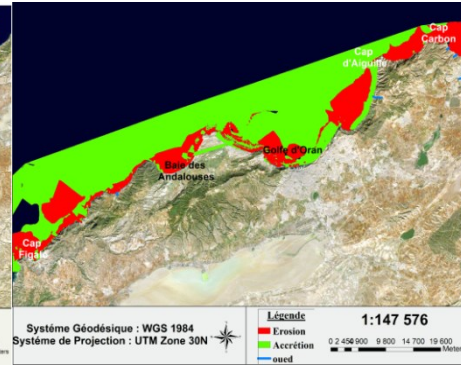
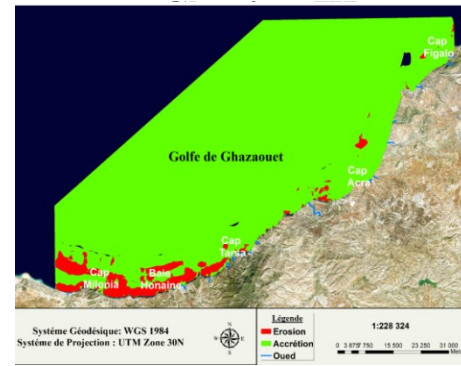
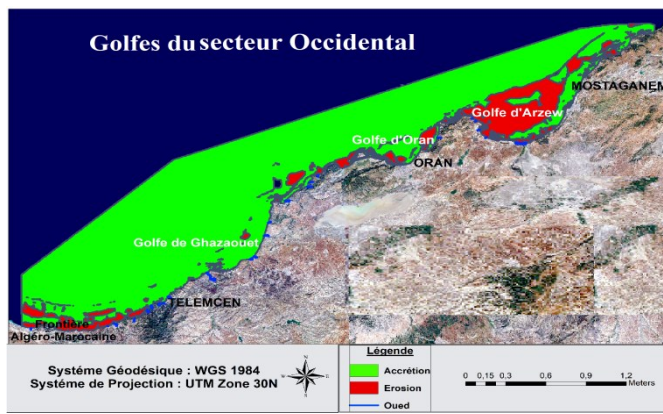


Figure III.23 : Cartes d'évolutions des fonds marins de différentes baies et golfes Algériens entre 1972-2019

## Chapitre III : Analyse multiscalaire, acquisition et traitement des données bathymétriques

---

La zone en accumulation à une superficie de ( $13,52 \times 10^9 \text{m}^2$ ), d'érosion ( $6,7 \times 10^9 \text{m}^2$ ) et nette ( $9,74 \times 10^9 \text{m}^2$ ) totale pour l'Algérie.

### 1. Secteur occidental :

Les résultats de l'évolution bathymétrique des fonds marins de la partie occidentale de la frange côtière Algérienne comprenant les trois principaux golfes (Arzew, Oran et Ghazaouet) sont analysés à l'aide des cartes bathymétriques menées entre 1972 et 2019.

Le phénomène d'érosion a été apprécié surtout au niveau de la zone côtière du golfe d'Arzew, qui diminue en allant vers le golfe d'Oran et moins intense dans le golfe de Ghazaouet, par contre, ce dernier se caractérise par des phénomènes de progression et d'accrétion marine importante (Figure III.23).

La superposition des cartes bathymétriques entre 1972 et 2019 permet d'obtenir une carte d'évolution différentielle du fond marin de ce secteur estimée à environ ( $8,86 \times 10^9 \text{m}^2$ ).

Ces variations montrent que la morphologie des fonds marins de cette partie a évolué différemment d'une zone à l'autre, avec plusieurs zones d'accumulation au large ( $6,30 \times 10^9 \text{m}^2$ ) et des zones d'érosion sur le fond peu profond ( $1,21 \times 10^9 \text{m}^2$ ) entre cela s'ajoutent des formes stables d'une superficie de ( $1,34 \times 10^9 \text{m}^2$ ).

#### 1.1. Golfe d'Arzew vers la pointe d'El Aoua :

La carte d'évolution du fond du golfe d'Arzew, marque une régression importante au niveau de la zone côtière et des formes d'accumulation pratiquement vers le large (Figure III. 23).

La superposition bathymétrique des cartes de 1972 et 2019 permet d'obtenir une carte d'évolution différentielle du fond marin du golfe d'Arzew avec une érosion estimée à environ ( $2,33 \times 10^9 \text{m}^2$ ).

Ces variations montrent que la morphologie des fonds marins de ce golfe a évolué différemment d'une zone à l'autre, avec plusieurs zones d'accumulation au large ( $11,41 \times 10^8 \text{m}^2$ ) et des zones d'érosion sur le fond peu profond ( $7,07 \times 10^8 \text{m}^2$ ) entre cela il existe des formes stable d'une superficie de ( $48,15 \times 10^7 \text{m}^2$ ).

La zone côtière se caractérise par l'abondance des activités anthropiques surtout du côté Ouest, où on trouve des infrastructures portuaires au niveau de Mostaganem (EPM) ainsi qu'à l'extrémité du golfe d'Arzew (EPA), aussi la présence d'une batterie d'épis et de brise-lames dans la partie centrale de ce golfe.

En allant vers cap Carbon, une forte érosion s'est marquée, ceci peut être expliqué par l'importance des facteurs hydrodynamiques qui abritent cette zone.

## Chapitre III : Analyse multiscale, acquisition et traitement des données bathymétriques

---

La variation des formes d'accumulation se concentre pratiquement au large ainsi qu'aux abords des petits fonds où la morphologie est régulière et moins active, qui probablement liées aux courants de retour.

### 1.2. Golfe d'Oran vers cap Falcon:

La superposition bathymétrique des cartes de 1972 et 2019 permet d'obtenir une carte d'évolution différentielle du fond marin du golfe d'Oran, estimée à environ  $(15,98 \times 10^8 \text{ m}^2)$ .

Ces variations montrent que la morphologie des fonds marins du golfe a évolué différemment d'une zone à l'autre, avec plusieurs zones d'accumulation au large ( $67,60 \times 10^7 \text{ m}^2$ ) et des zones d'érosion dans des faibles profondeurs ( $29,04 \times 10^7 \text{ m}^2$ ) entre cela, il existe des formes stables d'une superficie de  $(63,05 \times 10^7 \text{ m}^2)$ .

L'analyse de la carte différentielle de l'évolution bathymétrique du golfe d'Oran, fait ressortir deux zones morphologiques bien distinctes (Figure III. 23) :

**La zone côtière :** cette zone se caractérise par l'abondance des formes d'érosion et de régression marine aux abords des petits fonds, où distingue la présence des côtes rocheuses qui s'étalent des monts d'Arzew jusqu'à Mers El Kebir à l'Ouest, cette zone abrite le 2ème port commercial du pays (port El Mers El kébir). Aussi, on trouve des plages sableuses le long de la baie des Andalouses qui marquent une très forte érosion, cela peut être expliqué par les facteurs hydrodynamiques (houle, vague...etc.) qui abritent cette zone.

**La zone au large :** cette zone se caractérise par l'abondance des formes d'accumulation qui se concentrent pratiquement au large où la morphologie est très régulière avec un fond simple et moins actif.

### 1.3. Golfe de Ghazaouet :

La carte d'évolution du fond du golfe de Ghazaouet, présente une érosion moins importante au niveau de la zone côtière et une abondance des formes d'accumulation pratiquement vers le large (Figure III.23).

La superposition des deux cartes bathymétriques de 1972 et 2019, permet d'obtenir une carte d'évolution différentielle du fond marin du golfe de Ghazaouet, estimée à environ  $(49,31 \times 10^8 \text{ m}^2)$ .

Ces variations montrent que la morphologie des fonds marins de ce golfe a évolué différemment, avec plusieurs zones d'accumulation au large ( $44,81 \times 10^8 \text{ m}^2$ ) et des zones d'érosion aux faibles profondeurs ( $21,82 \times 10^7 \text{ m}^2$ ), entre cela il existe des formes stables d'une superficie de  $(23,18 \times 10^7 \text{ m}^2)$ .

## Chapitre III : Analyse multiscalaire, acquisition et traitement des données bathymétriques

---

La zone côtière se caractérise par l'abondance des activités anthropiques surtout de côté Ouest, où on trouve plusieurs entreprises portuaires (port de Ghazaouet, port Honaine, Si Youcha...), une érosion intense à l'Est au niveau du cap Figalo.

La variation des formes d'accumulation couvrant pratiquement toute la zone surtout au niveau de la partie Est ainsi qu'au large où la morphologie est régulière, ceci est due probablement d'une part aux courants de retour et des éboulements et glissements du terrain d'autre part au niveau de ce golfe.

### 2). Secteur central :

#### 2.1. Baie d'Alger vers cap Bengouf :

Les résultats obtenus pour l'évolution bathymétrique des fonds marins de la baie d'Alger, permet de constater une érosion assez importante au niveau de la zone côtière et une abondance des formes d'accumulation pratiquement vers le large (Figure III. 23).

La superposition des cartes bathymétriques entre 1972 et 2019, permet d'obtenir une carte d'évolution différentielle du fond marin de la baie d'Alger avec une superficie estimée à environ ( $11,51 \times 10^8 \text{ m}^2$ ).

Ces variations montrent que la morphologie sous-marine de cette baie a évolué différemment d'une zone à l'autre, avec plusieurs zones d'accumulation au large ( $70,82 \times 10^7 \text{ m}^2$ ) et des zones d'érosion à la côte ( $23,55 \times 10^7 \text{ m}^2$ ), entre cela il existe des formes stables d'une superficie estimée à ( $20,73 \times 10^7 \text{ m}^2$ ).

Le phénomène de régression marine a été apprécié surtout du côté Ouest de la baie d'Alger, ainsi qu'au niveau de la baie de Zemmouri, et qui diminue en allant vers l'Est.

An niveau de la partie centrale de la baie d'Alger, on marque une forte érosion, car cette zone se considère comme une métropole qui relie les différentes activités industrie-portuaires (port commercial d'Alger). La zone qui se situe entre « Bordj El Kiffan » et « Bordj El Bahri » marque la présence des ouvrages de protection formant une batterie d'épis en forme « L et T » qui se caractérise par une accumulation en amont et une érosion en aval le long de la côte.

Plus en allant à l'Est vers la « baie de Zemmouri » une forte érosion au niveau de la bande côtière se marque, qui pourrait être due à l'occupation de la zone par des infrastructures portuaires (port de Dellys, port cap Djined et Mersa El Hadjedje). L'apparition des formes d'accumulations importantes entre les ouvrages de protection.

#### 2.2. Baie de Bou-Ismaïl vers Cherchel:

Les résultats de l'évolution bathymétrique des fonds marins de la baie de Bou-Ismaïl, montrent une érosion assez importante au niveau de la zone côtière et une abondance des formes d'accumulation pratiquement vers le large (Figure III. 23).

## Chapitre III : Analyse multiscalaire, acquisition et traitement des données bathymétriques

---

La superposition des cartes bathymétriques de 1972 et 2019, permet d'obtenir une carte d'évolution différentielle du fond marin de la baie de Bou-Ismaïl d'une superficie d'environ ( $11,68 \times 10^8 \text{ m}^2$ ).

Ces variations montrent que la morphologie des fonds marins de cette baie a évolué différemment d'une zone à l'autre, avec plusieurs zones d'accumulation au large ( $58,75 \times 10^7 \text{ m}^2$ ) et des zones d'érosion sur le fond peu profond ( $25,23 \times 10^7 \text{ m}^2$ ) entre cela il existe des formes stable d'une superficie de ( $32,82 \times 10^7 \text{ m}^2$ ).

Le phénomène d'érosion marine a été apprécié surtout en allant de la baie de Chenoua vers Cherchel et qui diminue en allant à l'Est vers Sidi Ferdj. Cela peut être expliqué d'une part, par la présence de l'ensemble des infrastructures portuaires (port de Boharoun, Khemisti, Fouka Marine, port de Tipaza et le port de Sidi-Ferdj). D'autre part, par les aménagements et les ouvrages de protection abritant cette zone où on trouve l'installions d'une batterie d'épis au niveau de Bou-Ismaïl, 4 épis en forme « T » et un en forme « I ».

Par contre, le phénomène de progression et d'accrétion marine se concentrent pratiquement au large, en allant vers Sidi Ferdj, où la présence d'une série de brise-lames de l'ordre de neuf, ce qui a donné naissance à la formation des tombolos le long de la côte.

### 3. Secteur oriental :

Les résultats de l'évolution des fonds bathymétriques de la partie orientale de la frange côtière Algérienne comprenant les principaux golfes et baies (baie d'El Tarf, golfe d'Annaba, golfe de Skikda, baie de Jijel, Golfe de Béjaïa), sont constatés à partir de la superposition des cartes bathymétriques de 1972 et 2019.

La carte différentielle du secteur oriental est estimée à une superficie de ( $15,7 \times 10^9 \text{ m}^2$ ), le résultat de cette superposition montre les zones d'érosion, qui sont appréciées aux abords des petits fonds de la zone côtière qui se présentent à environ ( $57,28 \times 10^8 \text{ m}^2$ ), et des accumulations vers le large présentent environ ( $59,97 \times 10^8 \text{ m}^2$ ), des formes stable d'une superficie d'environ ( $40,15 \times 10^8 \text{ m}^2$ ) (Figure III.23).

#### 3.1. Golfe de Béjaïa vers cap Sigli:

La carte différentielle du golfe de Béjaïa de 1972 et 2019, nous a permis de déterminer l'évolution des fonds qui varie d'une zone à l'autre, érosion ou accumulation, d'une superficie estimée à ( $1,9 \times 10^9 \text{ m}^2$ ) (Figure III.23).

Sur cette carte différentielle, le phénomène d'érosion couvre une superficie de ( $17 \times 10^8 \text{ m}^2$ ), au niveau de la zone côtière de l'Est vers l'Ouest, domine surtout au centre de la zone. Ceci est lié probablement à la présence du port de Béjaïa (EPB), aussi aux trois brise-lames qui se trouvent à la partie occidentale de la baie, lié aux courants de dérive ainsi qu'aux apports moins riches en sédiments transportés par les oueds (suite à l'extraction des sédiments des oueds) tel que le cas de « oued Soummam », qu'aux activités anthropiques (industrielles, économiques) et les activités touristiques. L'érosion est moins flagrante en allant vers l'Est de la baie

## Chapitre III : Analyse multiscale, acquisition et traitement des données bathymétriques

---

Une accumulation sur une superficie estimée à  $(14 \times 10^8 \text{m}^2)$ , dominante vers le large, probablement due aux courants de retour.

Une sédimentation remarquable au niveau de certains endroits de la zone côtière, qui est peut être liée à la présence du port où la dérive littorale se bloque et une superficie où les formes sont stables de  $(18 \times 10^8 \text{m}^2)$ .

### 3.2. Baie de Jijel vers cap Bougarouni :

La carte différentielle de cette zone de 1972 et 2019, nous a permis de déterminer l'évolution des fonds qui varie d'une zone à l'autre, érosion ou accumulation (Figure III. 23).

Sur cette carte différentielle d'une superficie de  $(1,7 \times 10^9 \text{m}^2)$ , l'érosion est estimée à une superficie de  $(85 \times 10^7 \text{m}^2)$  au niveau de la zone côtière, accentuée en Est et peu prononcée au niveau de cap Bougarouni, cette érosion est peut-être due à la morphologie de la zone et les courants de retour, à la construction portuaire qui freine le transport sédimentaire.

Une accumulation dominante au large, et très peu remarquable au niveau de la zone côtière tel que le port de DjenDjen (sédimentation du port), et ras Atia, raz El Karne. Cette accumulation peut être expliquée par les courants de retour et de dérive en cette zone couvre une superficie de  $(17 \times 10^8 \text{m}^2)$ . La superficie où les formes sont stables est d'environ  $(56,4 \times 10^7 \text{m}^2)$ .

### 3.3. Golfe de Skikda :

La carte différentielle du golfe de Skikda de 1972 et 2019, nous a permis de déterminer l'évolution des fonds qui varie d'une zone à l'autre, érosion ou accumulation (Figure III. 23).

Cette carte différentielle d'une superficie de  $(1,3 \times 10^9 \text{m}^2)$ , montre que l'érosion domine la zone côtière, d'Est en Ouest couvre une superficie d'environ  $(13,4 \times 10^8 \text{m}^2)$  prononcée surtout au niveau des baies qui se trouvent en ce golfe telle que la baie de Stora à l'Est, la baie de Collo à l'Ouest. Cette régression peut être expliquée par la morphologie de la zone et les infrastructures et activités anthropiques.

Une accumulation dominante vers le large, et une sédimentation remarquable au niveau du port de Skikda qui se localise dans la baie de Stora, et en certaines zones où se trouvent les caps et des petits fonds, en se rapprochant du cap de Fer une accumulation de zone côtière est observable. Elle est estimée à une superficie de  $(10 \times 10^8 \text{m}^2)$  et probablement due aux courants de retour, ainsi qu'à des obstacles (cas du port de Skikda qui bloque la dérive littorale). Une superficie estimée à  $(13,5 \times 10^8 \text{m}^2)$  caractérisant des formes stables de ce golfe.

### 3.4. Golfe d'Annaba vers la baie de Sidi akkèche :

La superposition des cartes bathymétriques 1972 et 2019, nous a permis de déterminer l'évolution des fonds de ce golfe (Figure III. 23).

## Chapitre III : Analyse multiscale, acquisition et traitement des données bathymétriques

---

Cette carte différentielle d'une superficie de  $(1,8 \times 10^9 \text{m}^2)$ , indique une érosion prononcée au niveau de la zone côtière avec  $(17,4 \times 10^8 \text{m}^2)$ , où les baies sont pratiquement érodées (baie de Sidi Akkéche, baie de Toukoush et la baie des Caroubiers).

Ce phénomène est probablement due à la morphologie de ce golfe ainsi qu'aux courants de retour, activités anthropiques en tant que Annaba se classe parmi les grandes villes industrielles, avec des industries qui se déchargent en mer, et une abondance des activités touristiques.

L'accumulation est sur une superficie de  $(18 \times 10^8 \text{m}^2)$ , dominante au large et remarquable en allant vers l'Est de cette zone. La superficie où les formes sont stables est de  $(29 \times 10^7 \text{m}^2)$ .

### 3.5. Baie d'El Tarf :

La carte différentielle de la baie d'El Tarf de 1972 et 2019, montre l'évolution des fonds qui varie d'une zone à l'autre, érosion ou accumulation (Figure III.23).

La carte différentielle d'une superficie de  $(2 \times 10^8 \text{m}^2)$ , une érosion à la côte dominante est estimée à une superficie d'environ  $(9,8 \times 10^7 \text{m}^2)$ , ce phénomène probablement lié aux courants de retour vers large et la morphologie de la zone.

Par contre une accumulation très faible vers le large couvrant une superficie d'environ  $(9,7 \times 10^7 \text{m}^2)$  liée peut être aux courants de dérive. La superficie où les formes sont stables est de  $(1,02 \times 10^7 \text{m}^2)$ .

### Conclusion:

Au terme de ce chapitre, consacré à l'étude bathymétrique qui est une étude primordiale dans notre domaine afin de reconnaître et interpréter la morphologie sous-marine.

Une zone côtière qui montre des isobathes plus au moins irrégulières, plus au moins serrées, par contre, le large est marqué par la présence des isobathes parallèles au rivage espacées traduisant un fond régulier et moins actif.

L'évolution morphologique des fonds marins nous a permis de cibler la bande côtière dont les différentes composantes des provinces sédimentaires constituant le système littoral Algérien, où on observe une nette érosion du fond par rapport au large surtout au niveau des fonds sableux.

Cela est la résultante principale des activités anthropiques (port, mur de soutènement, épis, brise-lames, extraction illégale de sable...etc.), des phénomènes naturels (houle, vague et courant) qui entraînent des modifications dans l'ensemble du système littoral, ainsi, qu'aux échanges transversaux et longitudinaux entre les différentes unités morphologiques de la côte.

## **Chapitre IV :**

---

Modélisation de l'hydrodynamisme côtier le  
long du littoral Algérien  
(1972, 2019)

## **CHAPITRE IV**

### **MODELISATION DE L'HYDRODYNAMISME COTIER LE LONG DU LITTORAL ALGEIEN (1972, 2019)**

Pour compléter les différents concepts mentionnés dans la partie précédente, l'objectif principal de ce chapitre sera consacré à l'étude hydrodynamique, qui nous permettra de déterminer le rôle des vagues et des houles et leur influence sur l'évolution des fonds marins et la dynamique littorale ainsi que celui des courants.

#### **IV.1. Outils et procédures :**

##### **IV.1.1 Outils et logiciels utilisés :**

Afin d'étudier les processus hydrodynamiques de l'ensemble des baies et golfes Algériens, nous allons modéliser les principaux phénomènes physiques. Dans ce cas on utilise le modèle couplé de logiciel MIKE 21.

##### **Description du modèle de simulation (MIKE 21/3 coupled Model) :**

La modélisation de la dynamique 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 intégrée comprenant différents modèles numériques.

Dans notre cas d'étude, on a utilisé 2 modules de calcul de MIKE 21/3, comprenant les calculs suivants :

- MIKE 21-SW (Spectral Waves Flexible Mesh);
- MIKE 21-HD (Hydrodynamic model).
  
- **Le modèle numérique spectral wave (MIKE 21- SW):**

MIKE 21 SW est le module de propagation de la houle spectrale. Le modèle simule la propagation, l'évolution et la transformation des vagues générées par les vents et des houles au large et dans les zones côtières.

Il prend en compte la génération de la houle par action du vent, les interactions non linéaires vague-vague ; la dissipation due au frottement sur le fond ; la dissipation due au déferlement ; la réfraction et le shoaling due à la variation de la profondeur ; les interactions vagues-courants et les effets de la variation temporelle de la profondeur.

- **Le modèle numérique hydrodynamique (MIKE 21-HD) :**

MIKE 21 HD constitue le noyau de la suite logicielle MIKE 21 en fournissant les paramètres hydrodynamiques nécessaires aux autres modules. C'est un modèle bidimensionnel pour les calculs hydrodynamiques à surface libre qui permet de simuler les

## Chapitre IV : Modélisation de l'hydrodynamisme côtier le long du littoral Algérien (1972, 2019)

variations du niveau d'eau et des écoulements, moyennés sur la colonne d'eau, en fonction des paramètres de forçage des zones côtières et du large (DHI, 2014). Il est utilisé pour simuler de nombreux phénomènes hydrauliques dont la marée, les courants induits par le vent et la houle ainsi que les surcotes. MIKE 21 HD prend également en compte les phénomènes d'immersion et émergence des côtes.

Le schéma ci-dessous (Figure IV.1) résume la démarche méthodologique suivie pour mener l'étude hydrodynamique de nos zones d'étude.

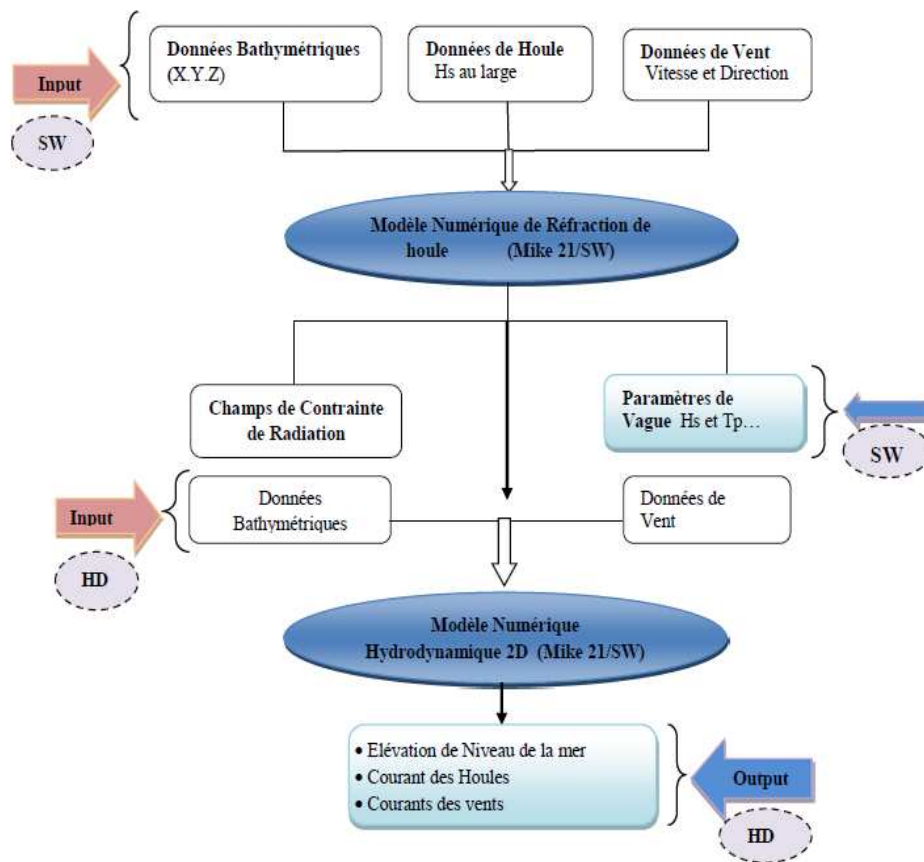


Figure IV.1: Schéma de fonctionnement des codes Mike 21 des calculs du modèle hydrodynamique

### IV.2. Résultats et discussion :

#### IV.2.1. La réfraction de la houle (Spectral Wave, SW) :

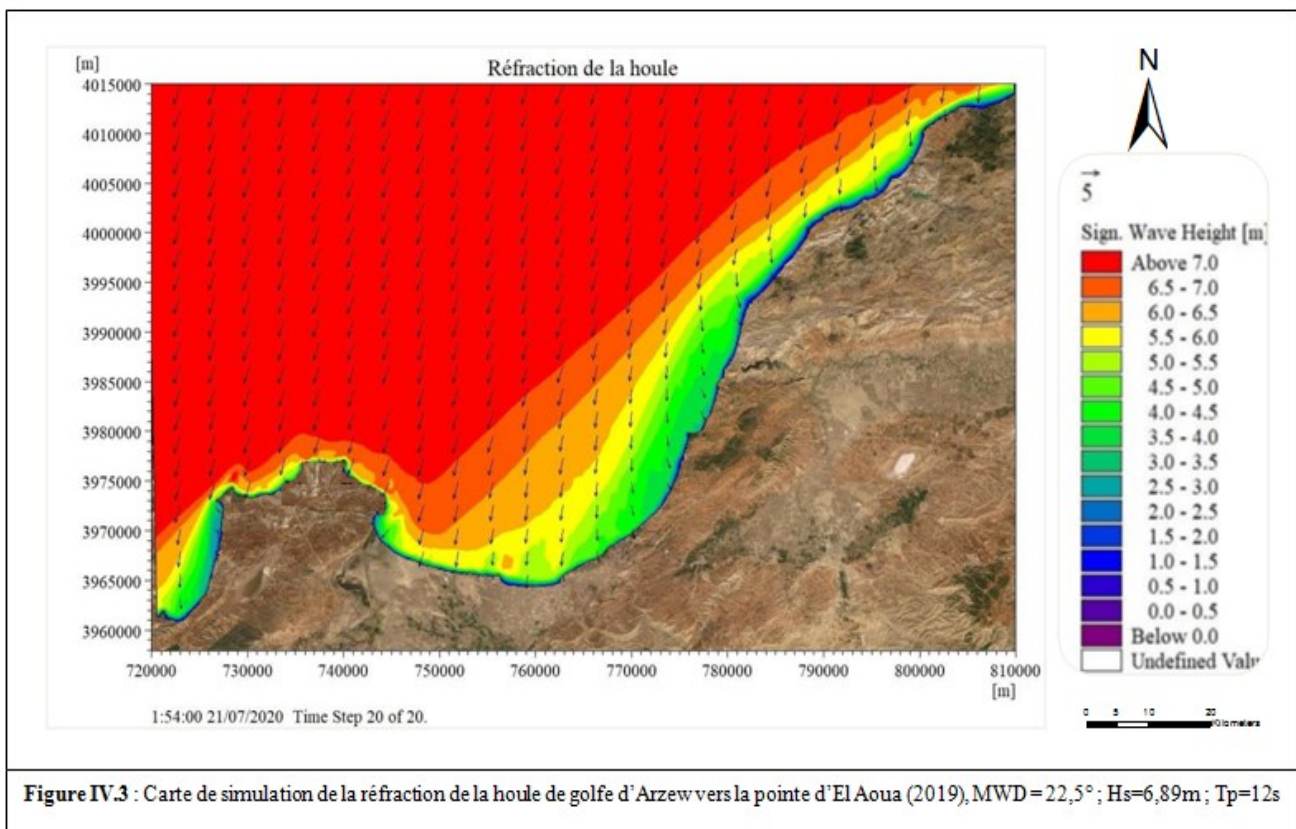
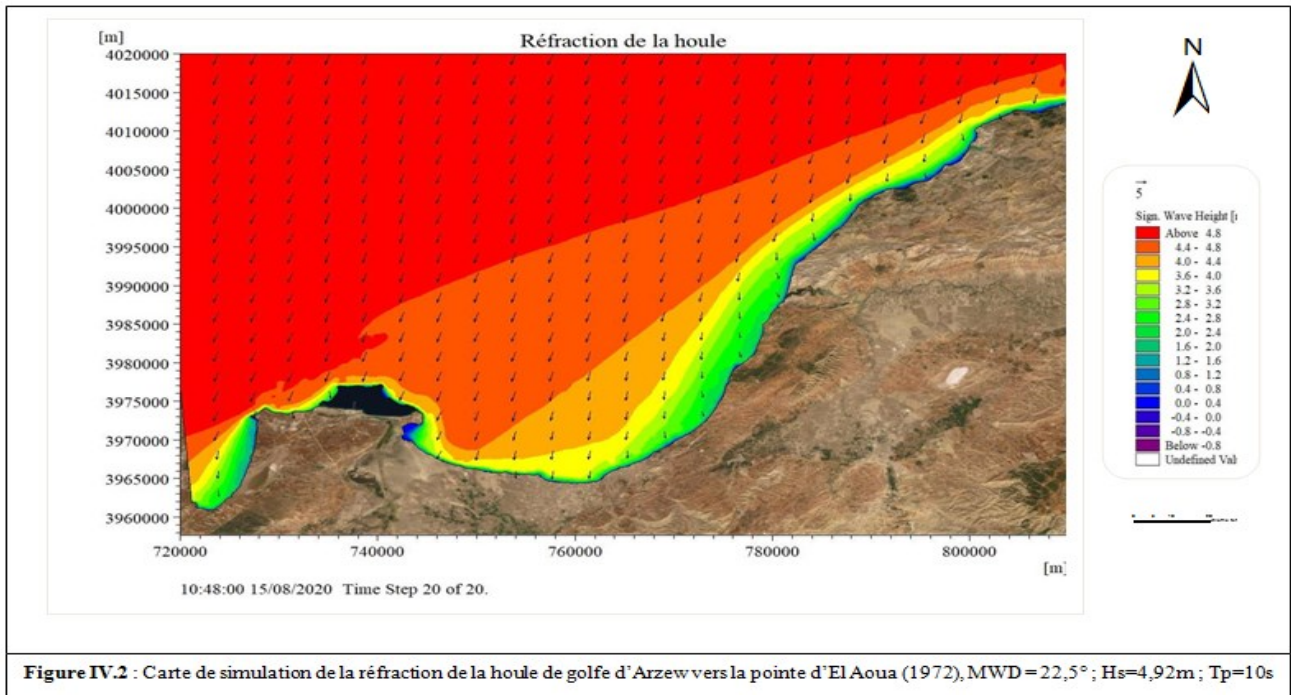
L'objectif de cette étude est de connaître les caractéristiques de la houle au cours de sa propagation, depuis le large jusqu'à la côte, ce qui traduit par une diminution de sa hauteur, et les directions dominantes avec une déviation de l'angle d'incidence. Le coefficient de réfraction est défini de la manière suivante:  $K_r = (H_s \text{ locale} / H_s \text{ large})$ .

# Chapitre IV : Modélisation de l'hydrodynamisme côtier le long du littoral Algérien (1972, 2019)

## 1. Secteur occidental :

### 1.1. Golfe d'Arzew vers la pointe d'El Aoua :

L'étude de phénomène de réfraction montre que notre zone d'étude est fréquentée par des houles venant de secteur NNE, NE et W, la hauteur de la houle en mètre varie globalement entre 0,4m et 4,8m quand  $T_p=10s$  pour les cartes de 1972 et entre 0,5m à 7m pour une période  $T_p=12s$  en 2019.



## Chapitre IV : Modélisation de l'hydrodynamisme côtier le long du littoral Algérien (1972, 2019)

- **Action de la houle de direction NNE (22,5°) :**

La carte obtenue par la simulation des données de houle de 1972 montre qu'elle arrive à la côte d'une manière peu inclinée, avec un changement de direction et une déviation de 302,5° au niveau de la partie orientale (entre Rocher Kef El Asfer et Mostaganem) et environ 2° dans le reste de la zone. A 25m de profondeur la houle commence à sentir l'effet de fond, ceci peut se traduire par un coefficient de réfraction égale à 0,58 lorsque la hauteur significative atteint 2,8m. Vers la côte à 5m de profondeur, l'énergie de la houle diminue où le coefficient de réfraction est de 0,33 à une hauteur de 1,6m. Le résultat indique que la houle perd presque 70% de son énergie de large (Figure IV.2).

Par contre, le résultat de 2019 indique une transmission inclinée de la houle de large vers la côte, avec un changement de direction et une déviation très remarquable entre 260° à 300° au niveau des caps et des zones rocheuses (cap d'Aiguille, cap Carbon, rocher Kef El Asfer et la pointe d'El Aoua...), ces derniers ont une influence directe sur le changement des caractéristiques de houle et la diminution des hauteurs vers la côte. La partie centrale de cette zone marque une légère déviation estimée entre 3° et 5° (Figure IV.3).

A 30m de profondeur, la zone marque une réfraction de la houle avec un coefficient égale à 0,92 lorsque  $H_s = 6,5m$ . Plus en allant aux petites profondeurs à 4m, la réfraction de la houle a tendance d'augmenter ( $K_r = 0,29$ ) avec la diminution de 70% de son énergie lorsque la hauteur est environ 2m.

- **Action de la houle de direction NE (N45°) :**

La houle de direction NE, arrive à la côte avec un changement de direction remarquable vers l'Ouest (275°) au niveau de la partie orientale (pointe d'El Aoua et Mostaganem) (Figure 1, Annexe IV).

Le début de réfraction (1972) est observé à partir de 20 m de profondeur, où on constate un  $K_r = 0,41$  lorsque  $H_s$  atteint 2m. Suivant la morphologie de la zone et avec la diminution de la profondeur (4m) la houle continue à se déformer et se réfracte ( $K_r = 0,14$ ) à une hauteur de moins d'un mètre (0,7m), ceci explique que la houle perd la totalité de son énergie du large.

La propagation de la houle (2019), à tendance d'arriver de manière oblique du large vers la côte, elle commence à se modifier et dévier avec un angle de 260° au niveau des zones rocheuses (cap d'Aiguille, la pointe d'El Aoua...), Aussi au niveau de la partie Est du golfe d'Arzew on remarque une légère déviation de 7° (Figure 2, Annexe IV).

A environ 30m de profondeur, la houle commence à se modifier ( $K_r = 0,57$ ) à une hauteur de 4m. Une fois à la côte à 2m de profondeur, elle subit une réfraction marquée par un coefficient égale 0,29 avec la diminution de la hauteur à environ 5m, ceci indique que la houle garde que 25% de son énergie du large.

## Chapitre IV : Modélisation de l'hydrodynamisme côtier le long du littoral Algérien (1972, 2019)

---

- **Action de la houle de direction W (N270°) :**

En 1972, la houle garde ses caractéristiques de large jusqu'à une profondeur de 25m où on observe une déviation au niveau de la partie occidentale estimé à 220° et faible dans le reste de la zone (Figure 3, Annexe IV).

La réfraction marque lorsque la hauteur de la houle atteint 3,2m dans ce cas  $K_r = 0,57$ , ce qui explique que la houle garde la moitié de son énergie, cette dernière à une relation proportionnelle avec la diminution de la profondeur (7m) et la hauteur de houle (1,2m) ce qui donne un  $K_r = 0,21$ .

Par contre en 2019, la propagation de la houle a tendance d'arriver d'une manière oblique du large vers la côte, avec un changement de direction et une déviation très remarquable (170°) au niveau de la partie centrale du golfe d'Arzew par la présence d'un obstacle naturel (cap Carbon), ainsi qu'une légère déviation estimée entre 5° à 20° dans le reste de la zone (Figure 4, Annexe IV).

Le début de réfraction se marque à partir de 25m de profondeur, où le coefficient de réfraction calculé égale à 0,71 lorsque  $H_s = 5m$ , cette houle arrive près de 7m de profondeur, elle subit une réfraction traduite par un  $K_r = 0,23$  à une hauteur de 1,5m. L'énergie de la houle est perdue au cours de sa propagation, ce phénomène est due à la présence des obstacles naturel et anthropiques (cap Carbon et le pôle industrie-portuaire d'Arzew et de Mostaganem).

### 1.2. Golfe d'Oran vers cap Falcon:

Les résultats des simulations obtenues en 1972 en cette zone, pour les trois directions dominantes NNE, NE et W avec une période de 10s, connaissent des hauteurs significatives varient globalement entre 0,4m à 4,8m et de 0,4m à 5,6m en 2019 pour une période de 9s.

- **Action de la houle de direction NNE (N22,5) :**

La transmission de la houle venant du secteur NNE à une tendance d'arriver d'une manière peu inclinée du large vers la côte.

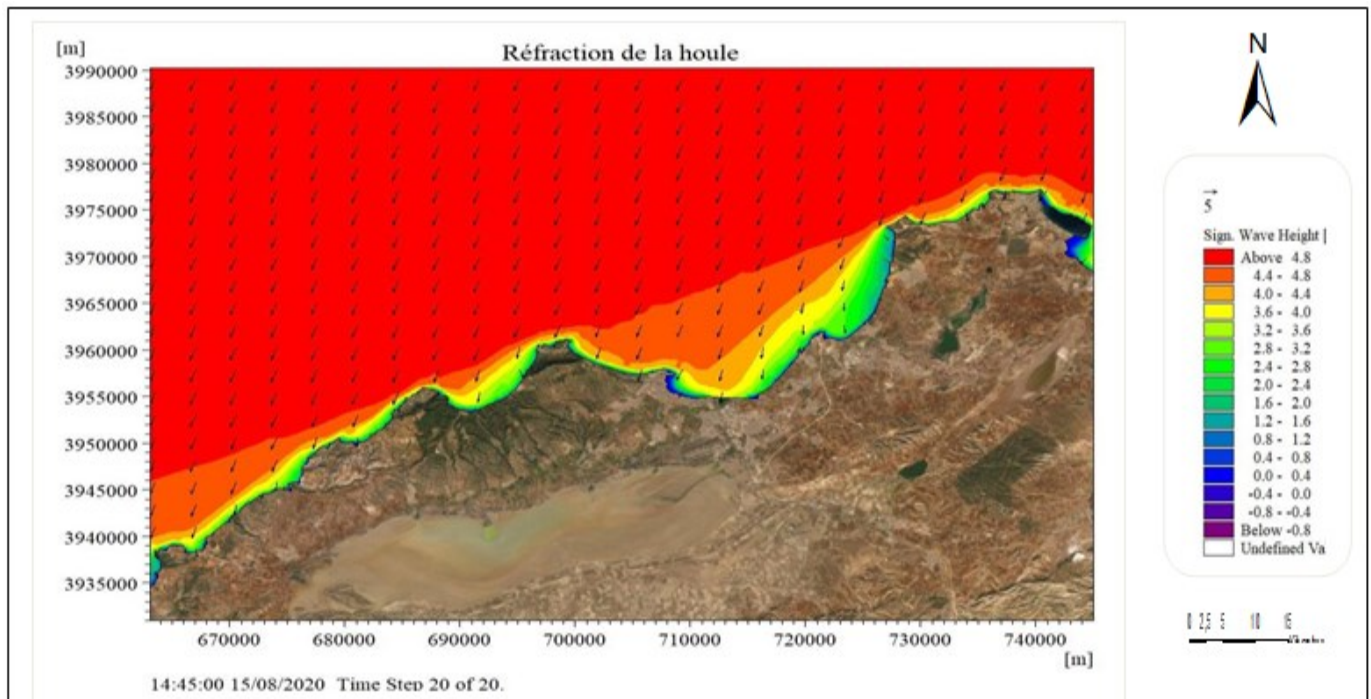
La (Figure IV.4), montre une déviation vers l'Ouest (vers cap d'Aiguille) estimée à environ 277,5 °, la houle commence à sentir l'effet du fond à (-25m), où le coefficient de réfraction égale 0,83 lorsque  $H_s$  égale 4m. Vers la côte (-5m) la houle perd la moitié de son énergie ( $K_r = 0,5$ ) pour une hauteur de 2,4m.

L'analyse de la carte de réfraction obtenue en 2019, indique une déviation importante de 300° au niveau de la partie occidentale de ce golfe et plus précisément dans les zones

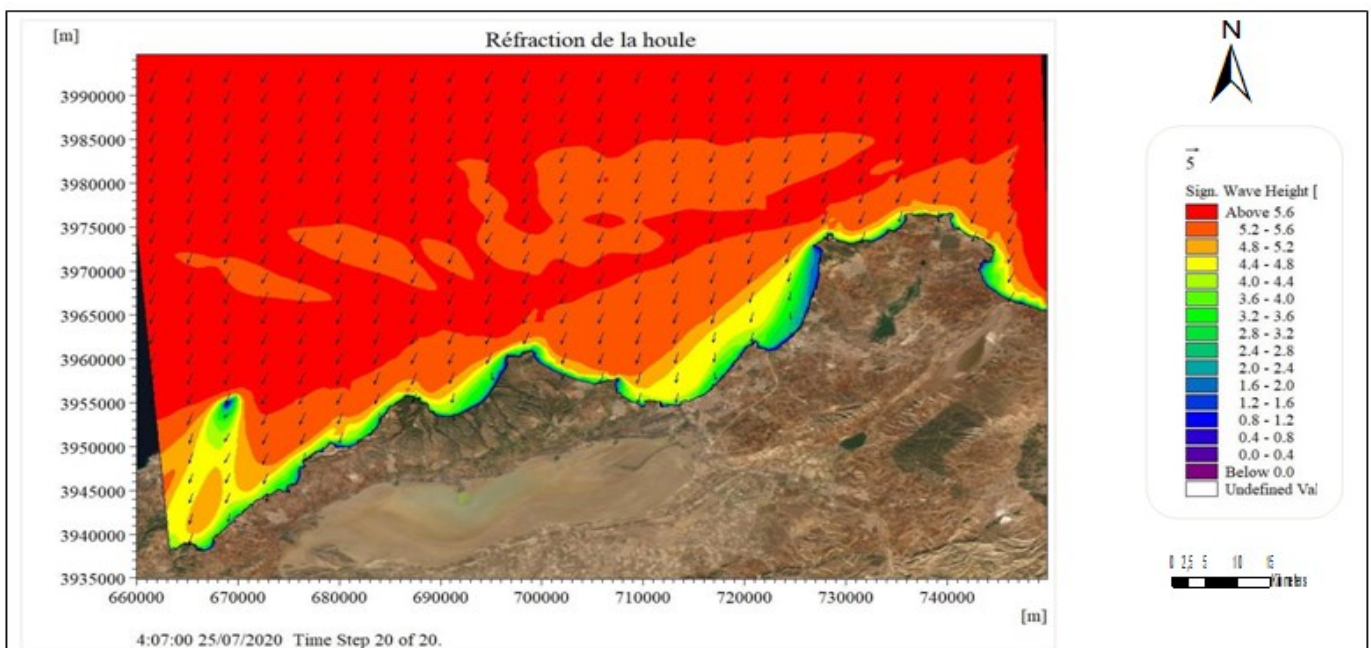
## Chapitre IV : Modélisation de l'hydrodynamisme côtier le long du littoral Algérien (1972, 2019)

rocheuses plus en allant vers (cap d'Aiguille, la baie des Andalouses et cap Sigli). On remarque aussi une déviation vers le SE au niveau des îles Habibas estimée à  $77,5^\circ$  (Figure IV.5).

A 30 m de profondeur, la houle garde presque la totalité de son énergie ( $K_r=0,92$ ) lorsque la hauteur atteint 5 m. Plus en allant aux petites profondeurs à 4m, la réfraction de la houle a tendance d'augmenter où le coefficient de réfraction est de 0,21 et une diminution de la hauteur estimée à 1,2m. Ceci indique que la houle perd presque 80% de son énergie.



**Figure IV.4 :** Carte de simulation de la réfraction de la houle de golfe d'Oran vers cap Falcon (1972), MWD = 22,5° ; Hs=4,92m ; Tp=10s



**Figure IV.5 :** Carte de simulation de la réfraction de la houle de golfe d'Oran vers cap Falcon (2019), MWD = 22,5° ; Hs=5,85m ; Tp=9s

## Chapitre IV : Modélisation de l'hydrodynamisme côtier le long du littoral Algérien (1972, 2019)

---

- **Action de houle de direction NE (N45°) :**

Du large vers la côte, la houle arrive d'une manière oblique jusqu'à 20m de profondeur (1972), elle commence à sentir l'effet du fond, ceci se traduit par un coefficient de réfraction égale à 0,50 pour une hauteur de 2,4m. La houle continue sa déformation en allant vers les petites profondeurs (10m) avec une déviation de 280°,  $K_r=0,25$  lorsque la hauteur atteint des valeurs minimales (1,2m) (Figure 5, Annexe IV).

En 2019, le début de réfraction commence à partir de 25m de profondeur, où  $K_r=0,64$  à une hauteur estimée à 3m qui diminue vers la côte à 1,6m, avec un angle de déviation calculé à 255°, la houle se réfracte plus en allant vers la côte au delà de 7m de profondeur où  $K_r= 0,28$ . L'énergie de la houle est perdue lors de sa propagation probablement ce phénomène est dû à la présence des obstacles naturel et anthropique formés par des caps et des zones rocheuses (morphologie des fonds complexes) (Figure 6, Annexe IV).

- **Action de houle de direction W (N270°) :**

En 1972, la houle de direction W garde ses caractéristiques de large jusqu'à 33m de profondeur, où on observe une déviation de l'angle d'incidence à 245° au niveau de la partie centrale du golfe d'Oran et la baie des Andalouses, et entre 10° à 15° dans le reste de cette zone.

La réfraction prend naissance à partir de 27m de profondeur, lorsque la houle atteint une hauteur de 4m dans ce cas le  $K_r= 0,77$ , ce qui explique que la houle a gardé environ 80% de son énergie. Elle diminue avec la diminution de la profondeur (6m) et de la hauteur significative (1m) avec  $K_r= 0,19$ , ceci indique que la houle perd la totalité de son énergie (Figure 7, Annexe IV).

Par contre en 2019, la houle arrive à la côte avec un changement de direction et une déviation très remarquable (220°) au niveau de la partie Ouest, englobe certaines zones (la partie Ouest du golfe d'Oran et plus en allant vers cap Falcon ainsi que la partie occidentale de la baie des Andalouses en allant vers cap Lindless), une légère déviation estimée entre 20° à 30° dans le reste de la zone.

Le phénomène de réfraction est marqué à partir de 30m de profondeur, avec un coefficient égale à 0,57 lorsque  $H_s$  atteint 3,2m, ce qui explique que la houle ne garde que la moitié de son énergie, et qui diminue en allant vers les faibles profondeurs au près de 5m où  $K_r= 0,21$  à une hauteur de 1,2m, ceci indique que la houle perd pratiquement la totalité de son énergie. Et donc on peut dire que le fond a une influence directe sur le changement des caractéristiques de la houle (Figure 8, Annexe IV).

### 1.3. Golfe de Ghazaouet :

Les cartes de réfraction obtenues pour le golfe de Ghazaouet, montrent que notre zone d'étude est exposée aux principales houles venant des secteurs NNE, NE, et NW, et qui connaissent des hauteurs significatives variant globalement entre 0,4m à 4,8m pour une période de 10s en 1972 et vers 5,6m en 2019 pour une période de 9s.

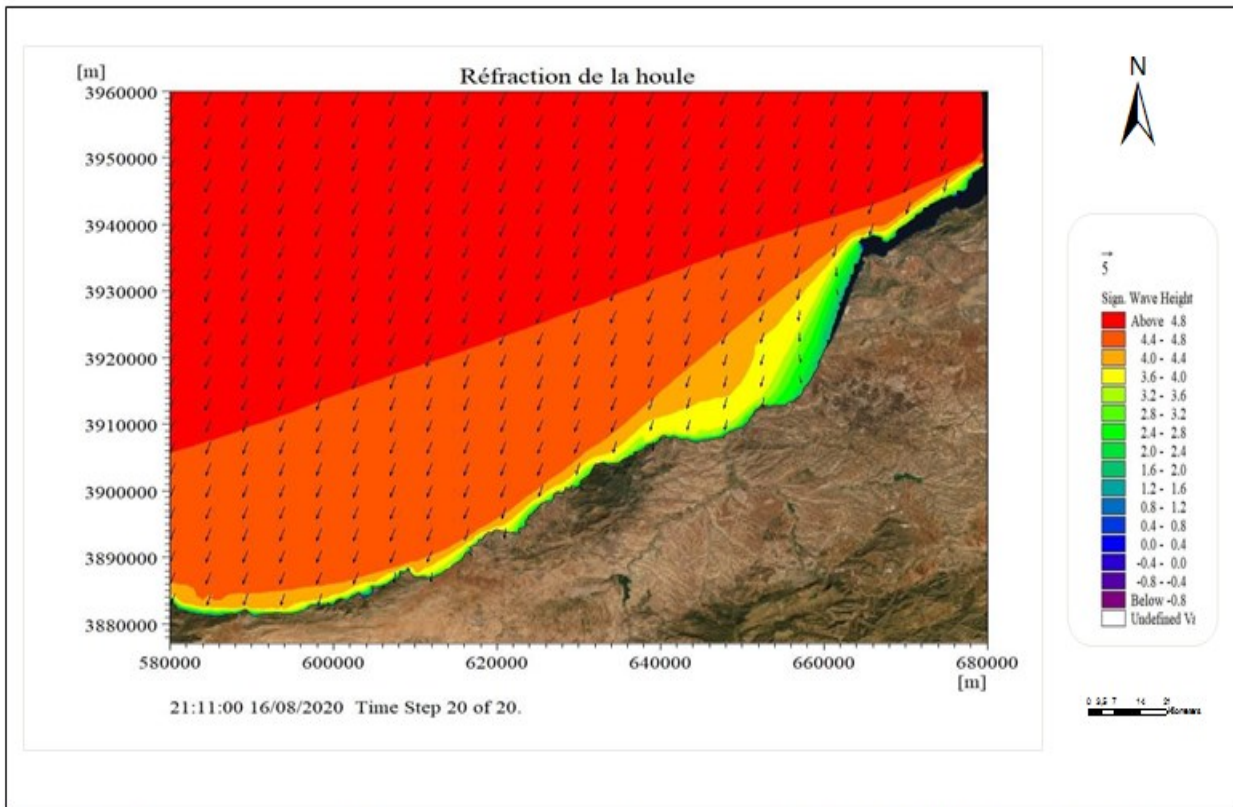
- **Action de houle de direction NNE (N22, 5°) :**

Les crêtes de houle de direction NNE arrivent d'une manière peu inclinée à la côte, avec un changement de direction et une déviation remarquable de  $277^\circ$  au niveau de la partie orientale (entre cap Figalo et cap Acra), et une déviation presque constante calculée à  $2,5^\circ$  dans la partie occidentale de la baie de Honaine.

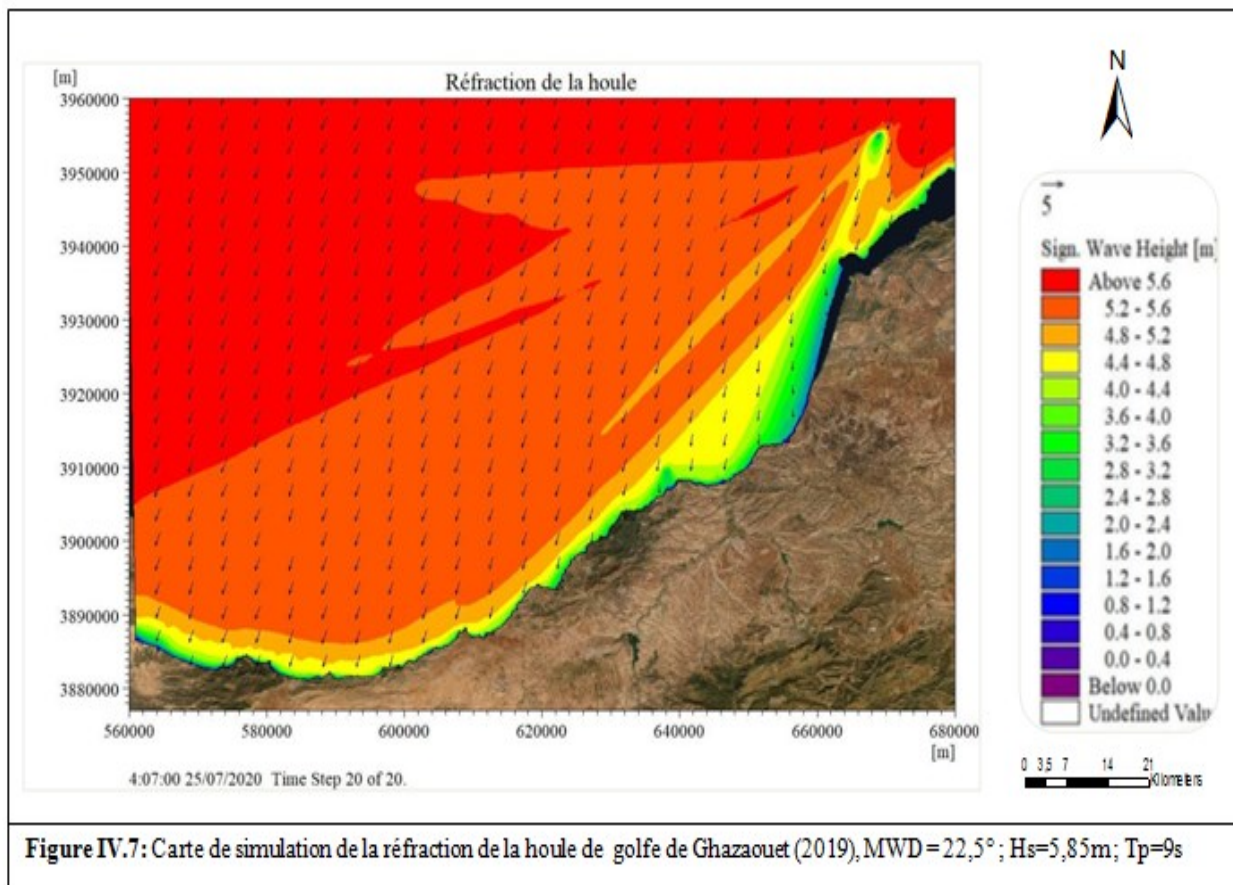
Le début de réfraction serait marqué à partir de 20m de profondeur (Figure IV.6), où on constate un coefficient égale à 0,75 lorsque la hauteur atteint 3,6m. La houle perd la moitié de son énergie lorsque la profondeur est de 5m et la hauteur (2,4m) ce qui donne un  $K_r=0,5$  et donc une dissipation.

En 2019, la houle se réfracte à une profondeur de 15m (Figure IV.7), au niveau de la partie orientale le coefficient de réfraction est égale à 0,78 lorsque la hauteur significative atteint 4,4m de côté Est, et  $K_r=0,96$  à  $H_s=5,4m$  de son côté Ouest. Plus en allant vers les petites profondeurs à environ 3m, la réfraction de la houle à tendance d'augmenter ( $K_r=0,35$ ) pour une hauteur de 2m. Ceci indique que la houle perd un pourcentage élevé de son énergie du large.

## Chapitre IV : Modélisation de l'hydrodynamisme côtier le long du littoral Algérien (1972, 2019)



**Figure IV.6:** Carte de simulation de la réfraction de la houle de golfe de Ghazaouet (1972), MWD = 22,5° ; Hs=4,92m ; Tp=10s



**Figure IV.7:** Carte de simulation de la réfraction de la houle de golfe de Ghazaouet (2019), MWD = 22,5° ; Hs=5,85m ; Tp=9s

- **Action de houle de direction NE (N45°) :**

Le résultat de simulation montre que la houle se propage avec une allure oblique du large vers la côte, avec une modification remarquable de ses caractéristiques dans la zone située entre cap Figalo et cap Acra avec une déviation de 255° en 1972.

La réfraction se marque à une profondeur de 26m, et une hauteur de 3,2m ce qui permet d'obtenir un  $K_r=0,6$ , cette houle aborde la côte à 3m de profondeur, elle se réfracte lorsque  $K_r=0,32$  pour une hauteur de 1,2m. Cela explique que la houle perd environ 70% de son énergie (Figure 9, Annexe IV).

Le début de réfraction en 2019 commence à partir de 27m de profondeur, elle se marque plus de côté Est où le coefficient de réfraction calculé est égale 0,64 à une hauteur estimée à 3,6m, cette houle arrive près de la côte avec un angle de déviation de 285°, elle se réfracte au delà de 6m de profondeur où  $K_r=0,30$  à une hauteur de 1,7m (Figure 10, Annexe IV).

- **Action de houle de direction W (N270°) :**

Selon la morphologie de la zone, elle reçoit l'énergie totale de la houle venant de direction W en 1972, cette houle arrive d'une manière plus au moins perpendiculaire à la côte pour des hauteurs significatives varient entre 0,4m à 5,2m, avec une légère déviation (30°) entre cap Tarsa et cap Milonia.

Ce golfe marque une réfraction de la houle à partir de 36m de profondeur, où  $K_r=0,46$  pour une hauteur de 2,4m, ce qui explique que la houle perd 50 % de son énergie de large. En allant vers la côte au près de 7m de profondeur elle perd presque la totalité de son énergie du large ( $K_r=0,23$ ) lorsque la hauteur est de 1,2m (Figure 11, Annexe IV).

La réfraction de cette portion en 2019 montre un changement de direction et une déviation très remarquable (245°) du côté Ouest de la baie de Honaine et plus en allant vers cap Milonia.

Le début de réfraction se marque à partir de 30m de profondeur, où le coefficient de réfraction calculé est de 0,57 à une hauteur de 3,2m. En progressant vers les petits fonds au près de 5m de profondeur la houle subit une réfraction dont on constate un  $K_r=0,20$  à une hauteur près de 1,2 m, ceci indique que la houle perd pratiquement la totalité de son énergie du large (Figure 12, Annexe IV).

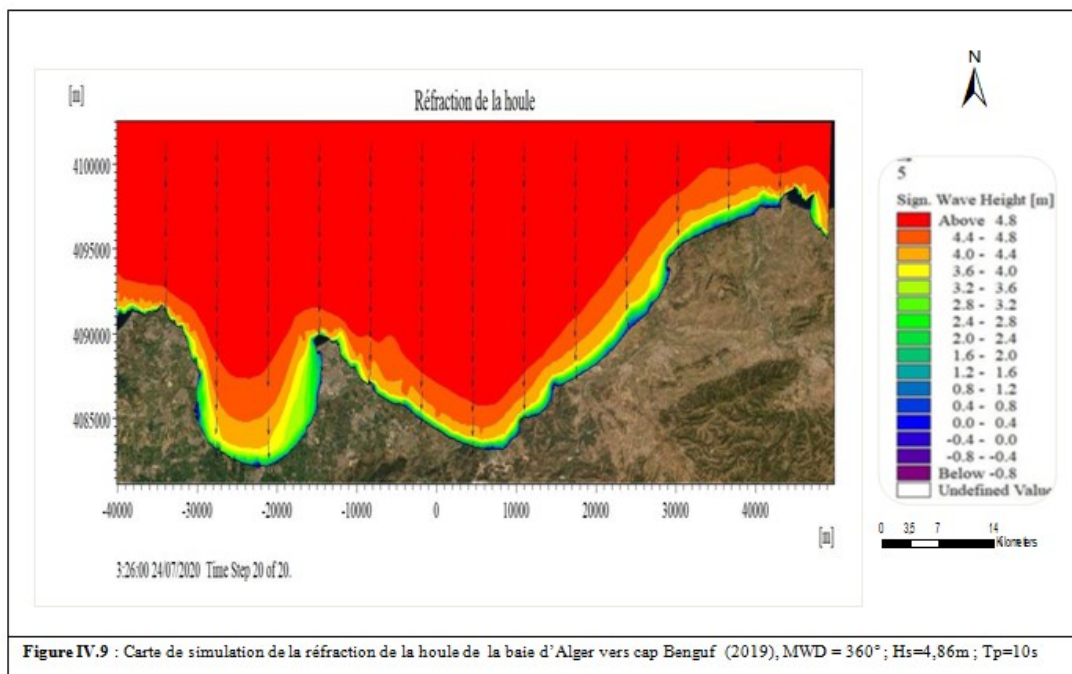
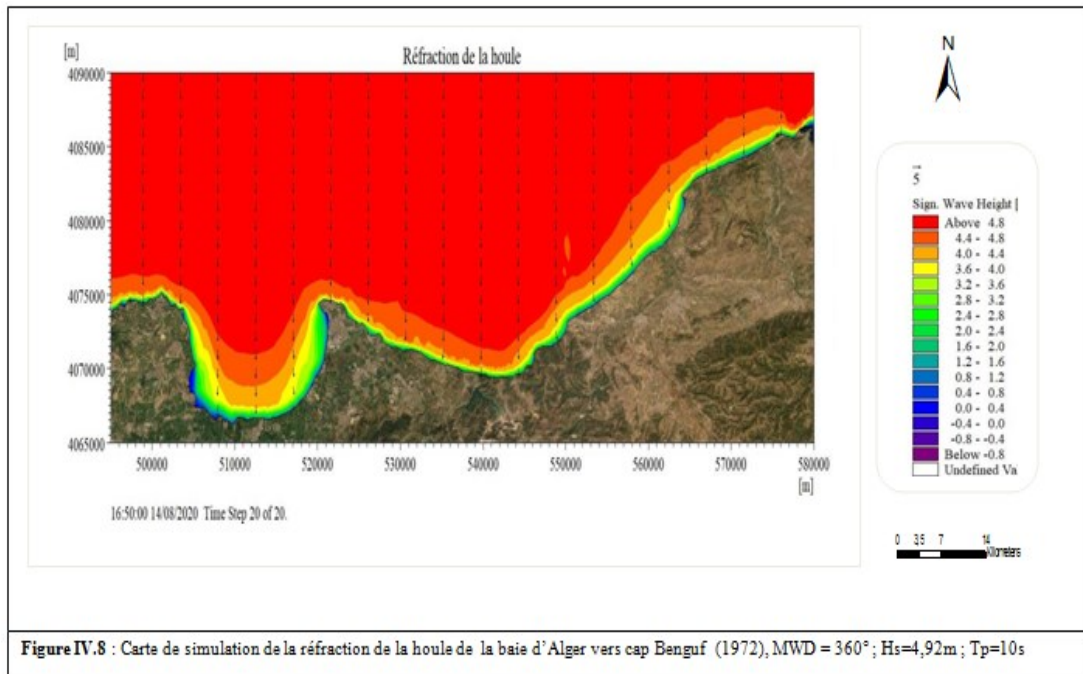
## 2. Secteur central :

### 2.1. Baie d'Alger vers cap Benguf :

L'étude de la réfraction obtenue pour les cartes de la baie d'Alger, montre que cette zone est exposée aux principales houles venant de secteur N, NE et NW, connaissent des

## Chapitre IV : Modélisation de l'hydrodynamisme côtier le long du littoral Algérien (1972, 2019)

conditions extrêmes avec des hauteurs significatives qui varient globalement entre 0,4m à 4,8m associées à une période de pic de 10s.



## Chapitre IV : Modélisation de l'hydrodynamisme côtier le long du littoral Algérien (1972, 2019)

---

- **Action de la houle de direction N (360°) :**

La propagation de la houle de direction N a tendance d'arriver d'une manière perpendiculaire à la côte de part et d'autre de cette zone avec une légère déviation au niveau des zones rocheuses à environ 30° (Figure IV.8). Le début de réfraction se marque à partir de (-20m) en 1972 où  $K_r = 0,75$  à une hauteur significative de 3,6m, en s'approchant de la côte à environ 2m de profondeur, la houle perd environ 70% de son énergie du large ( $K_r = 0,33$ ) lorsque  $H_s = 1,6$ .

La (Figure IV.9), montre que le début de réfraction serait marqué à 30m de profondeur où  $K_r = 0,83$  à une hauteur significative de 4m, et diminue à l'approche de la côte à environ 1,2 m, la houle continue sa modification jusqu'à 5m de profondeur où  $K_r = 0,25$ , avec une légère déviation aux abords des petits fonds, avec un angle estimé à 10°. La houle garde pratiquement le quart de son énergie du large.

- **Action de la houle de direction NE (N45°) :**

La houle de direction NE, arrive d'une manière oblique du large vers la côte, avec une déviation remarquable entre 280° et 255° au niveau de la partie orientale de la baie d'Alger et la baie de Zemmouri en 1972.

Cette houle commence à sentir l'effet du fond en modifiant ses caractéristiques à partir de 25m de profondeur, avec un coefficient de réfraction égale à 0,58 où  $H_s = 2,8$ m, ce qu'explique que la houle garde la moitié de son énergie du large. Elle continue à se réfracter en allant vers la côte à 4m de profondeur où  $K_r = 0,09$  lorsque  $H_s = 0,4$ m. Ceci indique que la houle perd la totalité de son énergie du large (Figure 13, Annexe IV).

Par contre en 2019, on remarque une déviation de l'angle d'incidence au voisinage des zones rocheuses (cap Matifou, cap Blanc et cap Djanet), à cela s'ajoute la complexité de la morphologie des fonds marins, qui se présentent comme des obstacles naturels freinant la transmission et la déviation de (205°, 255° et 280°) respectivement et un angle pratiquement conservé sur le reste de la zone calculé à 5°.

A partir de 25m de profondeur, la houle commence à sentir l'effet du fond et modifier ses caractéristiques entre direction et diminution des hauteurs significatives vers la côte, qui peut se traduire par un coefficient de réfraction égale à 0,62 où  $H_s = 3,2$ m, ce qui explique que la houle garde la moitié de son énergie du large. Elle continue à se réfracter et perd presque 90% de son énergie à environ 6m de profondeur où  $K_r = 0,16$  et  $H_s = 0,8$ m (Figure 14, Annexe IV).

- **Action de la houle de direction NW (N315°) :**

La transmission oblique des crêtes de houle de large vers la côte provoque un changement de leurs caractéristiques avec une déviation remarquable (en 1972) du côté Ouest de la baie

## Chapitre IV : Modélisation de l'hydrodynamisme côtier le long du littoral Algérien (1972, 2019)

---

d'Alger ( $265^\circ$ ) et au voisinage des petites fonds ( $10^\circ$ ). A environ 30m de profondeur, la zone marque le début de réfraction avec un coefficient égale à 0,77 à  $H_s=3,4m$ . Vers les petites profondeurs à environ 3m, la houle perd 90% de son énergie dont  $K_r=0,18$  à une hauteur estimée à 0,8m (Figure 15, Annexe IV).

Les données de 2019 indiquent un changement de direction avec une déviation au niveau de quelques zones : au niveau du port d'Alger ( $170^\circ$ ), au niveau de la partie Ouest de cap Matifou ( $45^\circ$ ) et de son côté Est ( $195^\circ$ ), le reste de la baie se présente par un angle homogène égale à  $55^\circ$ . A 20m de profondeur la zone marque une réfraction de la houle qui se traduit par coefficient égale à 0,85 avec  $H_s=4,4m$ . Plus en allant aux petits fonds à 5m de profondeur la réfraction de la houle augmente où  $K_r$  atteint 0,25 à une hauteur estimée à 1,2m. Ceci indique que la houle perd plus de 75% de son énergie du large (Figure 16, Annexe IV).

Ces houles dont le coefficient de réfraction moyen est proche de 1, peuvent générer des courants littoraux et entraîner l'érosion côtière. La houle se propage avec une énergie qui diminue graduellement avec la diminution de la profondeur par le frottement du fond.

### 2.2.Baie de Bou-Ismaïl vers Cherchel :

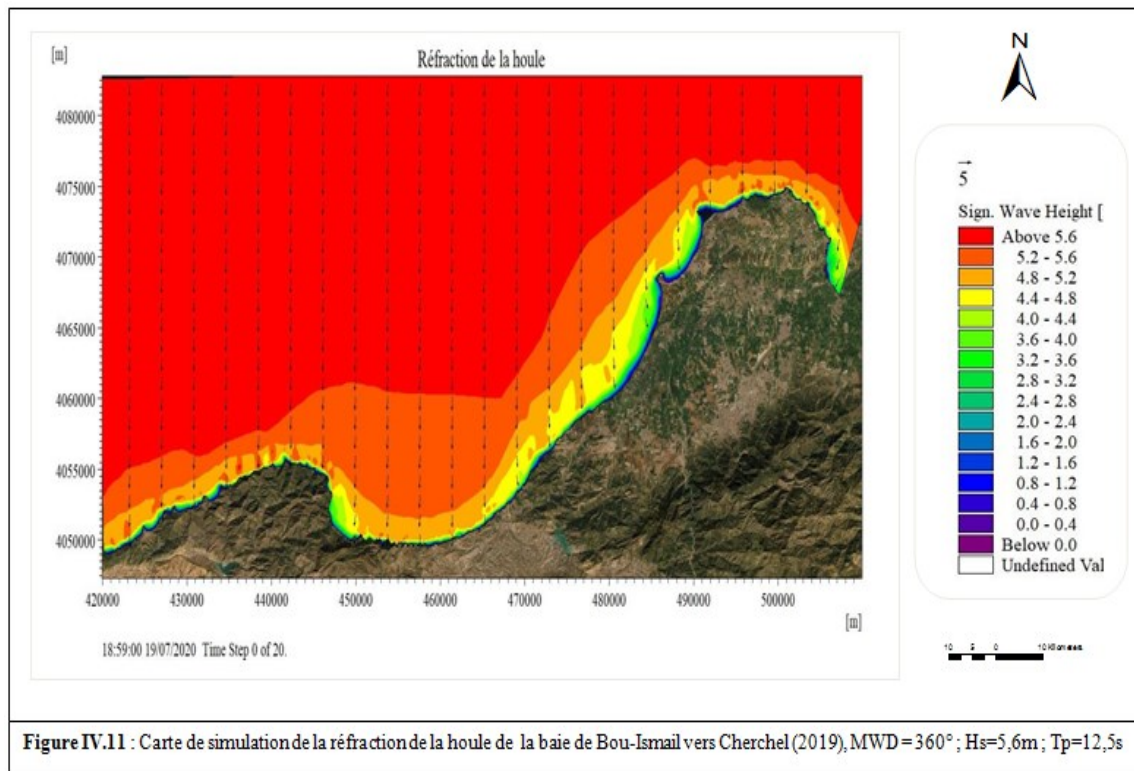
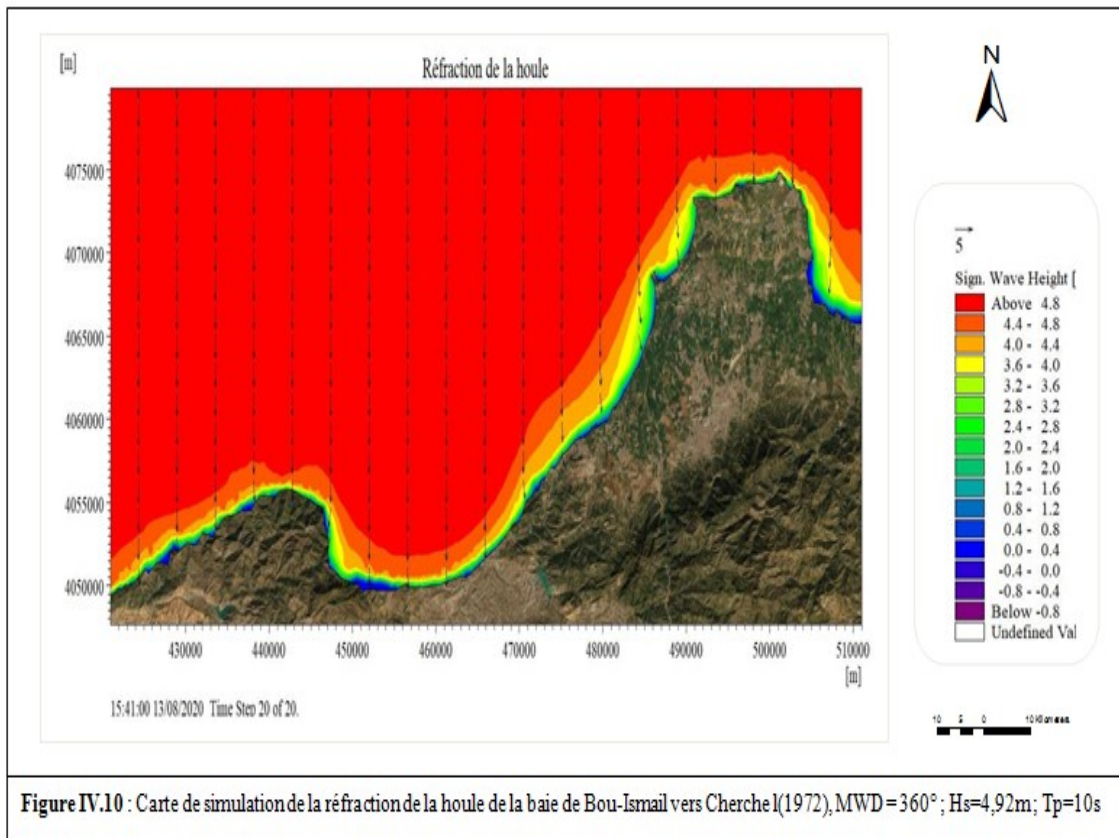
Cette zone est exposée aux principales houles de secteur N, NE, et W, qui connaissent des hauteurs extrêmes varient généralement entre 0,4m à 4,8m et une période égale à 10s en 1972 et entre 0,4m à 5,6m associée à une période  $T_p=12,5s$  en 2019.

- **Action de la houle de direction N ( $360^\circ$ ) :**

La propagation de la houle à tendance d'arriver perpendiculairement à la côte, sauf à l'extrémité Est où on observe une déviation estimé à  $85^\circ$  (Figure IV.10). Le début de réfraction se marque à environ (-17m) où  $K_r=0,66$  pour une hauteur significative de 3,2m, ce phénomène augmente en s'approchant de la côte à 4m de profondeur, la houle perd pratiquement la totalité de son énergie avec  $K_r=0,25$  pour une hauteur de 1,2m.

La carte de 2019 montre une légère déviation au niveau de (Sidi Ferdj, ras Acrata), avec un angle estimé à ( $115^\circ, 65^\circ$ ) (Figure IV.11). La réfraction se marque à 35m de profondeur où  $K_r=0,86$  à une hauteur significative de 4,8m, ce qui signifie que la houle garde presque la totalité de son énergie jusqu'à arriver à environ 3m de profondeur, la houle se réfracte et perd pratiquement la totalité de son énergie où  $K_r=0,21$  et  $H_s=1,2m$ .

## Chapitre IV : Modélisation de l'hydrodynamisme côtier le long du littoral Algérien (1972, 2019)



## Chapitre IV : Modélisation de l'hydrodynamisme côtier le long du littoral Algérien (1972, 2019)

---

- **Action de la houle de direction NE (N45°) :**

Cette houle arrive à la côte avec une certaine obliquité, et une déviation vers l'Ouest de 275° (de la baie de Chenoua à ras Acrata) (Figure 17, Annexe IV). La houle commence à se modifier à partir de 25m de profondeur (1972), le coefficient de réfraction estimé à 0,5 pour une hauteur de 2,4m, ce qui signifie que la houle garde 50% de son énergie, et qui diminue aux abords des petites fonds (-1,5m), lorsque  $H_s=1,2m$ , la houle se réfracte ( $K_r=0,18$ ) et perd pratiquement la totalité de son énergie du large.

La carte de réfraction obtenue en 2019 montre une déviation calculée à 280° au niveau de quelques zones rocheuses (Sidi Ferdj et ras Acrata), et une stabilité marquée au reste de la zone avec un angle estimé à 5° (Figure 18, Annexe IV).

A partir de 22m de profondeur la houle commence à se modifier, qui se traduit par un coefficient de réfraction de 0,45 et  $H_s=2,4$  m, donc au cours de sa propagation elle garde uniquement la moitié de son énergie. Cette houle arrive près de la côte à (-2m) et se réfracte avec un coefficient calculé à 0,25 et une hauteur de 1,4m, ceci indique qu'elle perd plus de 75% de son énergie du large.

Cela est probablement dû à la morphologie ainsi qu'à la présence des formes d'anthropisations (infrastructure portuaire et ouvrages de défense).

- **Action de la houle de direction W (N270°) :**

La houle venant de secteur W arrive obliquement à la côte, avec un changement de direction très remarquable et une déviation de 55° au niveau de la baie de Chenoua et faible dans le reste de zone. La houle commence à se réfracter à partir de 30m de profondeur lorsque  $K_r = 0,53$  pour une hauteur de 2,8m. Vers la côte à 4m de profondeur, on constate un coefficient de réfraction de 0,08 lorsque  $H_s=0,4m$ . Ceci indique qu'elle perd la totalité de son énergie de large (Figure 19, Annexe IV).

Par contre la simulation de 2019 indique une légère déviation (240°) au niveau de la baie de Chenoua, et à environ 30° dans le reste de la zone. A 25m de profondeur la zone marque une réfraction de la houle qui se traduit par coefficient égale à 0,60 lorsque la hauteur significative atteint 3,4m. Plus en allant aux petites profondeurs à 5m, la réfraction de la houle à une tendance d'augmenter où on constate un coefficient de réfraction de 0,25 à une hauteur de 1,2m. Ceci indique qu'elle perd presque la totalité de son énergie du large (Figure 20, Annexe IV).

## Chapitre IV : Modélisation de l'hydrodynamisme côtier le long du littoral Algérien (1972, 2019)

### 3. Secteur oriental :

Ce secteur est exposé aux houles de direction N, NE et NW.

#### 3.1. Golfe de Béjaia vers cap Sigli :

La hauteur des houles en cette zone varie de 0,4m à 4,8m pour une période de pic de 10s, et de 0,4m à 6m pour  $T_p=12s$ .

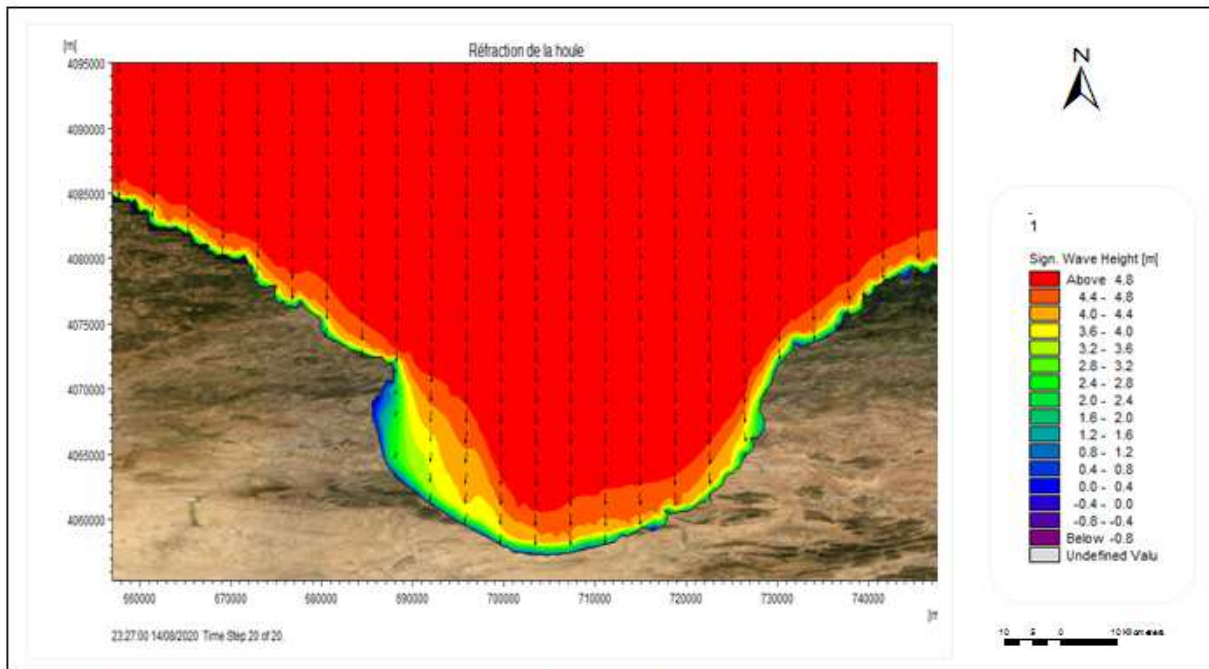


Figure IV.12 : Carte de simulation de la réfraction de la houle de golfe de Bejaia vers cap Sigli (1972), MWD =  $360^\circ$  ;  $H_s=4,92m$  ;  $T_p=10s$

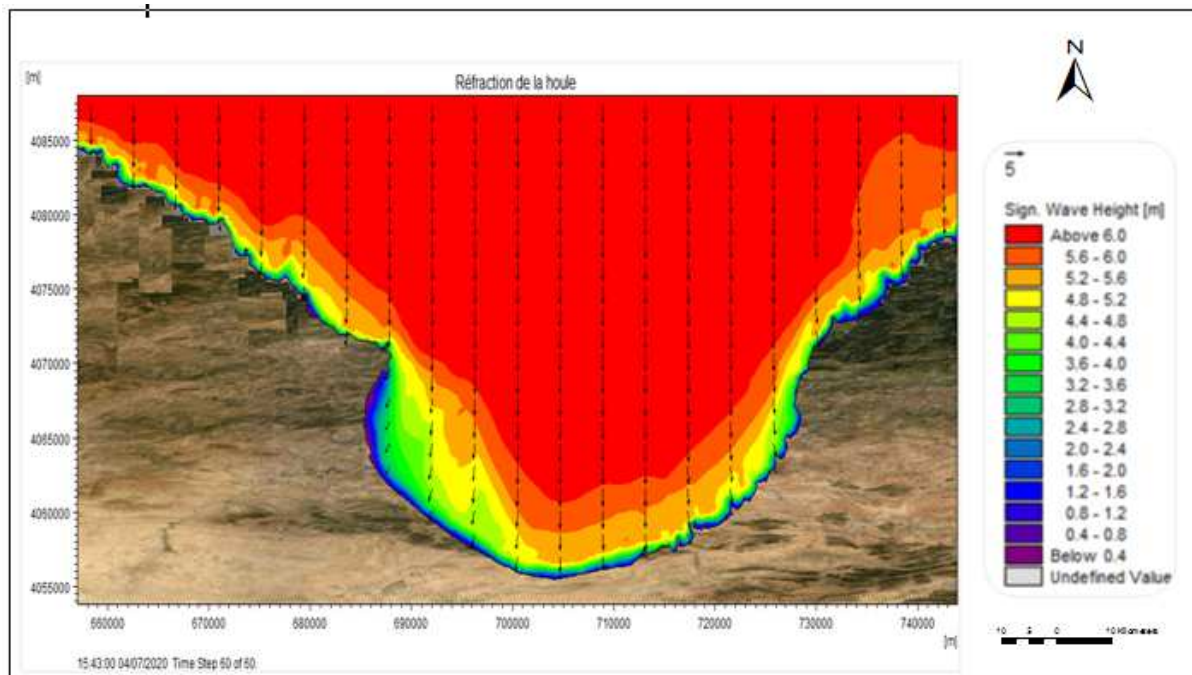


Figure IV.13 : Carte de simulation de la réfraction de la houle de golfe de Bejaia vers cap Sigli (2019), MWD =  $360^\circ$  ;  $H_s=7,1m$  ;  $T_p=12s$

## Chapitre IV : Modélisation de l'hydrodynamisme côtier le long du littoral Algérien (1972, 2019)

---

- **Action de la houle de direction N (360°) :**

Les houles de secteur N, arrivent d'une manière perpendiculaire du large vers la côte, en progressant vers les petits fonds elles commencent à changer leurs caractéristiques. A une profondeur de 36m la hauteur diminue à 4m où la houle garde presque son énergie  $K_r = 0,91$  (Figure IV.18), la hauteur de plus en plus diminue et atteint 0,4m à 5m de profondeur et un  $K_r = 0,08$  où elle perd toute son énergie.

En 2019, à 35m de profondeur la houle conserve son énergie ( $K_r=0,87$ ) avec une hauteur de 5,2m, près de 5m de profondeur  $K_r=0,2$  à une hauteur de 1,2m où la houle perd presque son énergie (Figure IV.19), ce qui est due au fait que celle-ci se réfracte au fur et à mesure en s'approchant de la côte.

L'angle de déviation est presque nul à l'exception de la partie occidentale du golfe de Béjaïa avec un angle de  $334^\circ$  sous l'influence de cap Carbon et du port de Béjaïa, et une légère déviation à la partie orientale du golfe de  $35^\circ$  en vue de l'obstacle qui est la pointe de Ziama.

- **Action de la houle de direction NE (N45°) :**

Les houles de cette direction arrivent en oblique du large vers la côte (Figures 21 et 22, Annexe IV), au large les conditions initiales de houles sont conservées. Une modification des caractéristiques commencent à être remarquée à partir de 30m de profondeur avec une diminution de la hauteur 2,6m avec un  $K_r = 0,6$  où l'énergie de la houle est encore conservée. Près de la côte à environ 5m de profondeur elle perd presque son énergie en se réfractant le long de son parcours de propagation, à une hauteur de 1,2m (1972) et 1,4m (2019) avec  $K_r$  respectivement de 0,25 et 0,23.

- **Action de la houle de direction NW (N 315°) :**

Les houles de secteur NW, arrivent d'une façon oblique du large vers la côte.

En 1972, à (-30m) la houle commence à se réfracter où sa hauteur est de 2,8m (Figure 23, Annexe IV) avec un  $K_r=0,6$  (la houle garde une énergie assez importante), à environ (-5m), sa hauteur devient 1,6m et  $K_r=0,36$ , donc la houle est réfractée (à la partie orientale et occidentale) par contre au centre de la baie (de cap Carbon vers la pointe Ziama) la hauteur de la houle prend une valeur minimale (0,4m) où elle se réfracte totalement ( $K_r=0,06$ ).

En 2019, en se progressant vers la côte à 30m de profondeur la hauteur de la houle diminue à 2,7m,  $K_r = 0,5$  déduisons que la houle perd la moitié de son énergie en réfractant (Figure 24, annexe IV). A 5m de profondeur la hauteur de la houle atteint un minimum de 1,2m et un  $K_r = 0,2$  donc elle perd presque son énergie à la côte, par un frottement du fond.

La réfraction est sans déviation sauf à la partie centrale de la baie, ce qui serait provoqué par le cap Carbon et le port de Béjaïa (un angle de déviation  $260^\circ$ ).

## Chapitre IV : Modélisation de l'hydrodynamisme côtier le long du littoral Algérien (1972, 2019)

### 3.2. Baie de Jijel vers cap Bougarouni :

Les houles de cette zone sont comprises entre 0,4m à 4,8m en 1972 avec  $T_p=10s$ , de 0,5m et 7,5 m pour une période de pic =12s.

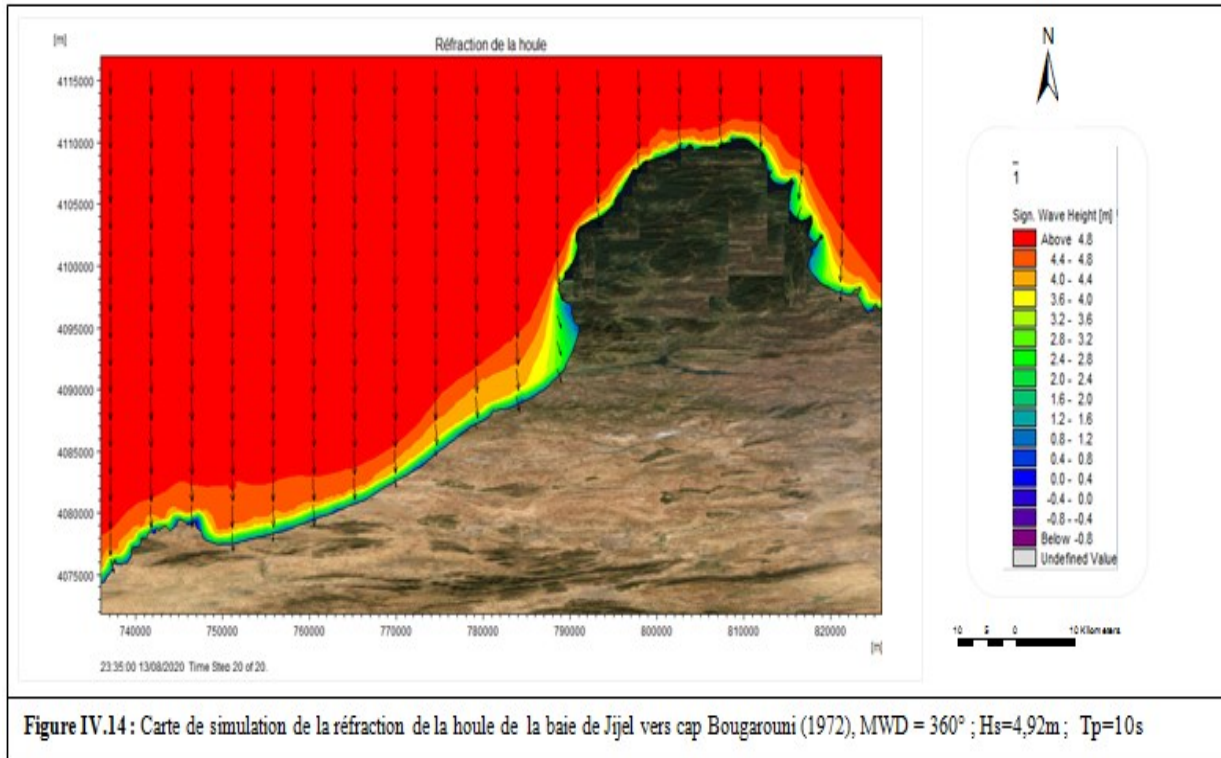


Figure IV.14: Carte de simulation de la réfraction de la houle de la baie de Jijel vers cap Bougarouni (1972),  $MWD = 360^\circ$ ;  $H_s=4,92m$ ;  $T_p=10s$

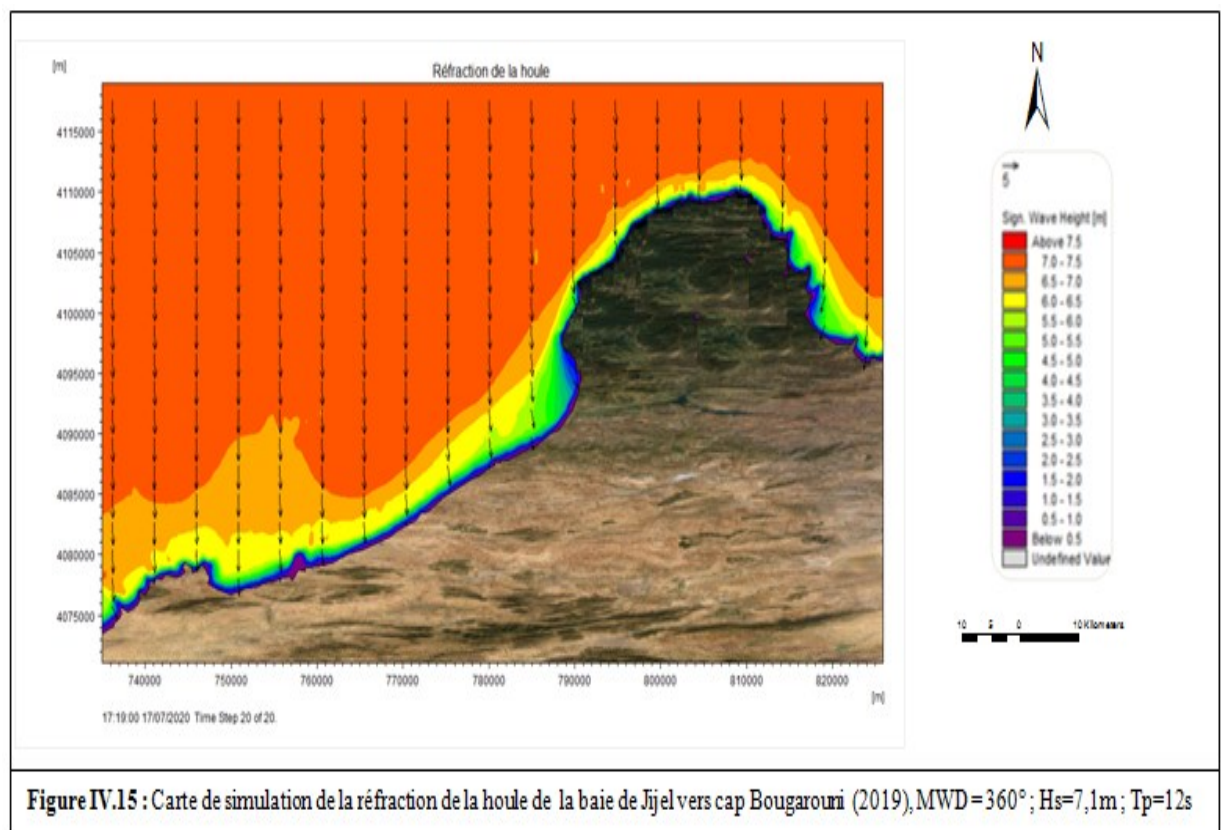


Figure IV.15 : Carte de simulation de la réfraction de la houle de la baie de Jijel vers cap Bougarouni (2019),  $MWD=360^\circ$ ;  $H_s=7,1m$ ;  $T_p=12s$

## Chapitre IV : Modélisation de l'hydrodynamisme côtier le long du littoral Algérien (1972, 2019)

---

- **Action de la houle de direction N (360°) :**

Les orthogonales sont perpendiculaires à la côte. Au large les houles ne subissent aucune modification, gardent leurs caractéristiques initiales et perdent leur énergie en progressant vers la côte.

D'après les résultats de la simulation, en 1972, à partir d'une profondeur de 30m la hauteur commence à se diminuer (4m), en conservant son énergie avec un  $K_r=0,83$  (Figure IV.14), la hauteur diminue progressivement vers la côte ce qui est dû au fait que celle-ci se réfracte, où  $H_s=0,8m$  à des profondeurs avoisinantes de 2m et un  $K_r=0,17$ , c'est pratiquement une perte quasi totale de son énergie.

En 2019, à environ 25m de profondeur, la houle commence à se réfracter avec une hauteur de 5m et un  $K_r = 0,7$  en gardant son énergie, elle atteint une hauteur de 2m à 5m de profondeur avec un  $K_r = 0,27$  où elle perd plus de 70% de son énergie (Figure IV.15).

L'angle de déviation est presque nul à l'exception du centre de la baie (60°) sous l'influence du cap Atia.

- **Action de la houle de direction NE (N45°) :**

La houle arrive obliquement du large vers la côte (Figures 25 et 26, Annexe IV) à une profondeur de 30m et commence à sentir le fond et sa hauteur diminue (2,8m) en 1972 et (4,2m) en 2019, avec un coefficient de réfraction moyen (0,55), c'est à dire la houle garde presque la moitié de son énergie. Une fois près du rivage à environ 5m de profondeur elle perd presque la totalité de son énergie  $K_r=0,16$  avec une hauteur de 0,8m (1972), et  $K_r = 0,24$  avec une hauteur de 1,8m (2019), ce qui provoque sa réfraction mais sans déviation à l'exception de l'extrémité droite de la partie centrale une déviation de 305° vers ras Atia.

- **Action de la houle de direction NW (N315°) :**

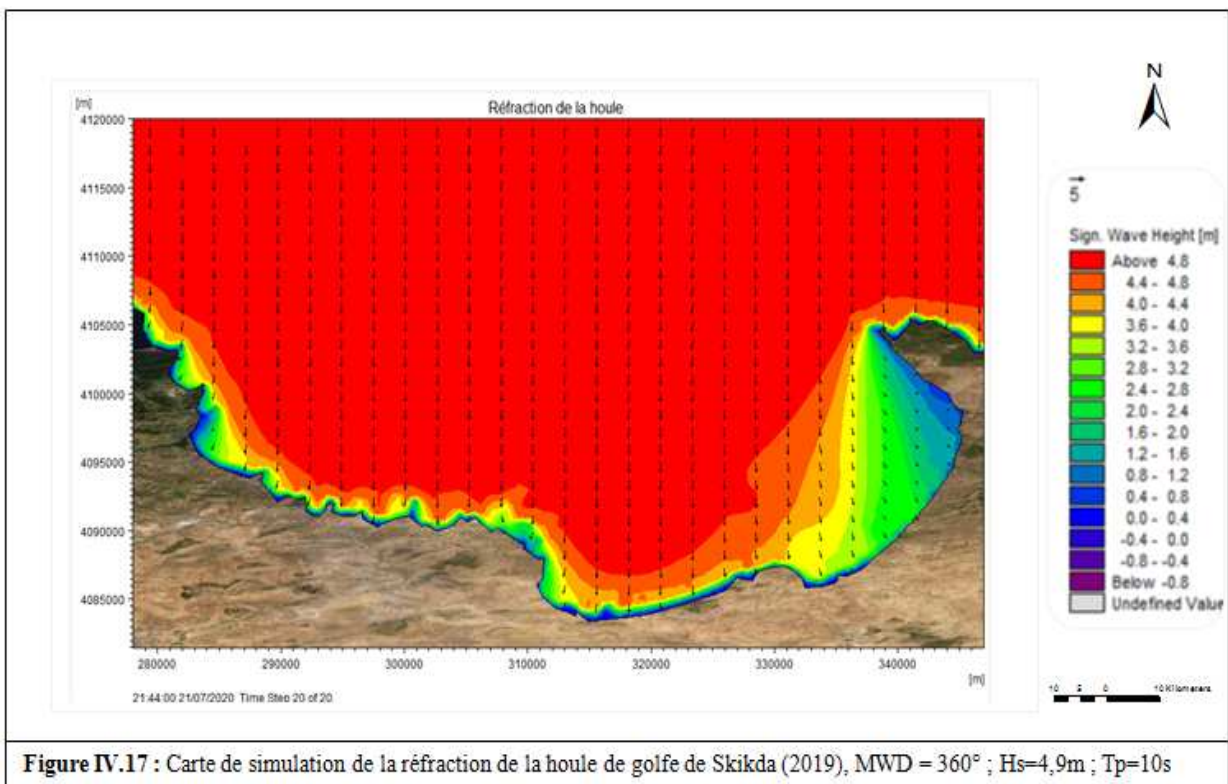
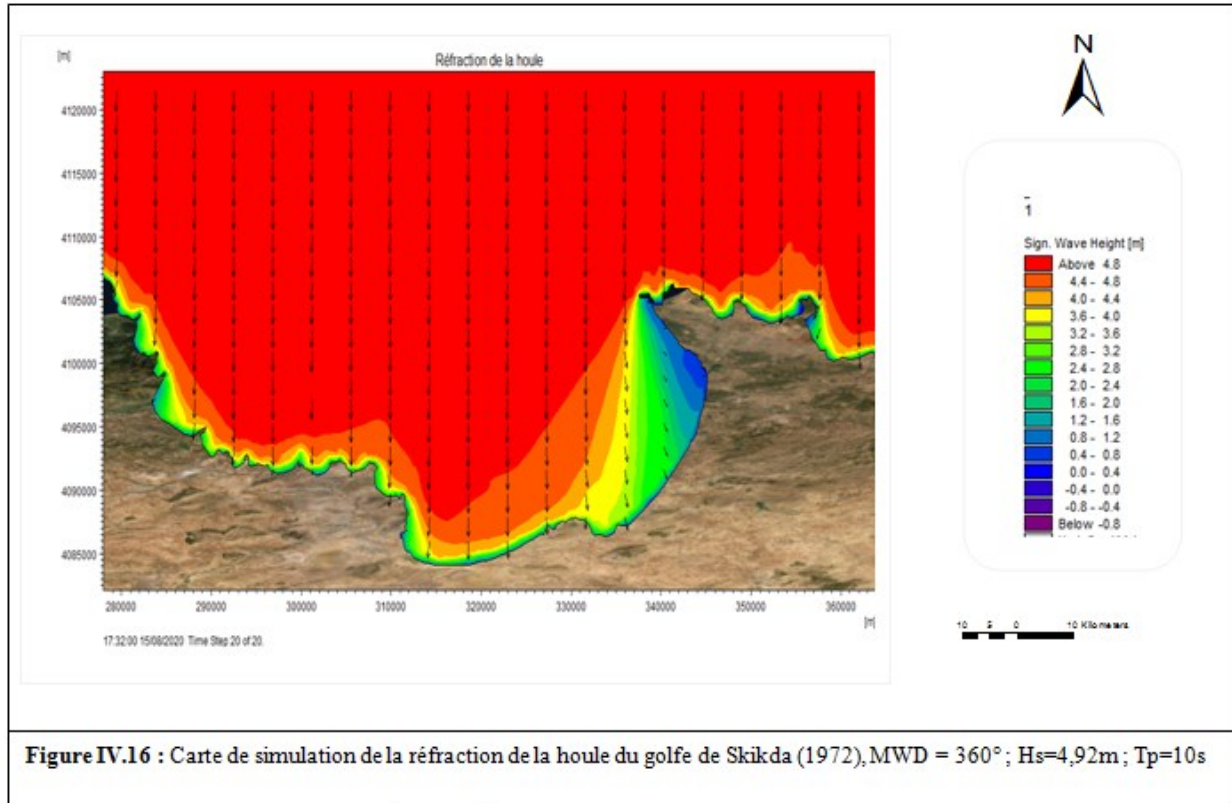
Les cartes de réfraction (Figures 27 et 28, Annexe IV) de houle de secteur NW, montrent qu'elles arrivent d'une manière oblique à la côte. A partir de 20m de profondeur la hauteur commence à diminuer (4m) avec un  $K_r = 0,5$  où la houle garde la moitié de son énergie, en s'approchant de la côte aux environs de 5m de profondeur la hauteur diminue jusqu'à 1,5m et  $K_r = 0,2$ , une perte presque totale de l'énergie de la houle, ce qui est dû frottement du fond, et alors une réfraction mais sans déviation.

Alors qu'en 1972, ce n'est qu'à partir de 10m de profondeur où la hauteur de la houle décroît avec le frottement du fond,  $H_s=1,6m$  et  $K_r=0,36$ , et donc elle se réfracte à la côte.

# Chapitre IV : Modélisation de l'hydrodynamisme côtier le long du littoral Algérien (1972, 2019)

## 3.3. Golfe de Skikda :

La hauteur de houle varie de 0,4m à 4,8m pour une  $T_p=10s$  en 1972 et 2019.



## Chapitre IV : Modélisation de l'hydrodynamisme côtier le long du littoral Algérien (1972, 2019)

---

- **Action de houle de direction N (360°) :**

Les houles de direction N, arrivent perpendiculairement à la côte, avec une déviation remarquable au niveau de la baie de Fetzara (35°) due à l'influence du cap de Fer, et de 315° près du port de Skikda (baie de Stora).

A l'Est du golfe, la houle commence à changer ses caractéristiques, à partir de 34m (1972) et 36m (2019), la hauteur diminue à environ 4m et  $K_r=0,83$ , elle garde son énergie, arrivée aux petits fonds à (-5m) la hauteur est estimée à 1,2m et le  $K_r = 0,25$  où elle perd 75% de son énergie (Figures IV.16 et IV.17).

A l'Ouest de ce golfe en 1972, à une profondeur de 20m la hauteur diminue (3,6m),  $K_r=0,75$  donc elle garde presque son énergie. En 2019, à (-15m) la hauteur de la houle est de 4,4m, garde la totalité de son énergie ( $K_r=0,92$ ), jusqu'à (-5m) où  $H_s=1m$  et  $K_r=0,42$  et donc elle se réfracte. L'angle de déviation est de 335°, ceci peut être expliqué en vue que la zone est rocheuse avec une morphologie des fonds compliquée et la présence de plusieurs caps (pointe d'Esrah, pointe de Sidi Yahia, ras El Kebir...).

- **Action de houle de direction NE (N45°) :**

Les houles de direction NE, arrivent en oblique à la côte, à la partie orientale du golfe, aux environs 30m de profondeur elles frottent le fond avec des hauteurs qui diminuent vers la côte:  $H_s=1,6m$  (1972),  $H_s=2,4m$  (2019) avec des coefficients de réfraction respectivement de 0,33 et 0,5.

L'énergie de la houle se perd presque à 5m de profondeur ( $K_r=0,08$ ) où sa hauteur est estimée à 0,8m (Figure 29, Annexe IV), qui se réfracte aussi en 2019 avec  $K_r=0,17$  dont la hauteur atteint 2,4m (Figure 30, Annexe IV). Nous remarquons une déviation de 240° au niveau de la baie de Fetzara, qui est provoquée par le cap de Fer et la morphologie du fond.

En 1972, à la partie occidentale, la houle garde son énergie où elle arrive près de la côte (5m de profondeur) avec une hauteur de 3,6m où  $K_r=0,75$ , elle se dissipe à la côte. Par contre l'étude de réfraction en 2019, montre que la houle se réfracte et perd son énergie ( $K_r=0,21$ ) à cette profondeur où  $H_s=1m$ .

- **Action de la houle de direction NW (N315) :**

La houle de direction NW, garde ses caractéristiques y compris sa direction en progressant vers les petits fonds, au voisinage de 5m de profondeur, elle frotte le fond avec une hauteur de 1,6m (en 1972) et un  $K_r=0,36$ , ce qui indique sa réfraction (Figure 31, Annexe IV), en 2019, le coefficient de réfraction est de 0,21, la houle perd une énergie, avec une hauteur de 1m (Figure 32, Annexe IV).

## Chapitre IV : Modélisation de l'hydrodynamisme côtier le long du littoral Algérien (1972, 2019)

### 3.4. Golfe d'Annaba vers la baie de Sidi Akkèche :

Les houles de cette zone connaissent des hauteurs significatives qui varient de 0,4m à 4,8m pour une  $T_p=10$  en 1972 et 2019.

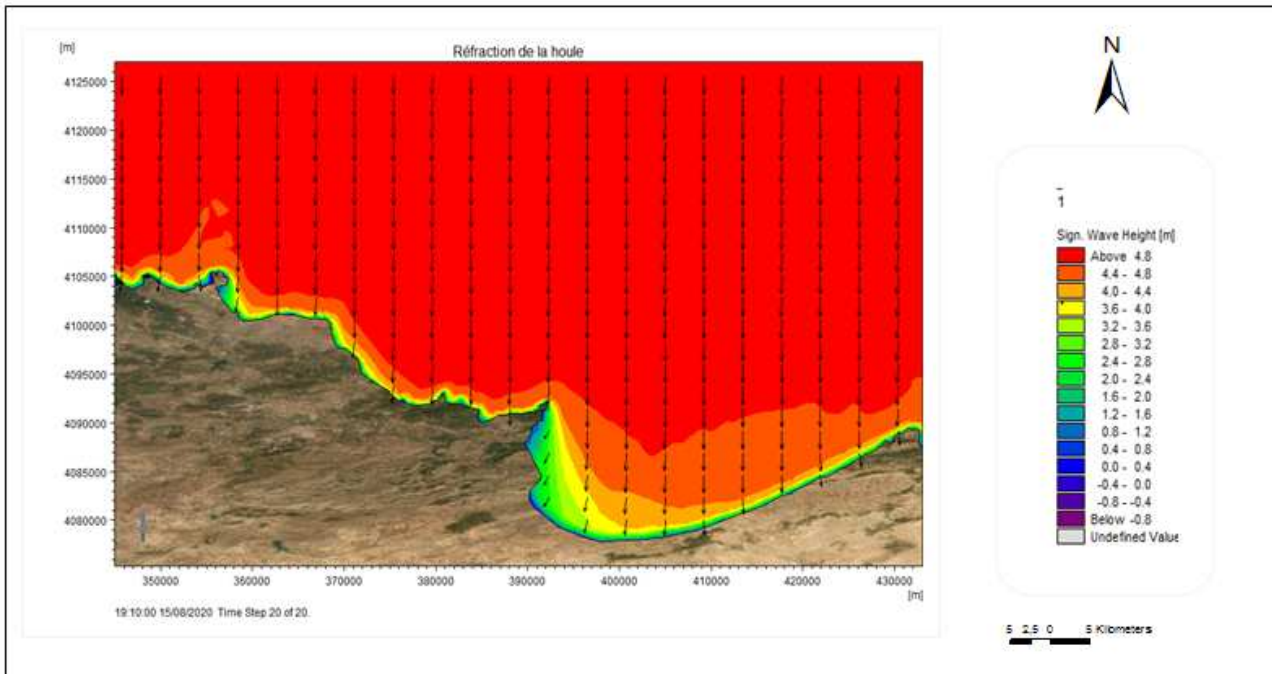


Figure IV.18 : Carte de simulation de la réfraction de la houle de golfe d'Annaba vers la baie de Sidi Akkèche (1972),  $MWD = 360^\circ$ ;  $H_s=4,92m$ ;  $T_p=10s$

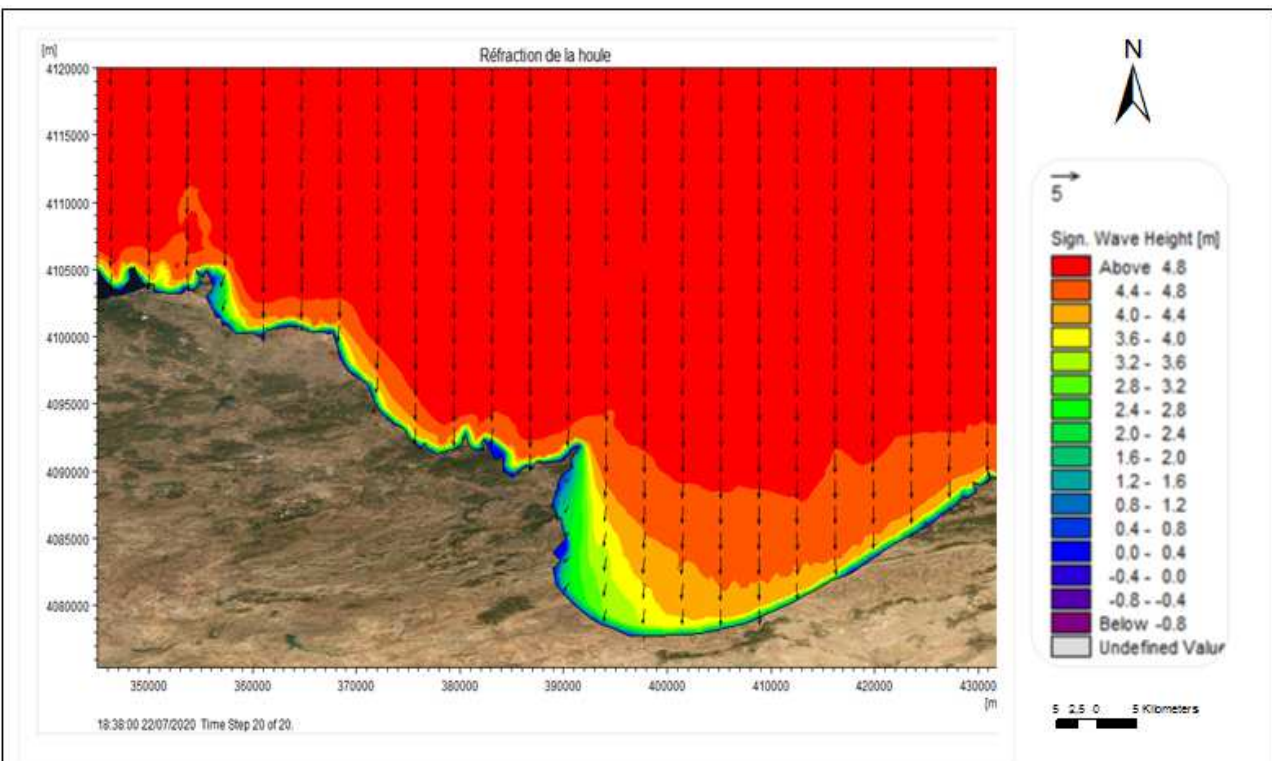


Figure IV.19 : Carte de simulation de la réfraction de la houle de golfe de Annaba vers la baie de Sidi Akkèche (2019),  $MWD = 360^\circ$ ;  $H_S=4,9m$ ;  $T_p=10s$

- **Action de houle de direction N (360°) :**

Les houles de direction Nord arrivent d'une façon perpendiculaire du large vers la côte.

A l'Est de la zone, la houle commence à se réfracter à partir de 25m en 1972(Figure IV.18) et à 30m de profondeur en 2019 (Figure IV.19), avec une diminution de sa hauteur (4m) et  $K_r=0,83$ . Arrivée à 5m de profondeur, on constate un  $K_r=0,5$ , elle garde la moitié de son énergie lorsque  $H_s=2,8m$  (1972). Elle se réfracte en 2019, avec  $K_r=0,33$  à une hauteur de 1,6m. La déviation est remarquable près de l'EPA d'un angle de  $272,5^\circ$ .

A l'Ouest, en 1972 et 2019, elle arrive avec une hauteur de 1,2m à 5m de profondeur, où  $K_r = 0,25$ , la houle se réfracte en gardant uniquement un quart de son énergie près de la côte. Cette réfraction pourrait être expliquée par l'interaction entre la houle et le fond.

- **Action de houle de direction NE (N 45°) :**

Les cartes de réfraction de 1972 et 2019 (Figures 33 et 34, annexe IV), montrent que la houle de direction NE arrive d'une manière oblique du large vers la côte, en s'approchant des petits fonds à peu près (-15m) elle commence à se réfracter avec une hauteur de 2,8m et un  $K_r=0,6$  où elle conserve plus que la moitié de son énergie. A environ 5m de profondeur la hauteur diminue à 1,4m, l'énergie de la houle est moins importante ( $K_r =0,3$ ).

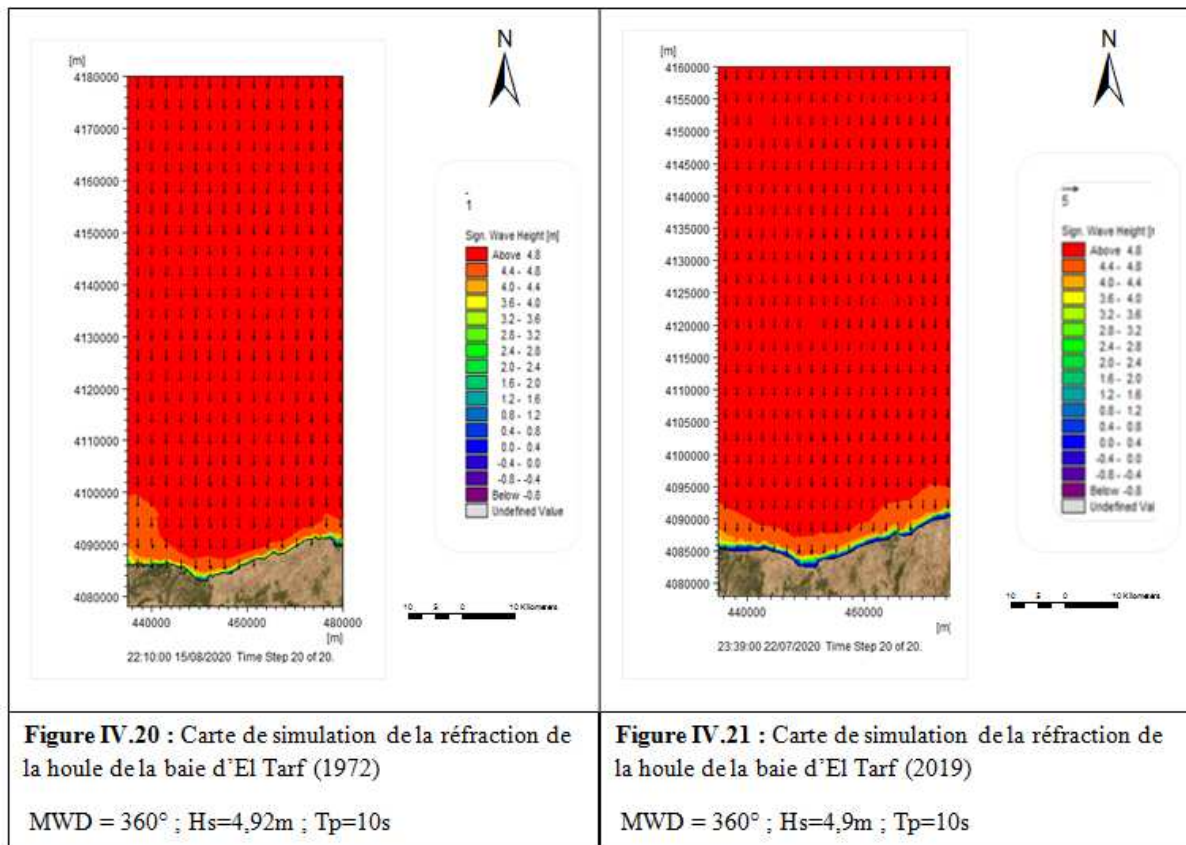
- **Action de la houle de direction NW (N 315°) :**

L'étude de réfraction (Figures 35 et 36, Annexe IV), montre que la houle arrive en oblique du large vers la côte, en se propageant elle réserve toutes ses caractéristiques, à environ 5m de profondeur sa hauteur diminue jusqu'à 0,8m dont le  $K_r = 0,17$ , perd presque la totalité de son énergie du large, ce qui est probablement liée aux caractéristiques morphologiques de la zone qui rentrent en interaction avec la houle. Avec un angle d'arrivée à la côte d'environ  $325^\circ$ , à l'exception de la partie occidentale de l'Est du golfe, à partir de 15m de profondeur les caractéristiques de la houle se modifient où la direction change ( $260^\circ$ ), ceci est due à la présence de deux obstacles naturel et anthropique (cap de Garde et le port d'Annaba).

### 3.5. Baie d'El Tarf :

Les houles de la baie d'El Tarf, prennent des valeurs comprises entre 0,4m à 5,2m en 1972, et de 0,4m à 4,8m en 2019, pour une période de pic de 10s.

## Chapitre IV : Modélisation de l'hydrodynamisme côtier le long du littoral Algérien (1972, 2019)



- **Action de houle de direction N (360°) :**

La houle de direction N arrive perpendiculairement du large vers la côte, où elle conserve ses caractéristiques en se propageant. Une fois près de la côte, en 1972 à environ 8m de profondeur sa hauteur est de 2m,  $K_r=0,25$ , la houle perd 75 % de son énergie (réfraction) (Figure IV.20), en 2019, à environ 10m de profondeur sa hauteur est de 2,4m (Figure IV.21), et un  $K_r = 0,5$  signifiant une dissipation de la houle avec un angle d'arrivé de 312,5°.

- **Action de la houle de direction NE (N 45°) et de direction NW (N 315°) :**

Les houles de direction NE et NW arrivent en oblique du large vers la côte, leur direction est parallèle à la côte.

En 1972, la houle garde ses caractéristiques (direction et hauteur), à environ 10m de profondeur, sa hauteur diminue à 2m où le coefficient de réfraction est 0,42 pour la direction NE et 0,38 pour la direction NW, elle continue à se propager à la côte en gardant son énergie, qui est peu réfractée (Figures 37 et 39, Annexe IV) ce qui peut générer des courants littoraux.

## Chapitre IV : Modélisation de l'hydrodynamisme côtier le long du littoral Algérien (1972, 2019)

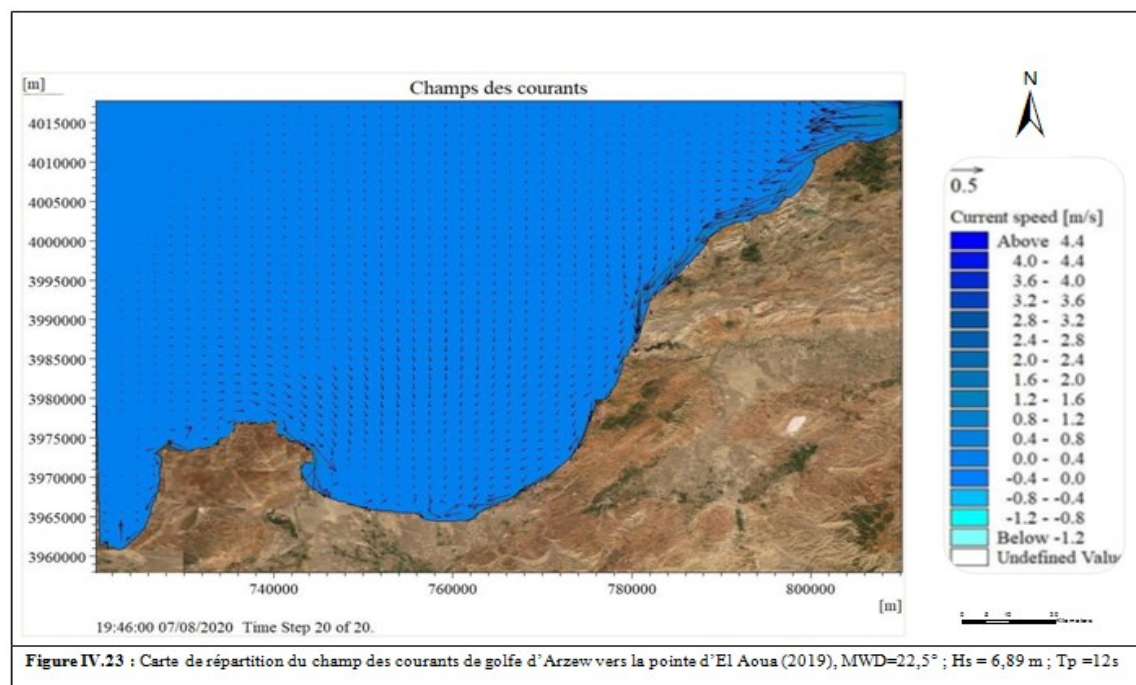
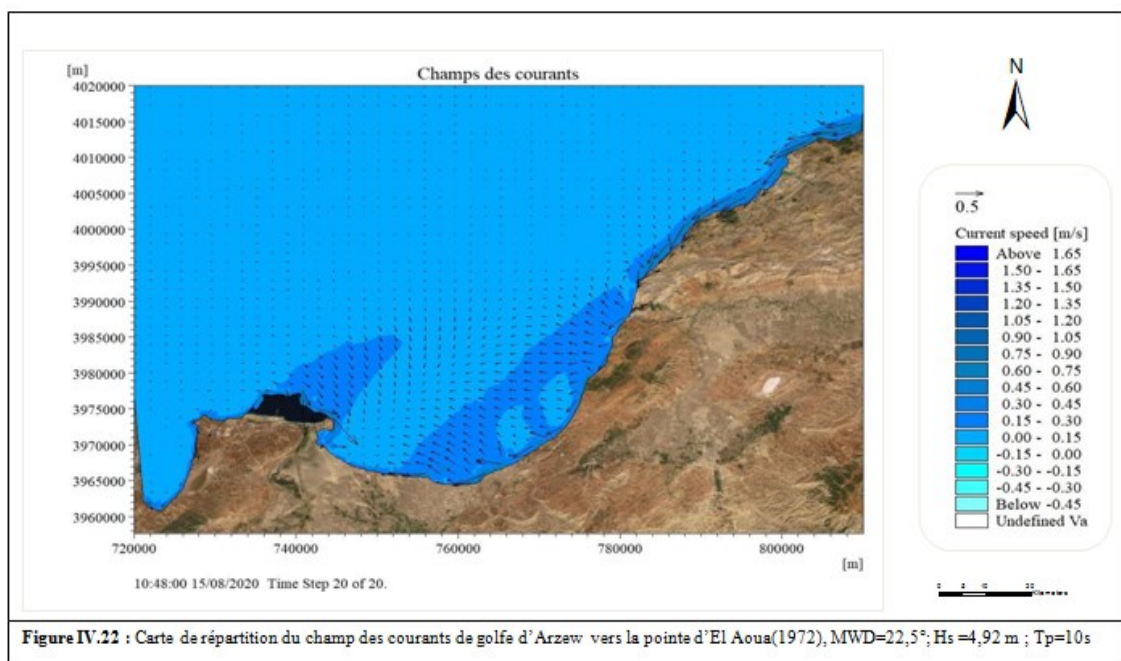
En 2019, à environ 18m de profondeur, la hauteur de la houle diminue à 3,2m où l'énergie est pratiquement réservée  $K_r = 0,7$ , près de la côte (4m de profondeur), lorsque  $H_s=1,2m$  la houle perd son énergie ( $K_r=0,17$ ) (Figures 38 et 40, Annexe IV).

### IV.2.2. Modélisation de la Courantologie (Hydrodynamic, HD) :

L'étude de la courantologie montre que les courants proviennent essentiellement de secteur NE vers NW. La longueur des vecteurs représentés dans les cartes est proportionnelle au gradient de vitesse, elle augmente suivant la morphologie des fonds et l'interaction houle-courant.

#### 1. Secteur occidental :

##### 1.1. Golfe d'Arzew vers la pointe d'El Aoua :



## Chapitre IV : Modélisation de l'hydrodynamisme côtier le long du littoral Algérien (1972, 2019)

---

- **Action de la houle de direction NNE (N22, 5°):**

Les cartes montrent une variation des courants et leurs directions générées par la réfraction de la houle venant du secteur NNE. Elle engendre des courants longitudinaux aux abords des petits fonds avec une évolution parallèle à la côte.

Le résultat de simulation des courants en 1972 montre une circulation de NE vers le SW à l'exception de la partie occidentale située entre cap Carbon et cap d'Aiguille où le courants prend le secteur Ouest, avec une vitesse qui varie entre 0,15 m/s à 0,60 m/s et qui diminue plus en allant vers le large. Ces courants engendrent une dérive littorale remarquable de côté Est (Figure IV.22).

Par contre en 2019, les champs de courant répartis dans toute la zone d'étude, prévenant généralement de différentes directions (Figure IV.23) :

- Au niveau de la partie occidentale (du cap d'Aiguille vers Arzew), on remarque des courants de direction NW vers le SW avec une intensité varie de 0,4m/s à 0,55m/s et qui diminue dans les grandes profondeurs plus en allant vers le large.
- Par contre, au niveau de la partie orientale (de la pointe d'El Aoua à Arzew), on observe une courantologie importante, de NNE vers le SW dont l'intensité atteint un maximum de 0,65m/s à l'extrémité Est au delà de la pointe d'El Aoua.

Ces deux courants se réunissent au niveau de la partie centrale (entre cap carbon et Monstaganem).

Le résultat de cette simulation montre une circulation qui évolue avec une grande intensité près du rivage et une absence pratiquement totale des courants de retour du côté Ouest, à l'exception de l'extrémité Est où on remarque un retour léger vers le large.

**N.B :** Les résultats obtenus pour la direction NE pour 1972 et 2019 montrent la même évolution de la côte vers le large que la direction est NNE (Figures 1 et 2, Annexe V).

- **Action de la houle de direction W (N270°) :**

La (Figure 3, Annexe V) indiquent une propagation des courants qui proviennent essentiellement de direction N et NW arrivant à la côte avec une grande vitesse de 0,15 m/s à 0,53m/s, ces courants se concentrent au niveau de la partie centrale entre Mostaganem et cap Carbon, formant une dérive littorale avec une évolution parallèle à la côte de NE-sW ,et de NW-SE du côté Est vers la pointe d'El Aoua.

Les courants littoraux générés par la réfraction de la houle de direction W montrent des champs de répartition sur toute la zone d'étude (Figure 4, Annexe V) :

- Le côté Ouest se caractérise par une forte courantologie de direction NW vers SW, avec une vitesse qui varie entre 0,15m/s et 0,48m/s dont elle atteint un maximum de 0,5m/s au niveau du cap Carbon.

## Chapitre IV : Modélisation de l'hydrodynamisme côtier le long du littoral Algérien (1972, 2019)

- Le côté Est est marqué par des courants de direction NE vers le NW avec une intensité de 0,6m/s au niveau de la côte, et qui diminue plus en allant vers large (0,15m/s).

Ce courant engendre des courants de dérive littorale très remarquables au niveau de la zone côtière située entre rocher Kef El Asfer et la pointe d'El Aoua. Et une absence totale des courants de retour.

### 1.2. Golfe d'Oran vers cap Falcon :

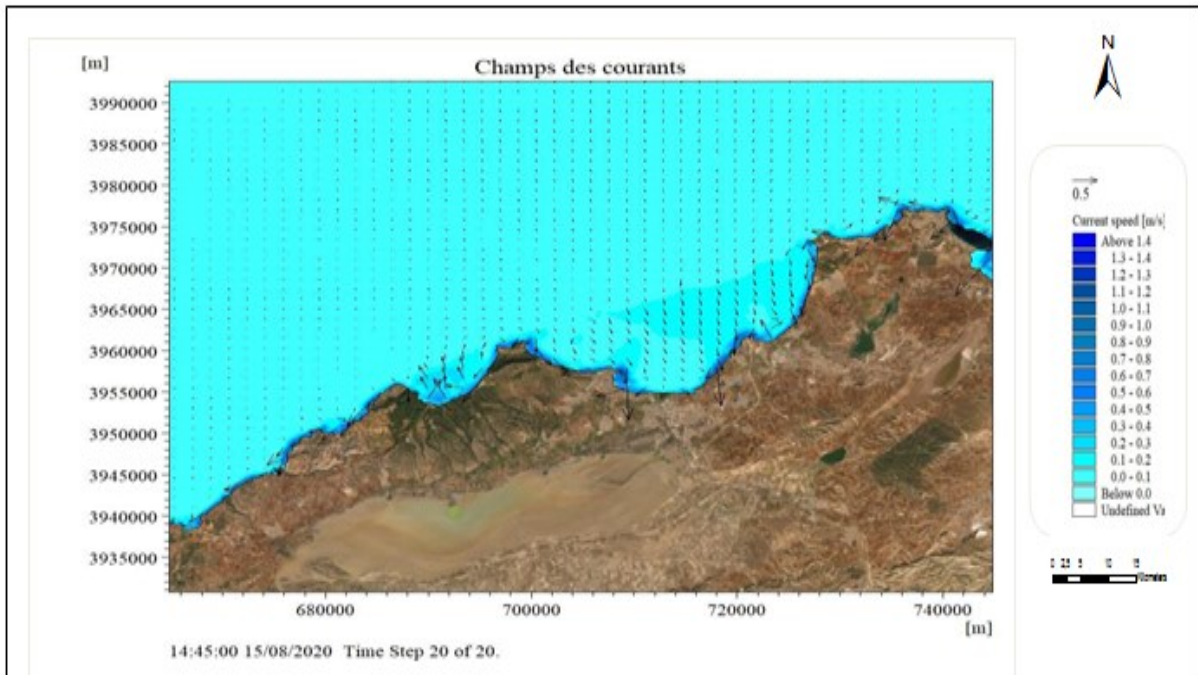


Figure IV.24: Carte de répartition du champ des courants de golfe d'Oran vers cap Falcon (1972), MWD=22,5° ; Hs = 4,92 m ; Tp =10s

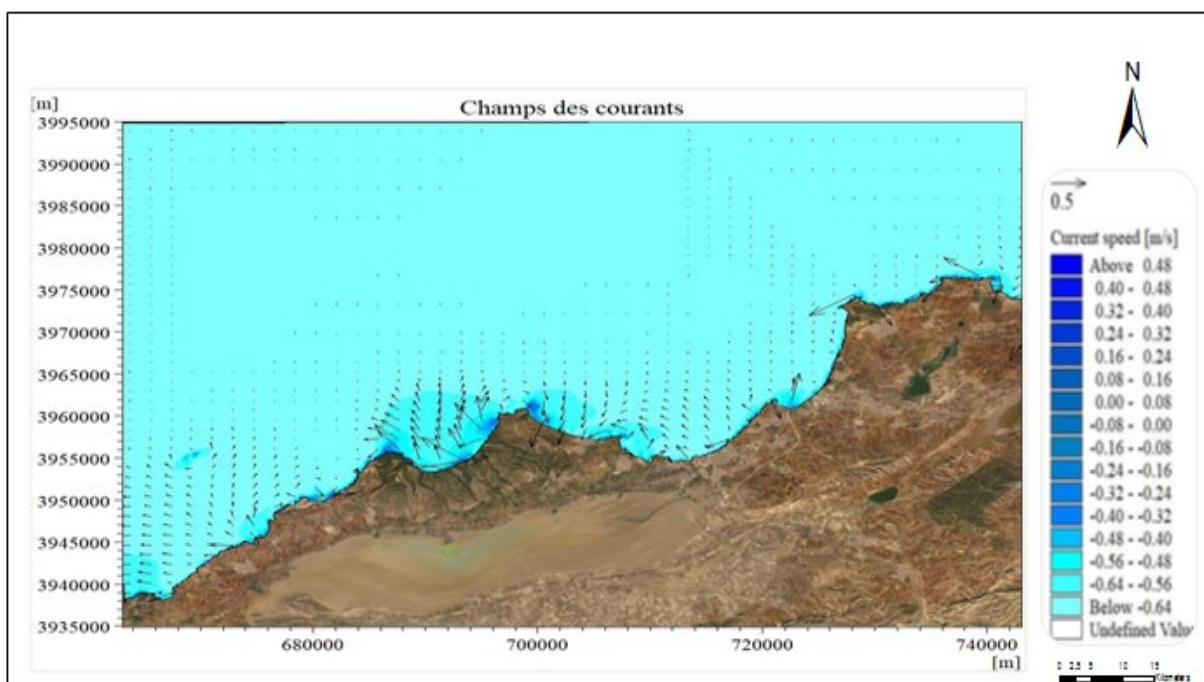


Figure IV.25: Carte de répartition du champ des courants de golfe d'Oran vers cap Falcon (2019), MWD=22,5° ; Hs = 5,85 m ; Tp =9s

## Chapitre IV : Modélisation de l'hydrodynamisme côtier le long du littoral Algérien (1972, 2019)

---

- **Action de la houle de direction NNE (N22, 5°) :**

La houle de NNE génère des courants de direction NE vers SW, ils évoluent avec une intensité variable près du rivage entre 0,1m/s à 0,62m/s en 1972. Et entre 0,08 à 0,32m/s en 2019.

Entre cap d'Aiguille à cap Falcon, à partir de 40m de profondeur, on observe un courant important qui arrive d'une manière perpendiculaire à la côte, une dérive littorale peu remarquable vers l'Ouest (cap Sigale à cap Figalo). Nous constatons aussi un courant d'arrachement vers le large au niveau de la baie des Andalouses (Figure IV.24).

La (Figure IV.25) indique un courant giratoire dans le sens des aiguilles d'une montre, qui se forme au large de la zone à environ 25m de profondeur, l'eau est poussée du côté Ouest (baie des Andalouses) vers l'Est (cap Falcon), ce courant circulaire joue un rôle important dans l'arrachage et la redistribution des sédiments le long de la côte. Ainsi qu'un courant de retour peu remarquable au voisinage du cap Sigale.

**Remarque :** Les courants générés pour la direction NE montrent des résultats similaires à ceux de direction NNE (Figures 5 et 6, Annexe V).

- **Action de la houle de direction W (N270°) :**

Les courants littoraux générés par la réfraction de la houle de direction W se répartissent sur toute la zone d'étude.

La partie occidentale se caractérise par des courants transversaux venant de direction NW vers NE (cap Figalo vers cap Lindless) et un courant de retour important vers le large au voisinage de la baie des Andalouses avec des vitesses varient entre 0,1m/s à 0,6m/s. ainsi qu'une évolution importante de courant venant du Nord au niveau de la partie orientale (0,1m/s à 0,4m/s) (Figure 7, Annexe V).

Les données de 2019 montrent deux zones distinctes selon la morphologie et la direction de propagation des courants (Figure 8, Annexe V) :

- La partie occidentale se caractérise par une forte courantologie venant de direction NE vers SW. Sa vitesse varie entre 0,25m/s à 0,4m/s, qui engendrent des courants transversaux transportés vers le large, ainsi que des formes de dérive littorale remarquable au niveau de la partie centrale de ce golfe entre Ain Turk et Bir El Djir.
- La partie orientale marque des courants de direction NW vers le SE avec une intensité qui varie entre 0,25m/s à 0,6m/s, ils arrivent parallèlement à la côte avec l'absence totale des courants de retour vers le large.

1.3. Golfe de Ghazaouet :

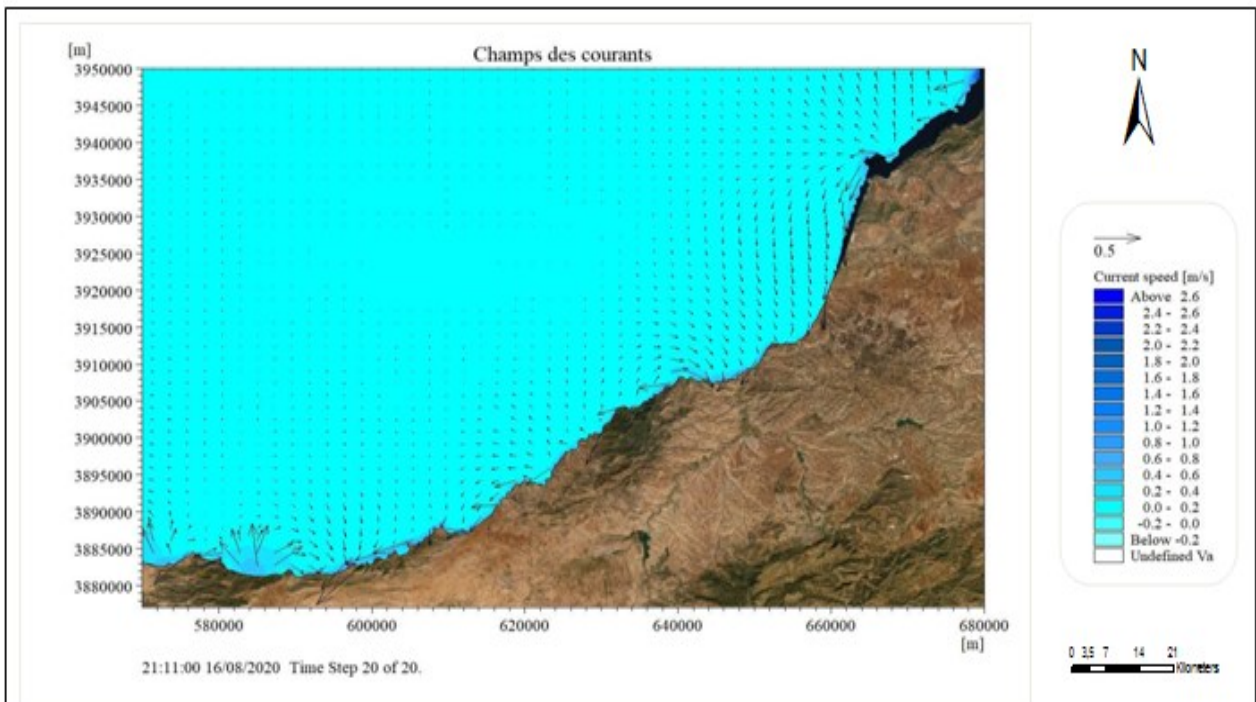


Figure IV.26 : Carte de répartition du champ des courants de golfe de Ghazouet (1972),  $MWD=22,5^\circ$  ;  $H_s = 4,92$  m ;  $T_p = 10$ s

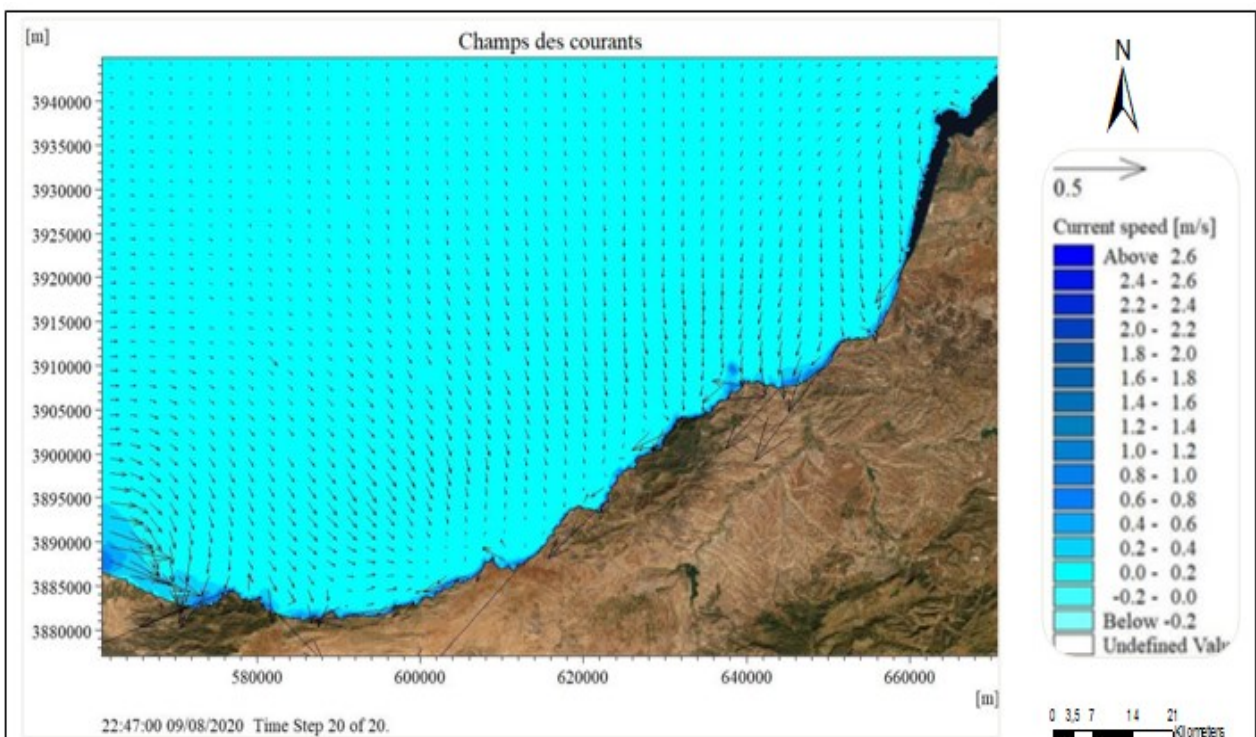


Figure IV.27 : Carte de répartition du champ des courants de golfe de Ghazouet (2019),  $MWD=22,5^\circ$  ;  $H_s = 5,85$  m ;  $T_p = 9$ s

## Chapitre IV : Modélisation de l'hydrodynamisme côtier le long du littoral Algérien (1972, 2019)

---

- **Action de la houle de direction NNE (N 22,5°) :**

La courantologie en cette direction montre des formes semi circulaires de part et d'autre de la zone (Figure IV.26) de NE -NW (du cap Acra vers cap Figalo et entre cap Acra et la baie de Honaine) et de NW-NE (du cap Tarsa vers cap Milonia) avec un gradient de vitesse variant entre 0,2m/s à 0,6 m/s. On remarque ainsi un courant de retour vers le large au voisinage de cap Milonia.

L'analyse du résultat de la simulation du golfe de Ghazaouet (Figure IV.27) fait ressortir deux types de courants selon la zone et la direction :

- Du cap Milonia à la baie de Honaine : les courants prennent une direction NW au large, et qui se propage et loge la côte avec une direction SW, l'intensité de ce courant est très importante au voisinage de la côte (0,64m/s) et diminue plus en allant vers le large.
- Du cap Figalo au cap Acra : cette zone se caractérise par des courants de direction NNE vers la NE dans les faibles profondeurs, leur vitesse atteint un maximum de 0,57m/s.

Ces courants auront un effet visible sur le transport des sédiments et de l'évolution de la morphologie côtière. On remarque ainsi l'absence des courants de retour vers le large.

**N.B :** Les résultats obtenus pour la direction NE sont les mêmes observations que celles de NNE (Figures 9 et 10, Annexe V).

- **Action de la houle de direction W (N270°) :**

Les courants littoraux induits par les houles de direction Ouest, comprennent des vitesses qui varient généralement entre 0,1 m/s à 0,5m/s en 1972 et entre 0,2m/s à 0,64m/s en 2019.

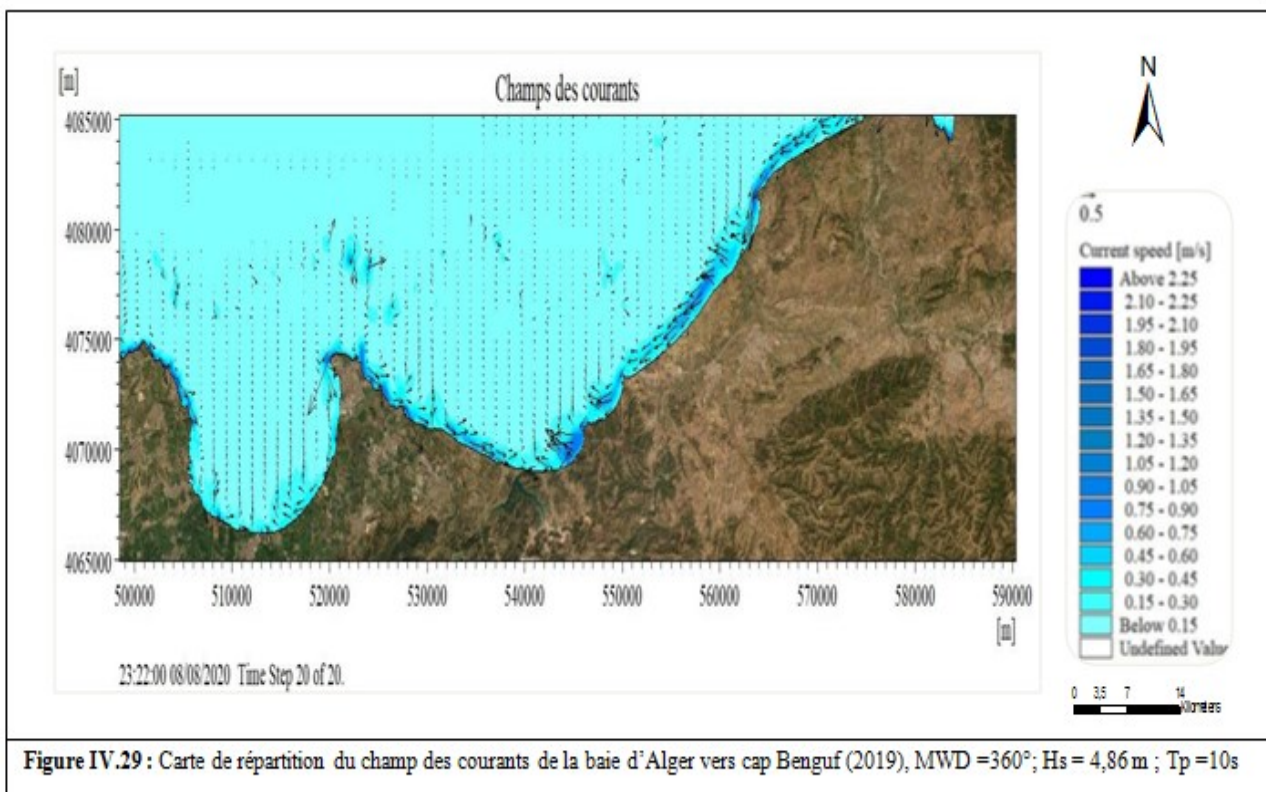
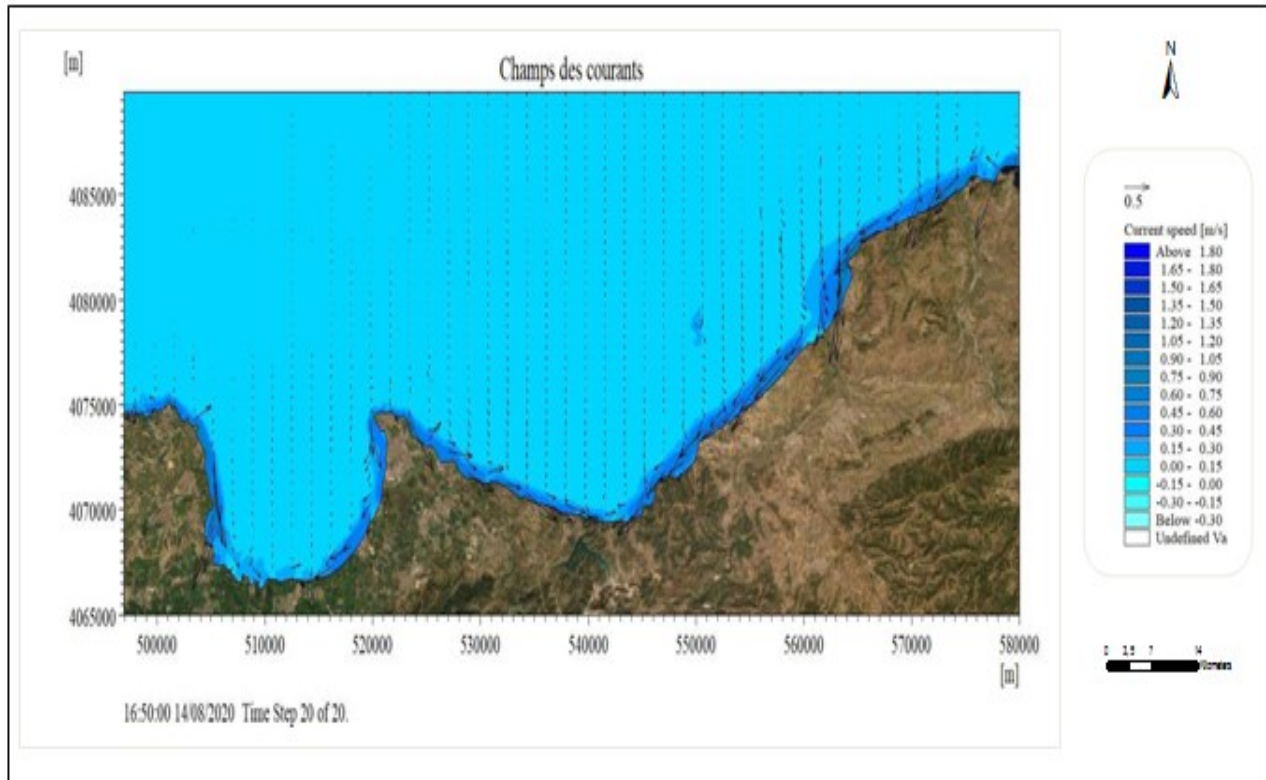
Au large la direction des courants est perpendiculaire à la côte avec une intensité faible, elle augmente et se dévie formant ainsi des courants parallèles à la côte (Figure 11, Annexe V).

La simulation obtenue avec l'utilisation des données de 2019, montre que la partie occidentale est fréquentée par les courants de direction NW-SW, avec une vitesse faible de l'ordre de 0,4m/s, par contre elle atteint des valeurs maximales au niveau de la partie orientale. Cette zone est dépourvue des courants de retour (Figure 12, Annexe V)

# Chapitre IV : Modélisation de l'hydrodynamisme côtier le long du littoral Algérien (1972, 2019)

## 1. Le secteur Central :

### 1.1. Baie d'Alger vers cap Benguf :



## Chapitre IV : Modélisation de l'hydrodynamisme côtier le long du littoral Algérien (1972, 2019)

---

- **Action de la houle de direction N (360°) :**

L'étude de la propagation des courants littoraux (1972 et 2019) générés par la réfraction de la houle au niveau de la baie d'Alger montre des champs de courant répartis dans toute la zone avec une modification de la direction et la dégradation de la vitesse de la côte vers le large (0,15m/s à 0,61m/s) (Figures IV.28 et IV.29).

- De côté Est (de cap Bengouf au cap Blanc), une courantologie importante venant de direction NNE vers le NE avec une intensité de (0,15m/s à 0,55m/s). La zone côtière se présente par des courants de dérive longitudinaux et des courants de retour vers le large.
- Au niveau de la partie occidentale située entre cap Matifou et cap Blanc : les courants prennent une direction NW- SE avec un gradient de vitesse de 0,6m/s au niveau de la côte et des valeurs minimales de 0,15m/s aux grandes profondeurs. Ces courants engendrent une dérive littorale parallèle à la côte, ainsi que des courants d'arrachement vers le large.
- On remarque une conjonction des courants venant de direction NE (cap Matifou) à l'Est à une vitesse 0,50m/s et des courants de direction NW (cap Caxine) avec une intensité maximale de 0,65m/s, ces deux courants se concentrent au niveau de la partie centrale de cette zone et créent par la suite des courants de retour vers le large à 0,45m/s. Ces courants auront un effet visible sur le transport sédimentaire et l'évolution morphologique des côtes.

- **Action de la houle de direction NE (N45°) :**

Les résultats de la simulation montrent des courants littoraux prennent une trajectoire de direction NE vers le SW, avec des vitesses qui varient généralement entre 0,08m/s à 0,62m/s en 1972 et de 0,2m/s à 0,63m/s en 2019. En s'approchant du rivage l'intensité de ces courants augmentent et se dévient formant ainsi des courants parallèles près de la côte et des courants de retour vers le large (Figures 13 et 14, Annexe V).

- **Action de la houle de direction NW (N315°) :**

Les courants de dérive induits par la houle en cette direction connaissent des vitesses moyennes qui varient généralement entre 0,25m/s à 0,65m/s (1972) et entre 0,15m/s à 0,55m/s (2019).

Les cartes montrent une propagation des courants venant du secteur NW-SE, avec des courants de retour qui se présentent pratiquement au niveau de toute la zone dans les grandes profondeurs, ceci provoque un arrachement des sédiments vers le large (Figures 15 et 16, Annexe V).

1.2. Baie de Bou-Ismaïl vers Cherchel :

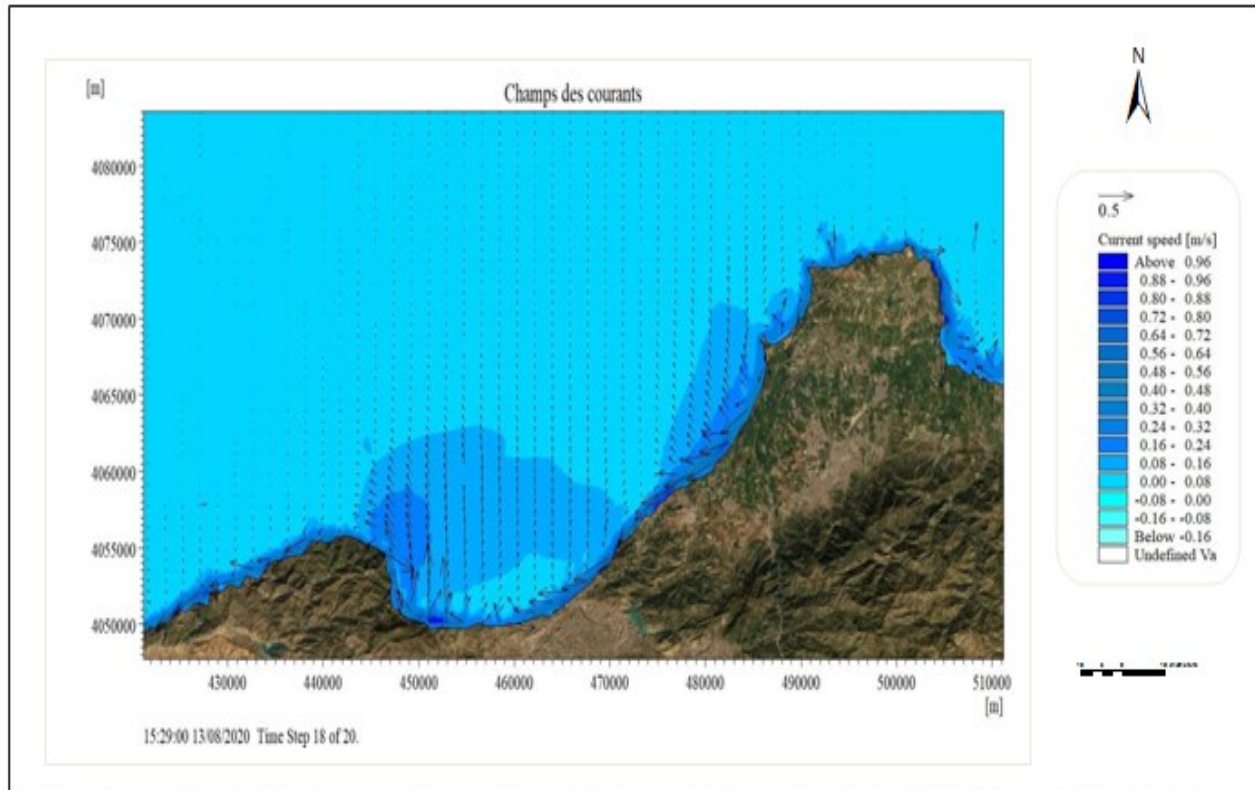


Figure IV.30 : Carte de répartition du champ des courants de la baie de Bou-Ismaïl vers Cherchel (1972), MWD=360°; Hs = 4,92 m ; Tp=10s

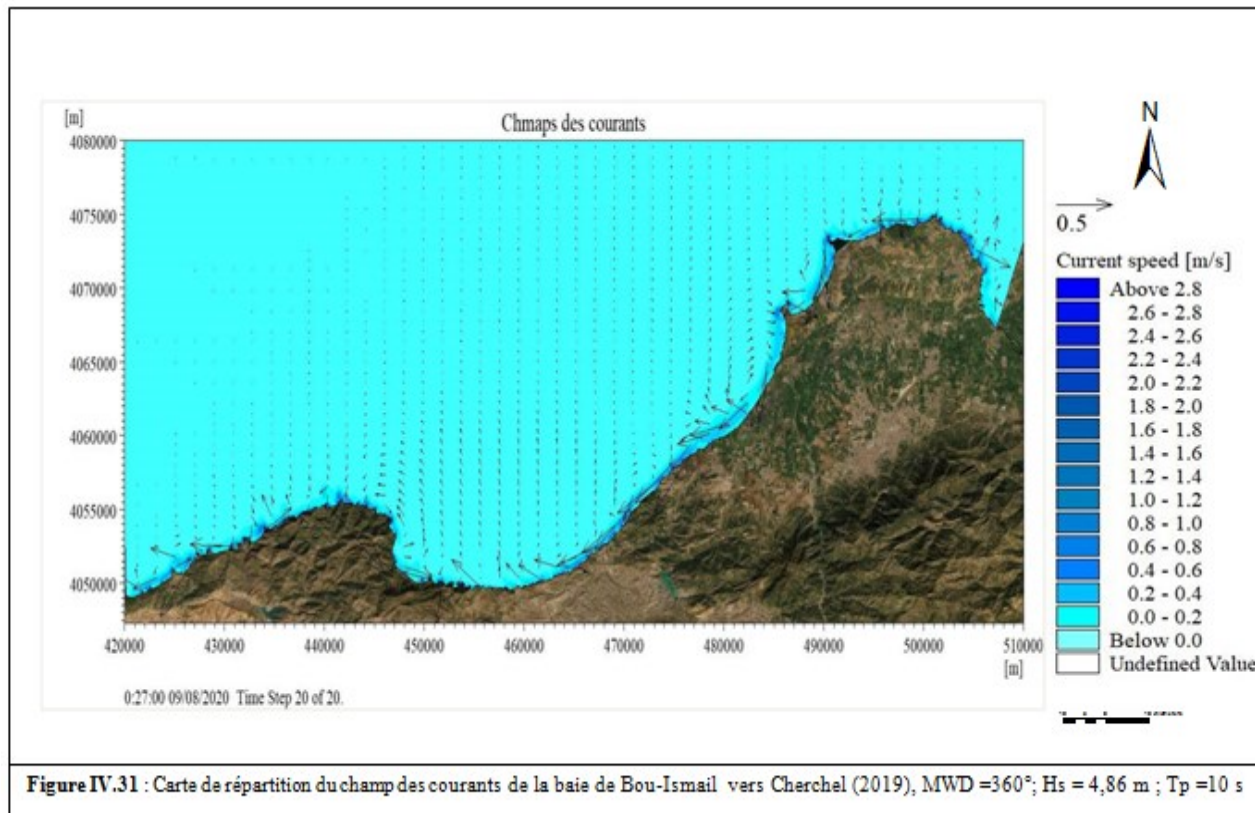


Figure IV.31 : Carte de répartition du champ des courants de la baie de Bou-Ismaïl vers Cherchel (2019), MWD =360°; Hs = 4,86 m ; Tp =10 s

## Chapitre IV : Modélisation de l'hydrodynamisme côtier le long du littoral Algérien (1972, 2019)

---

- **Action de la houle de direction N (360°) :**

Les cartes montrent des champs de courant induits par une houle du Nord avec une variation de vitesse de 0,08m/s à 0,56m/s en 1972 et de 0,2m/s à 0,65m/s en 2019, on observe d'après ces cartes que les courants varient d'Est en Ouest :

En 1972, on distingue deux zones avec une courantologie qui se diffère entre direction et vitesse de sa propagation (Figure IV.30) :

- Du côté Ouest (Massif de Chenoua vers Cherchel) : les courants se dérivent vers l'Ouest avec une évolution plus au moins parallèle à la côte d'une intensité variante entre 0,08m/s à 0,48m/s et qui diminue vers les grandes profondeurs.
- De Tipaza à ras Acrata, les courants prennent la direction NE –SW, caractérisés par des formes de dérive à l'approche de la zone côtière et des courants de retour vers le large à plus de 30m de profondeur.

Un changement remarquable sur le courant obtenu en 2019 (Figure IV.31) :

- De Tipaza à Cherchel : la houle génère des courants de dérive littorale de direction NE vers SW. Leur intensité à l'approche de la côte varie entre 0,2m/s à plus de 0,63m/s.
- De ras Acrata à Tipaza : les courants tracent une trajectoire de direction NE-NNE, avec un gradient de vitesse important à l'Est et diminue en allant vers l'Ouest.

On remarque ainsi la présence d'un courant giratoire dans le sens des aiguilles d'une montre, l'eau est poussée du côté Ouest (Bou-Ismaïl) vers l'Est (Sidi Ferdj), ce courant circulaire joue un rôle important dans l'arrachage et la redistribution des sédiments le long de la côte (dérive littorale vers le SW).

La résultante de ces courants d'Est et d'Ouest crée un courant de retour appelé les rip current en forme « V ».

- **Action de la houle de direction NE (N45°) :**

La carte montre un champ de courant de direction NW vers le NE (Figure 17, Annexe V), ce courant est très important de côté Ouest qu'à l'Est avec une intensité varie entre 0,21m/s à 0,63m/s.

Une dérive littorale se marque dans la baie de Chenoua avec une évolution parallèle à la côte jusqu'à 35m de profondeur, ainsi qu'un courant perpendiculaire (Cross shore) à la côte entre Bou-Ismaïl et Sidi Ferdj. Des courants de retour sont observés principalement au niveau de la partie occidentale de cette baie et entre Sidi Fredj et ras Acrata.

**N.B :** La simulation des champs de courant pour la direction NE (1972) donne des résultats presque similaires à ceux de direction N (1972) (Figure 18, Annexe V).

## Chapitre IV : Modélisation de l'hydrodynamisme côtier le long du littoral Algérien (1972, 2019)

---

- **Action de la houle de direction W (N270°) :**

Les champs de courant induits par la houle de direction Ouest connaissent des vitesses variées entre 0,1m/s à 0,56m/s, les cartes montrent des courants qui varient d'Ouest en Est (Figures 19 et 20, Annexe V) :

- De Cherchel au massif de Chenoua : la houle génère des courants de dérive littorale de direction NE-SW. L'intensité de ces courants à l'approche de la côte varie entre 0,2m/s à plus de 0,66m/s, et de 0,25m/s vers le large.
- Au niveau de la partie centrale de la baie de Chenoua, on constate des courants cross shore avec une évolution perpendiculaire à la côte de direction NW où la vitesse moyenne est de 0,6m/s.
- De Bou-Ismaïl à ras Acrata : une dérive littorale se marque au niveau de la zone côtière d'une direction NW vers SE, avec un gradient de vitesse estimée à 0,47m/s. On remarque un contournement du courant au niveau de Sidi Fredj, ainsi que des courants d'arrachement transportés vers le large.

### 3. Le secteur Oriental :

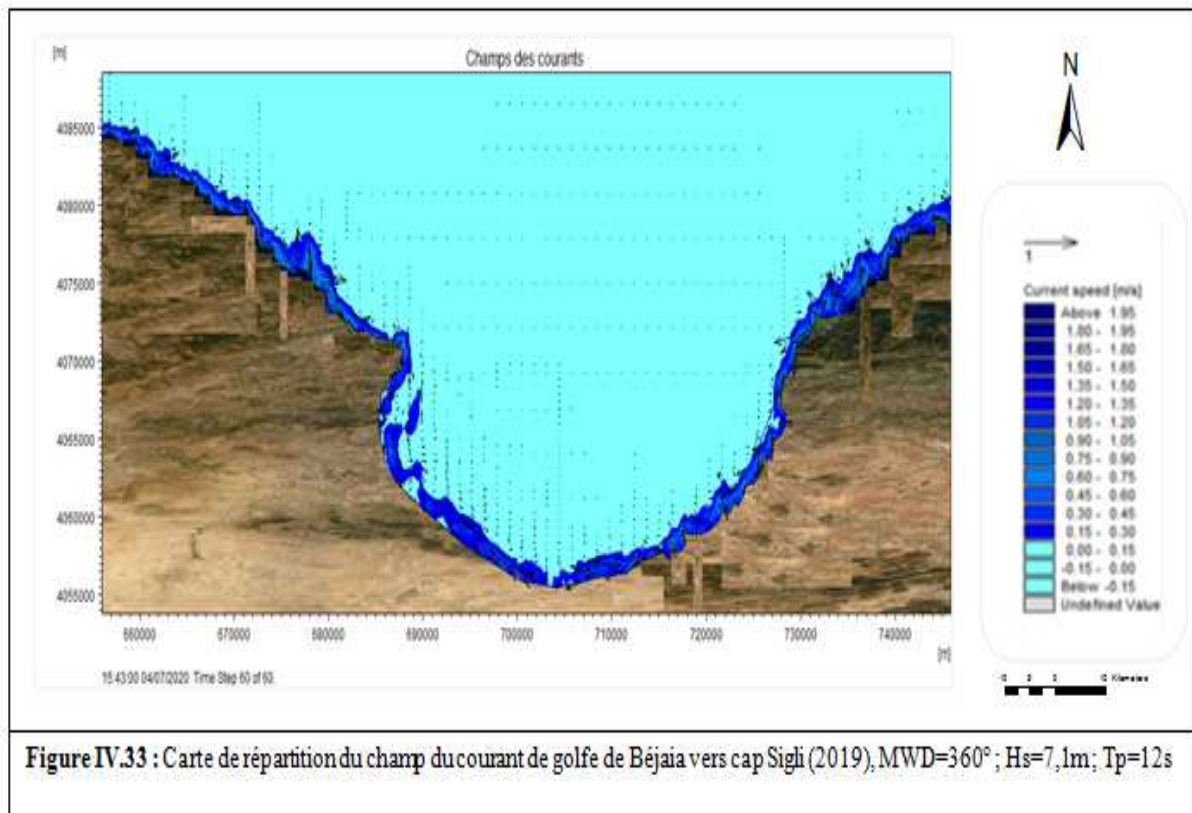
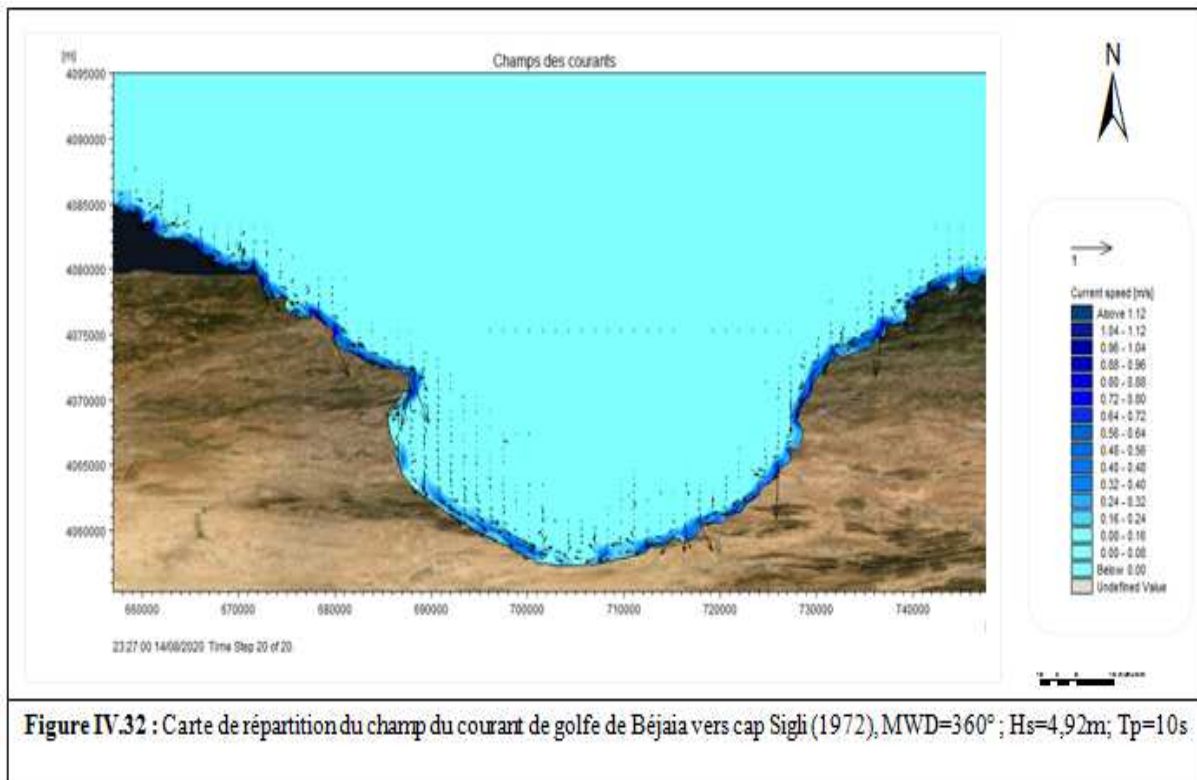
#### 3.1. Golfe de Béjaïa vers cap Sigli :

- **Action de houle de direction N (360°) :**

Les courants longitudinaux induits par la houle de direction N, près du rivage prennent deux directions (Figure IV.32 et Figure IV.33): de NE en SW à la partie orientale, et de NW vers SE à la partie occidentale, à une vitesse de 0,24m/s à 0,32m/s (1972) et en 2019 elle est de 0,30m/s à 0,45m/s. Ce qui résulte un courant de baie considéré comme dangereux en la partie centrale, où son intensité diminue en allant vers le large.

Et aussi des courants de retour importants en Est et Ouest de la zone avec une intensité qui diminue vers le large.

## Chapitre IV : Modélisation de l'hydrodynamisme côtier le long du littoral Algérien (1972, 2019)



- **Action de houle de direction NE (N45°) :**

Les cartes des champs des courants (Figures 21 et 22 , Annexe V), montrent que la direction des courants de dérive est de NE vers SW à la partie orientale(0,36m/s à 0,44m/s), et de SE-NW à la partie occidentale (0,48m/s à 0,52m/s) en 1972, par contre, l'intensité est de 0,5m/s à 0,62m/s à l'Est et l'Ouest de la baie , et de 0,45m/s à 0,65m/s à la partie centrale en 2019.

Des courants de retour sont observables en Est et Ouest, avec une vitesse de 0,4m/s en 1972 et 0,45m/s (2019), diminue vers le large, nous remarquons une propagation de courant de direction NE-SW à l'Est de l'EPB et de NW-SW (de cap Carbon à cap Bouak ) à l'Ouest, ce qui résulte un courant d'arrachement avec une intensité allant de 0,3m/s à 0,60m/s (2019), et de 0,24m/s à 0,34m/s en 1972.

- **Action de houle de direction NW (N315°) :**

En 1972, la houle de NW crée des courants qui sont pratiquement des courants de retour d'une intensité moyenne de 0,64m/s qui diminue vers le large, surtout importants entre cap Aokes et pointe Ziama. Des courants cross –shore du large vers la côte (cap Carbon à cap Aokes) (Figure 23, Annexe V).

Le résultat de simulation de 2019, montre que les courants de dérive induits par la houle en cette direction, ont une trajectoire NW-SE au niveau de la partie occidentale avec une vitesse moyenne de 0,65m/s et de SW-NE au centre (0,15m/s à 0,6m/s) vers la partie orientale où l'intensité moyenne du courant est de 0,65m/s (Figure 24,Annexe V).

**NB :** Un courant de direction Ouest-Est est remarquable au côté occidental d'EPB avec une vitesse de 0.3m/s.

### 3.2.Baie de Jijel vers cap Bougarouni :

- **Action de houle de direction N (360°) :**

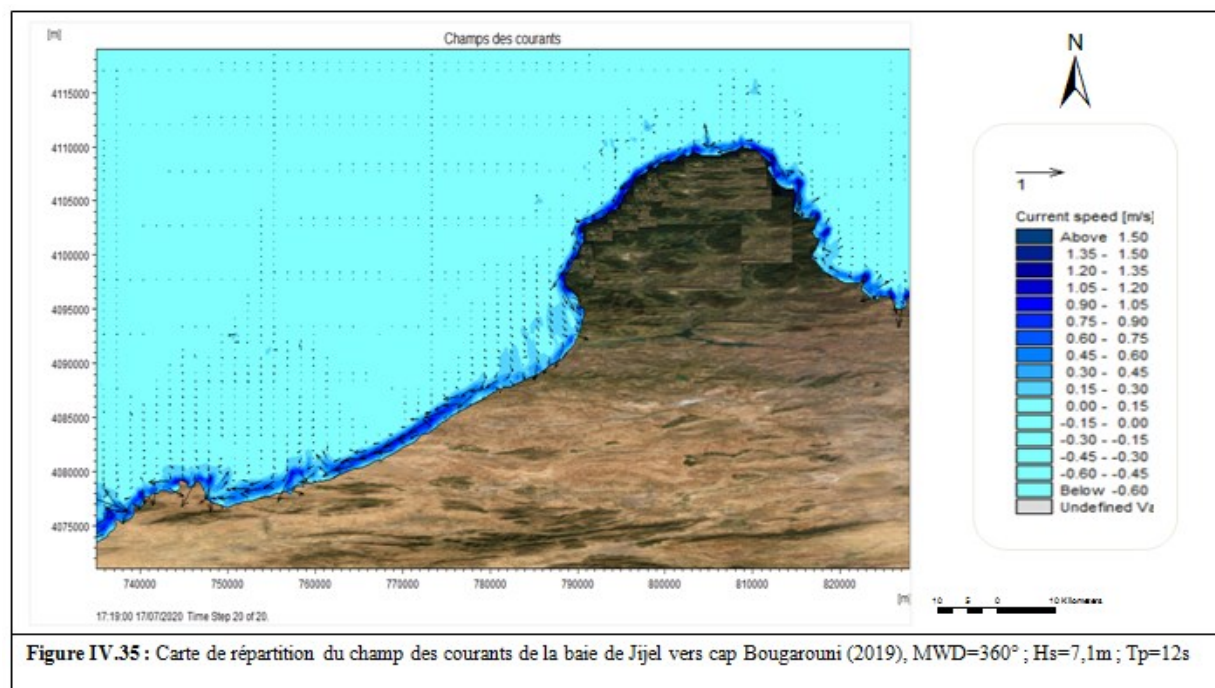
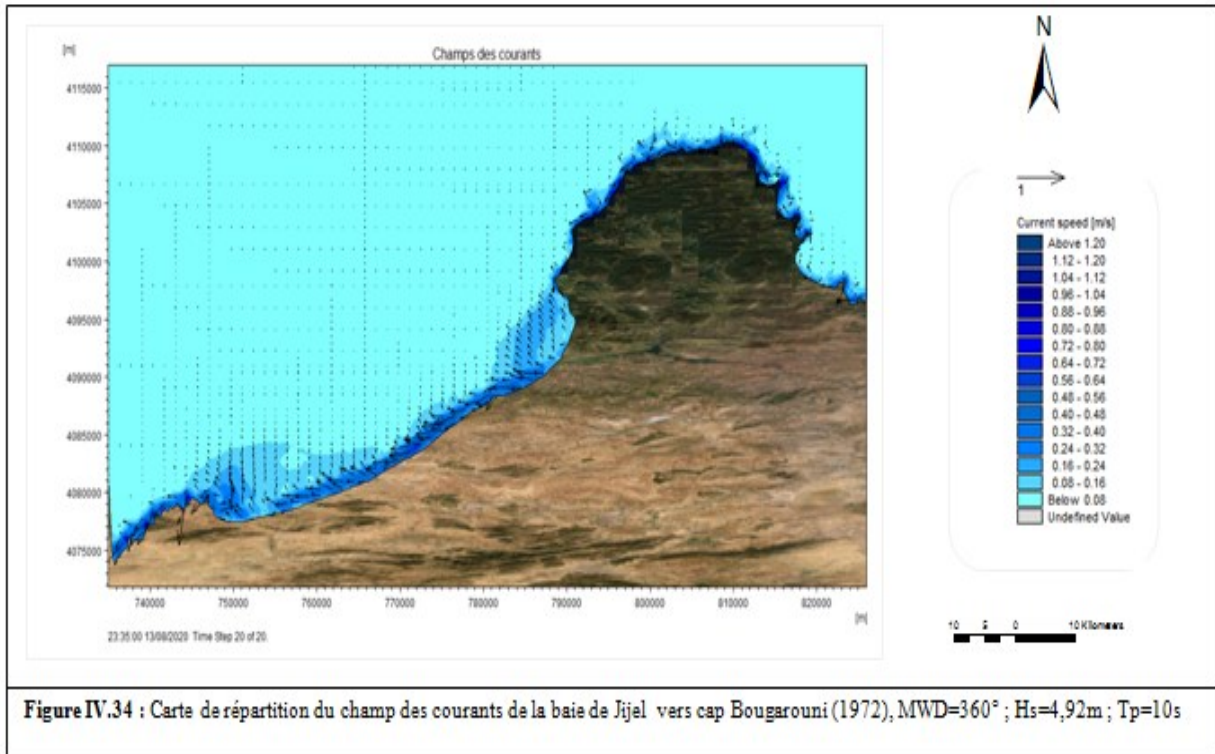
Les courants littoraux générés prennent deux trajectoires : de cap Frao à cap Bougarouni sont de direction NW-SE et de NE-SW vers ras Afia à l'exception de la partie centrale où le courant est transversal du large vers la côte à une intensité faible de 0,3m/s à 0,45m/s. Les courants de dérive sont importants d'une intensité moyenne de 0,67m/s (2019) et de 0,63m/s (1972) (Figures IV.34 et IV.35).

Le résultat de cette simulation montre des courants de retour vers le large plus en

## Chapitre IV : Modélisation de l'hydrodynamisme côtier le long du littoral Algérien (1972, 2019)

s'approchant de cap Atia à l'Ouest en 1972, à la partie orientale et plus en allant vers l'occidental de la baie en 2019.

**NB :** En 1972 à la partie centrale le courant de retour est important (0,4m/s à 0,48m/s).



## Chapitre IV : Modélisation de l'hydrodynamisme côtier le long du littoral Algérien (1972, 2019)

---

- **Action de houle de direction NE (N 45°) :**

La houle de NE génère des courants longitudinaux de direction NE vers SW (Figures 25 et 26 Annexe V), en 1972, les courants ont une intensité de 0,3m/s à 0,58m/s, de 0,4m/s à 0,65m/s en 2019.

Au centre de la zone, les courants transversaux et les courants de retour sont similaires à ceux engendrés par la houle du Nord.

A la partie occidentale aux alentours du ras Afia, des courants de retour importants en 1972, par contre en 2019, sont observables à la partie orientale de la zone.

- **Action de la houle de direction NW (N315°) :**

La direction des courants de dérive est pratiquement SW vers NE (Figures 27 et 28, Annexe V), avec une intensité de 0,57m/s à 0,68m/s qui diminue en allant vers la partie orientale au-delà de cap Bougarouni (0,45m/s à 0,57m/s) en 1972, et (0,54m/s à 0,63m/s) en 2019.

Comme ce résultat indique des courants de retour similaires à ceux engendrés par la direction N en 1972, et qui sont moins importants à l'extrémité Ouest en 2019.

### 3.3. Golfe de Skikda :

- **Action de la houle de direction N (360°) et NE (N 45°) :**

L'étude courantologique concernant la houle de N en 1972 et 2019 (Figures IV.36 et IV.37) et NE (Figures 29 et 30, Annexe V), montre des champs de courant sur différentes directions :

En 1972, les courants longitudinaux engendrés par les houles N et NE prennent la trajectoire NE-SW au niveau de la baie de Stora à l'Est du golfe d'une intensité de (0,48m/s à 0,56m/s) pour la direction N et de (0,32m/s à 0,4m/s) pour la direction NE.

Des courants de compensation au voisinage des zones rocheuses avec des vitesses varient en fonction de la zone à l'Ouest du golfe.

Les courants de retour vers le large se présentent au niveau de la partie orientale du golfe (baie de Fetzara, baie de Stora qui sont remarquables près de l'EPS).

## Chapitre IV : Modélisation de l'hydrodynamisme côtier le long du littoral Algérien (1972, 2019)

En 2019, les courants de dérive littorale au niveau de la baie de Fetzra et de Stora à l'Est du golfe, prennent une direction NE-SW, qui garde cette trajectoire vers la partie occidentale où ils commencent à changer de direction SE-NW. Leur intensité est de (0,4m/s à 0,64m/s) pour ceux engendrés par la houle du N à l'exception de la baie de Fetzara où leur intensité est de (0,1m/s à 0,28m/s) (Figure IV.37) et moins importante par rapport ceux engendrés par l'action de la houle du NE (Figure 30, Annexe V).

Les courants de retour sont importants à l'Ouest du golfe où leur intensité est de (0,5m/s à 0,6m/s) et qui diminue plus en allant vers le large.

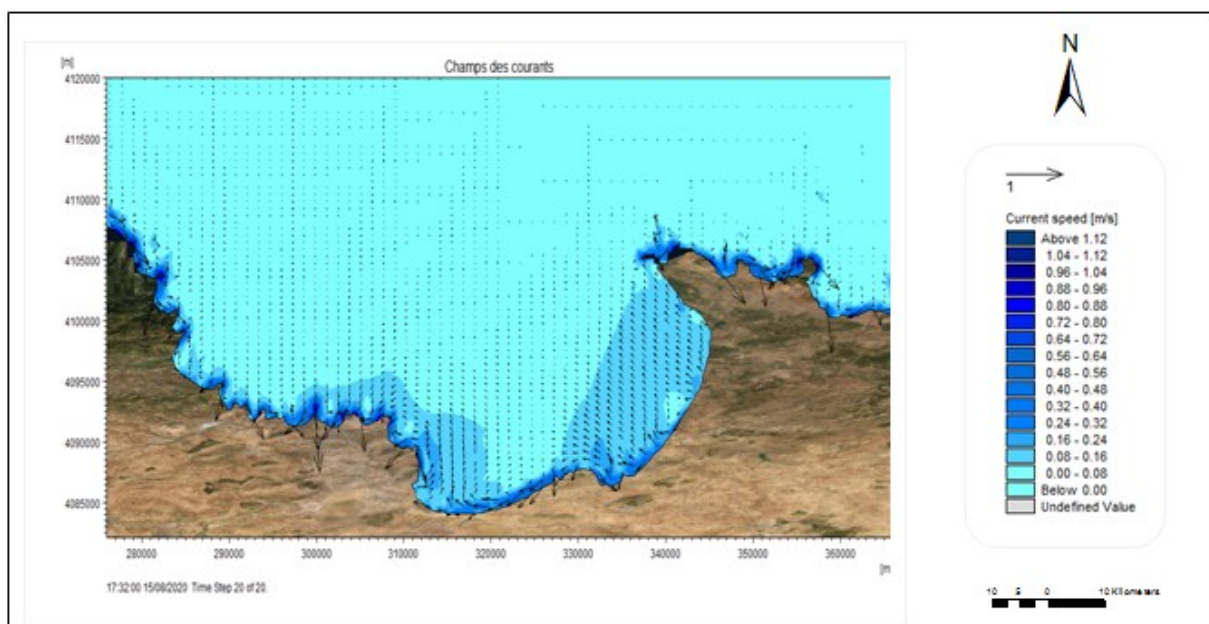


Figure IV.36 : Carte de répartition du champ de courant de golfe de Skikda (1972), MWD=360° ; Hs= 4,92m ; Tp=10s

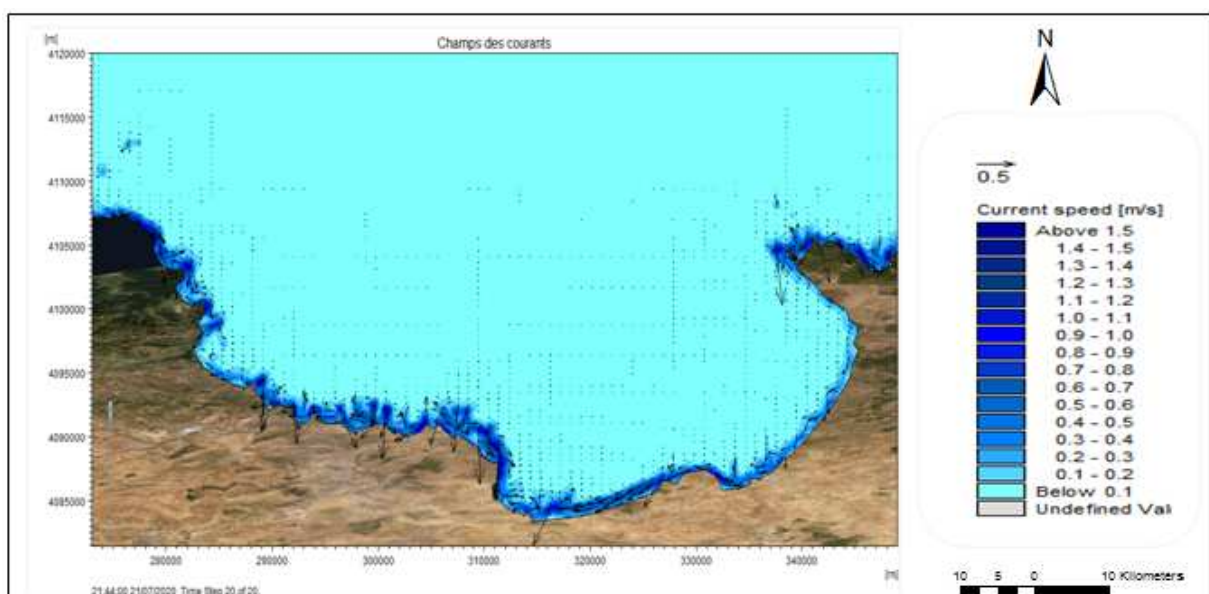


Figure IV.37 : Carte de répartition du champ de courant de golfe de Skikda (2019), MWD=360° ; Hs= 4,9m ; Tp=10s

- **Action de la houle de direction NW (N315°) :**

La simulation de la courantologie de cette direction nous a permis de déduire que les courants induits par la houle NW sont d'une intensité de (0,5m/s à 0,65m/s) en 2019 et de (0,24m/s à 0,32m/s) en 1972 (Figures 31 et 32, Annexe V).

En 1972, les courants longitudinaux engendrés par la houle prennent la direction SW-NE au niveau de la baie de Stora à l'Est du golfe.

Les courants de compensation au voisinage des zones rocheuses à l'Ouest du golfe et les courants de retour à l'Est sont similaires à ceux engendrés par la houle de direction N en 1972.

En 2019, les courants longitudinaux ont une trajectoire NW-SE, plus en allant vers la partie orientale leur direction change en SW-NE. Avec des courants de retour à la proximité de l'EPS (en la baie de Stora) où leur intensité diminue vers le large.

### 3.4. Golfe d'Annaba vers la baie de Sidi Akkèche :

- **Action de la houle de direction N (360°) :**

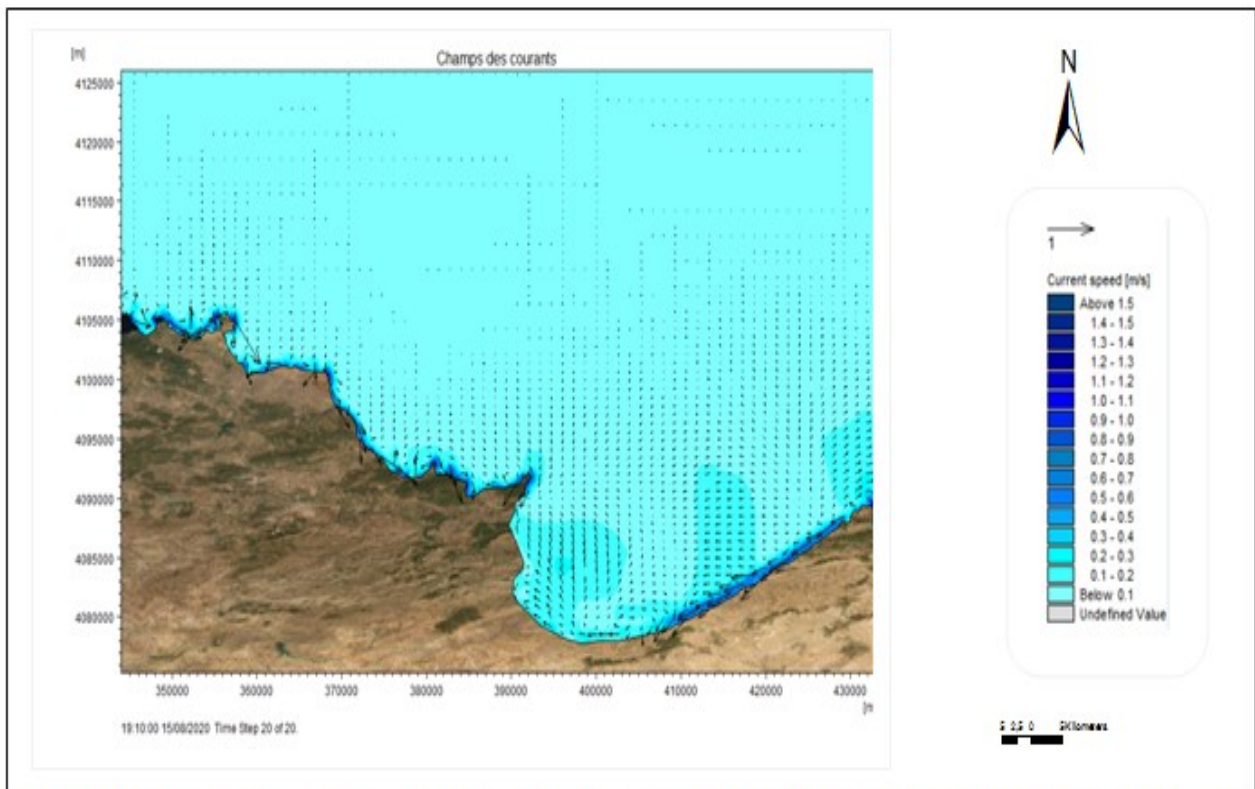
Les courants longitudinaux générés par la houle de direction N en 2019 (Figure IV.39), d'une intensité moyenne de 0,65m/s au niveau des petits fonds, diminuent vers le large, et de 0,4m/s en 1972 (Figure IV.38) .La répartition de ces courants prend différentes directions :

A la partie orientale de la zone les courants de dérive ont une direction NE-SW. En s'approchant du port d'Annaba vers ras Hamra une absence des courants longitudinaux et une présence des courants de retour vers le large où se localise la baie des Caroubiers et de Lazaret avec une intensité de 0,1m/s à 0,3m/s en 1972 et 2019.

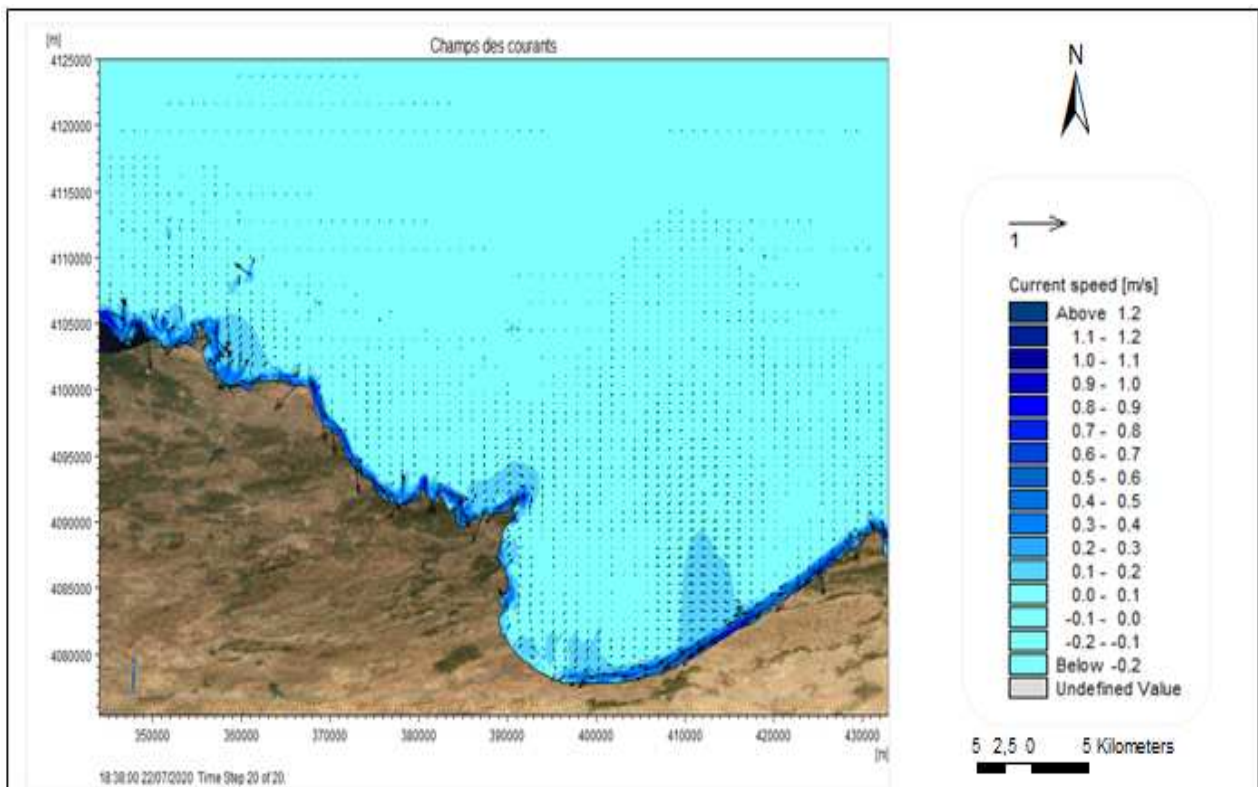
A la partie centrale, du ras Hamra vers ras Toukoush, les courants sont parallèles à la côte avec une trajectoire NW-SE, arrivant près de l'extrémité Est le courant prend un sens giratoire dans le sens des aiguilles d'une montre.

En la partie occidentale de ras Toukoush à la baie de Sidi Akkèche, les courants longitudinaux sont de direction SE-NW, ainsi qu'à des courants de retour vers le large avec une intensité (0,2m/s à 0,4m/s).

## Chapitre IV : Modélisation de l'hydrodynamisme côtier le long du littoral Algérien (1972, 2019)



**Figure IV.38 :** Carte de répartition du champ de courant de golfe d'Annaba vers la baie de Sidi Akkèche (1972),  $MWD=360^\circ$  ;  $H_s=4,92m$  ;  $T_p=10s$



**Figure IV.39 :** Carte de répartition du champ de courant de golfe d'Annaba vers la baie de Sidi Akkèche (2019),  $MWD=360^\circ$  ;  $H_s=4,9m$  ;  $T_p=10s$

## Chapitre IV : Modélisation de l'hydrodynamisme côtier le long du littoral Algérien (1972, 2019)

- **Action de la houle de direction NE (N45°) :**

Aux abords des petits fonds, les courants de dérive induits par la houle ont une intensité de (0,48m/s à 0,65m/s) à l'Est et de (0,35m/s à 0,6m/s) à l'Ouest (Figures 33 et 34, annexe V).

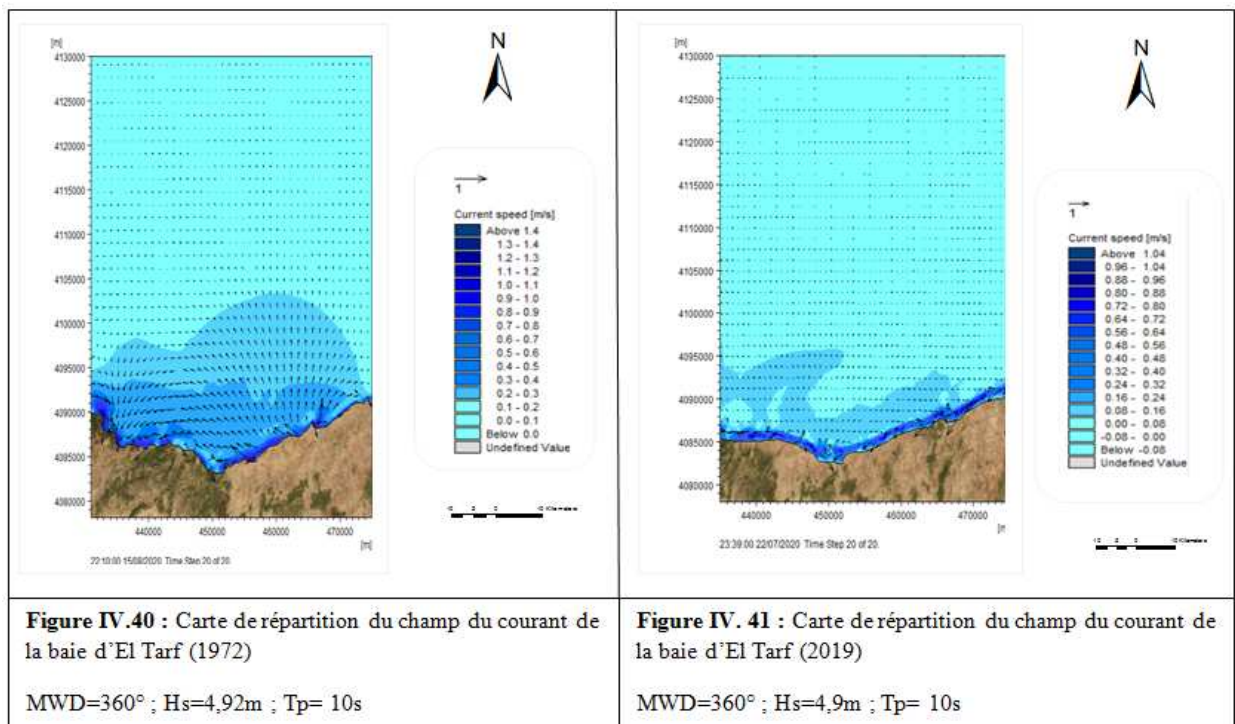
En 1972 et 2019, la direction de ces courants le long de la zone côtière est NE-SW à la partie orientale et SE-NW à l'occidentale. A l'exception de l'Ouest de ras Hamra où le courant est circulaire dans le même sens des aiguilles d'une montre, ce qui résulte des courants venant de l'Est un courant d'arrachement au niveau des baies de Caroubiers et de Lazaret à une vitesse de ( 0,15m/s à 0,45m/s), qui diminue vers le large provoquant une érosion.

- **Action de houle de direction NW (N315°) :**

Les courants de dérive prennent une direction NW-SE dans les parties occidentales et centrale de la zone avec une intensité importante de 0,65m/s et de direction SW-NE à la partie orientale avec une vitesse moyenne de 0,62m/s en 2019 et 0,35m/s en 1972 (Figures 35 et 36 Annexe V). Ainsi, un courant circulaire à l'Ouest de ras Hamra.

En 2019, des courants de retour abordent la baie des Caroubiers et de Lazaret (0,2m/s à 0,4m/s) sont ainsi très importants à l'Ouest où leur intensité est de (0,3m/s à 0,6m/s), diminuant au vers large.

### 3.5. Baie d'El Taref :



## Chapitre IV : Modélisation de l'hydrodynamisme côtier le long du littoral Algérien (1972, 2019)

---

- **Action de la houle de 1972 :**

L'étude courantologique de la baie d'El Tarf en 1972 montre que la répartition des champs des courants engendrés par les houles N, NE et NW sont pratiquement similaires, où on observe :

- Des courants longitudinaux au centre de la baie de direction SE-NW, qui deviennent de trajectoire E-W en allant vers sa partie occidentale avec une intensité de (0,3m/s à 0,4m/s).
- Des courants de retour vers le large avec une intensité moyenne d'environ 0,35m/s pour la direction N (Figure IV.40) et de 0,45m/s qui diminue vers le large pour la direction NE et NW (Figures 37 et 39, Annexe V).
- En s'approchant des plages de cap Rose on remarque des courants de compensation d'une intensité de (0,4m/s à 0,5m/s) vers la côte.

- **Action de la houle de 2019 :**

- Les houles de directions N (Figure IV.41) et NE (Figure 38, Annexe V), génèrent des courants longitudinaux aux petits fonds d'une trajectoire NE-SW à la partie orientale de la baie et d'Est vers Ouest en sa partie occidentale avec une intensité de (0,56m/s à 0,64m/s).
- Les courants longitudinaux générés par la houle NW, prennent une trajectoire W-E à la partie occidentale de la baie et de SW-NE en sa partie orientale, avec une intensité de (0,48m/s à 0,56m/s) (Figure 40, Annexe V).
- A la partie centrale, nous remarquons la présence des courants de retour où leur l'intensité est de (0,4m/s à 0,48m/s).

### **Conclusion :**

Cette étude nous a permis de déterminer les zones de réfraction et de dissipation de la houle de la côte Algérienne, induisant que son énergie s'atténue du large vers la côte.

Les courants engendrés par les houles les plus énergétiques qui bordent cette côte, sont des courants de dérive littorale qui se répartissent suivant deux trajectoires NE vers SW et NW vers SE et des courants de retour vers le large.

L'étude comparative de l'évolution spatio-temporelle des phénomènes hydrodynamiques entre 1972 et 2019, montre que les caractéristiques des houles et des courants changent surtout au niveau de la zone côtière, cela peut être expliqué par la morphologie des fonds marins et l'urbanisation des systèmes littoraux ce qui provoquant l'érosion de cette zone.

# **Chapitre V :**

---

Gestion et protection des côtes

### CHAPITRE V

#### GESTION ET PROTECTION DES CÔTES

Le littoral est une entité géographique qui appelle une politique spécifique d'aménagement, de protection et de mise en valeur, c'est une zone qui constitue aujourd'hui un espace de plus en plus sollicité, ce qui accentue sa fragilité.

Suite aux résultats de l'évolution différentielle des fonds bathymétriques du chapitre III, nous allons présenter en ce chapitre les zones côtières à risque, les solutions d'aménagement et de protection, en s'intéressant au développement touristique afin que le tourisme soit non seulement rentable économiquement mais aussi son déroulement dans un cadre écologique.

#### **I. Détermination des zones côtières Algériennes à risque :**

La dégradation côtière est un problème que l'on retrouve dans le monde entier, notre littoral n'est malheureusement pas épargné par ce phénomène de plus en plus fréquent sur nos côtes, ces dernières connaissent depuis quelques décennies, une croissante anthropisation qui se manifeste par une occupation économique et urbaine importante. Celle-ci se traduit notamment sur les milieux côtiers sensibles par des phénomènes comme l'érosion côtière parfois, il y a disparition partielle ou totale des plages, des systèmes dunaires ou des falaises.

Pour clarifier, compléter et confirmer les résultats de l'étude obtenus dans le chapitre III, cette partie permet de déterminer les différentes zones à risque du phénomène d'érosion, résumées en ces tableaux suivants :

## Chapitre V : Gestion et protection des côtes

### I.1. Le secteur occidental :

#### I.1.1. Golfe d'Arzew :

**Tableau V.1:** Analyse des pressions exercées sur les zones côtières du golfe d'Arzew

Secteur	Communes littorales	Plages	Nature et pressions
<b>Secteur Occidental</b>	<b>Mostaganem</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plage Salamandre</li> <li>- Plage Motorba</li> <li>- Plage Sidi Medjoub</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plage rocheuse avec la mise en place d'une protection en enrochement formant des murs de soutènement le long de la côte.</li> <li>- L'occupation de l'arrière plage par la construction des maisons.</li> <li>- Exploitation des carrières du sable illégale qui a provoqué l'érosion des dunes et de la plage.</li> <li>- L'ensablement autour des infrastructures portuaires (port de pêche de Salamandre et Mostaganem).</li> <li>- Les plages de Mostaganem victimes il y'a quelque années d'un grave glissement du terrain durant la période hivernale.</li> </ul>
	<b>Arzew</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plage Saint Michel</li> <li>- Plage d'Arzew</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plage à galet avec une installation de port de pêche d'Arzew.</li> <li>- Cette zone est agressée par l'urbanisation et les activités touristiques.</li> <li>- Augmentation des déchets et des polluants qui se déversent directement en mer (Pollution atmosphérique, les rejets industriels par les métaux lourds et les hydrocarbures.)</li> <li>- Recule remarquable du trait de côte.</li> </ul>

## Chapitre V : Gestion et protection des côtes

### I.1.2. Golfe d'Oran :

**Tableau V.2 : Analyse des pressions exercées sur les zones côtières du golfe d'Oran**

Secteur	Communes Littorales	Plages	Pressions et Menaces
<b>Secteur Occidental</b>	<b>EL Ançor</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les plages des Andalousses</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Côte d'accumulation à l'Ouest et sableux-dunaire à l'Est.</li> <li>- Succession d'hôtels et des activités touristiques le long de la côte.</li> <li>- L'évolution du trait de côte se caractérise globalement par un recul moyen de 20.15m (0,34m/an),(Ahfir et Meziane,2016).</li> <li>- L'embouchure de l'oued Hammadi était complètement fermée et envasée ce qui empêche l'arrivé des sédiments à la mer.</li> </ul>
	<b>Ain Turk</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plage Claire Fontaine</li> <li>- La Trouville</li> <li>- Plage Ain Turk</li> <li>- Bouisse- ville</li> <li>- Paradis plage</li> <li>- Plage Saint roch</li> <li>- Plage cap Flacon</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La quasi-totalité d'Ain Turk marquée par un recul général de 11,52m</li> <li>- La mise en place de deux épis au niveau de paradis plage.</li> <li>- L'évolution de la côte à une tendance accumulative (à la zone d'implantation des ouvrages maritimes) qui a abouti à l'épuisement du stock sédimentaire des zones voisines.</li> <li>- Dans ces plages l'engraissement (+60234,627m<sup>2</sup>) a pris l'avantage sur l'érosion (-6104 ,54m<sup>2</sup>), la zone présente un bilan positif (54130,07m<sup>2</sup>), (Ahfir et Meziane, 2016).</li> <li>- Drainage des eaux usées, ainsi que les rejets des STEP sans traitement au préalable.</li> </ul>
	<b>Bousfer</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bomo plage</li> <li>- Plage Peninica</li> <li>- Plage El Mourdjane</li> <li>- Plage Plancher</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Champs dunaire important exploité par un grand sablier qui alime les chantiers.</li> <li>- Forte urbanisation sur des espaces non constructibles.</li> <li>- Transgression marine avec une vitesse de 0,6m/an entre 1985 et 2017, (Smahi, 2019).</li> <li>- Formation de tombolo et des zones d'accumulation le long des ouvrages de défense.</li> </ul>

## Chapitre V : Gestion et protection des côtes

### 1.1.3. Golfe de Ghazaouet :

**Tableau V.3:** Analyse des pressions exercées sur les zones côtières du golfe de Ghazaouet

Secteur	Communes côtières	Plages	Pressions et Menaces
<b>Secteur Occidental</b>	<b>Marsa Ben M'Hidi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plage Marsa Ben M'hidi</li> <li>- Plage Moscarda</li> <li>- Plage El Bayda</li> <li>- Plage oued Halfa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cette zone se caractérise par des plages sableuses.</li> <li>- Zone fortement peuplée surtout en saison estival (la disposition de plusieurs hôtels le long de la côte).</li> <li>- Ensablement et envasement de quelques ports (port d'El Marsa Ben M'Hidi).</li> <li>- Qualité mauvaise des eaux de certaines plages à cause de la pollution (accès interdit à la baignade).</li> </ul>
	<b>Honaine</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plage Barbadjani</li> <li>- Plage Tafout</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Urbanisation de l'arrière plage avec la construction d'un réseau routier national qui le traverse ainsi que la mise en place de station pour le parking (arasement de haute de plage et système dunaire).</li> <li>- Pollution élevée, défiguration du paysage avec l'installation d'une unité de désalement qui diverse dans le petit oued qui traverse la plage.</li> </ul>
	<b>Beni Khellad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plage Agla</li> <li>- Plage Mkhalled</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Situées à l'extrémité des terres agricoles et des montagnes avec la présence d'oued Agla.</li> <li>- Défigurées par l'installation des hangars de l'unité d'élevage de poisson.</li> <li>- Traversées par un réseau routier qui amène jusqu'aux parkings qui se trouve en haut de plage.</li> </ul>

### I.2. Le secteur central :

#### I.2.1. Baie d'Alger :

**Tableau V.4** : Analyse des pressions exercées sur les zones côtières de la baie d'Alger

Secteur	Commune Littoral	Plages	Nature et pressions
<b>Secteur Central</b>	<b>Bordj El Kiffan</b>	Plage Sirène (I et II)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La tendance évolutive du trait de côte des plages a connu un léger engraissement de l'ordre de 9,6 m (0,80m/an), cela pourrait être probablement lié au rechargement artificiel des plages vu que leur rivage est fortement modifié par les activités anthropiques, (Ahfir et Meziane, 2016).</li> <li>- Les cordons dunaires en arrière plages sont totalement consommés par les travaux d'extensions urbains et le rivage de ces plages est en voie de disparition totale.</li> <li>- Implantation des ouvrages de défense : un épi en L et quatre en forme T.</li> </ul>
		Plage Vers de Rive	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Construction des maisons sur la bande côtière (&lt;100m).</li> <li>- Une alternance de zones stableuses, d'érosion et d'accesion avec prédominance de l'érosion le long de la plage.</li> <li>- Recul de la côte de 25m du côté Ouest de la rive et des accrétions à l'extrême Est de l'ordre de 20m, ( Haddouche et Baouz,2018).</li> <li>- Cette évolution tend vers un budget sédimentaire constamment en déficit.</li> <li>- L'implantation d'épis courts au nombre de 14 le long du linéaire de plage (accumulation en amont, érosion en aval).</li> </ul>

## Chapitre V : Gestion et protection des côtes

<b>Secteur central</b>	<b>Bordj El Kiffan</b>	Plage Stamboul	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Forte érosion avec une perte moyenne de 34,37m (Hattabi et Kaddour, 2018) ceci est due à : <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ La Réduction des apports sédimentaires d'oued El Hamiz par la mise en place de barrage d'El Hamiz,</li> <li>➤ L'extension des zones urbaines,</li> <li>➤ L'arasement des cordons dunaires en arrière plages.</li> <li>➤ La grande fréquentation touristique durant la période estivale.</li> </ul> </li> </ul>
		Bateau Cassé	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La plage « Bateau cassé » a une forte tendance d'érosion d'environ - 25,27 m en moyenne durant une période de 34 ans, (Hattabi et Kaddour, 2018)</li> <li>- L'installation de réseau d'assainissement au niveau de la plage. (taux de pollution élevée).</li> </ul>
	<b>Bordj El Bahri</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coco plage</li> <li>- Alger plage</li> <li>- Les ondines (Nord et Sud)</li> <li>- Plage Frégate</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ces plages connues un recul généralisé (-1,87m/an),(Ahfir et Meziane,2016).</li> <li>- Les variations des apports sédimentaires d'oued El Hamiz.</li> <li>- La pression anthropique en arrière pays.</li> </ul>

## Chapitre V : Gestion et protection des côtes

<b>Secteur Central</b>	<b>Houssin Dey</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plage piquet Blanc</li> <li>- Plage Sablette</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Littoraux sableux fragile qui marquent une forte érosion des côtes.</li> <li>- Pression démographique et problèmes de gestion urbaine.</li> <li>- Recevoir les rejets d'oued El Harrech et la station de dessalement d'El Hamma, ainsi que les déchets ménagers.</li> </ul>
	<b>Mohamadia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plage Mazella</li> <li>- Les Pins Maritimes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La tendance d'engraissement se continue à diminuer au niveau de la plage de Mazella, qui pourrait être lié au renforcement des moyens humains et matériels de l'entreprise de réalisation de l'hyper marché Ardis. A cela s'ajoute la construction routière sur le cordon dunaire.</li> <li>- Inversement, on a enregistré un recul important du rivage au niveau de la plage Pins Maritimes, sauf dans sa partie Est, nous relevons un pic d'accrétion (4,45 m/an) qui peut être lié aux développements socio-économiques de la région.</li> <li>- Engraissement et ensablement progressif du port d'El Mohamadia par la présence d'un épi transversale qui protège la plage.</li> </ul>
	<b>Heuraoua</b>	Plage El kadous	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Largeur de la plage est variable avec une pente douce et un profil irrégulier.</li> <li>- Dégradation du cordon dunaire (-36 900 m<sup>2</sup>) par : les sports mécaniques ainsi que le pâturage (dégradation des végétaux qui se trouve sur les dunes), (CNL, 2015).</li> <li>- Les rejets urbains déversés dans oued El Kadous qui se transporte en mer ce qui augmente le flux de pollution.</li> </ul>
	<b>Ain Taya</b>	Déca plage	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Erosion de 15,84% de l'arrière côte (disparition d'une rangée des maisons).</li> <li>- Fortes actions hydrodynamiques.</li> <li>- Bilan sédimentaire négatif avec -14 070m<sup>2</sup>, (Bensaid ,2008).</li> </ul>
		Surcouf	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Construction des habitations dans la bande littorale (&lt; 50 m).</li> <li>- Présence des ouvrages de protection (enrochement artificiel, BCR, et de brise-lame), ce qui a provoqué une érosion de 38,26% de la côte.</li> <li>- Formation des zones d'accumulation au niveau du brise-lame (Tombolo).</li> <li>- Bilan sédimentaire négatif avec -14 120m<sup>2</sup>, (DGPR, 2014).</li> </ul>

## Chapitre V : Gestion et protection des côtes

### I.2.2. Baie de Bou – Ismail :

**Tableau V.5:** Analyse des pressions exercées sur les zones côtières de la baie de Bou-Ismaïl

Secteur	Communes littorales	Plages	Pressions et Menaces
<b>Secteur central</b>	<b>Zéralda</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Palm Beach</li> <li>- Azur plage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fréquentation excessive des hautes de plages.</li> <li>- Réduction de système dunaire avec une érosion moyenne de la plage de 1 à 1,5m/an,(Al Sid Chikh et al, 2011)</li> <li>- Implantation d'une batterie du brise-lames bas, ce qu'ont provoqué des zones d'accumulation en formant des tombolos entre la côte et au large de brise-lame.</li> </ul>
	<b>Chenoua</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Chenoua Plage</li> <li>-Grand Bleu</li> <li>-Plage Matares</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Urbanisation du littoral sous forme de construction (Complexe de Chenoua).</li> <li>- Construction d'un barrage en amont de oued Nador ce qui a diminué le flux sédimentaire et l'alimentation de la plage en matériaux.</li> <li>- Pollution importante provoquée par des rejets d'origine agricole, industriel et urbaine dans les affluents de l'oued Nador ou directement dans la mer.</li> <li>- Le recul du trait de côte de l'ordre de -11,12m avec une vitesse moyenne entre -1,72m/an et -2,78m/an, provoque une érosion des surfaces de -37491,66m<sup>2</sup>,(Ahfir et Meziane, 2016).</li> <li>- Des formes d'accumulation totale de la plage Matares, cela est due à la réalisation du complexe touristique (le Grand Bleu).</li> </ul>
	<b>Staouali</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Club des Pins</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dégradation des cordons dunaires par la création de carrières de sable.</li> <li>- Phénomène d'érosion accélère par des facteurs naturels ainsi que l'intervention humaine et le recul de la plage.</li> <li>- L'embouchure des eaux usées dans la zone.</li> </ul>
	<b>Sidi Fredj</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plage El Riad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dégradation spectaculaire de la plage devant l'hôtel El Riad.</li> <li>- Présence des signes démaigrissement rapide de la plage qui a devenu de plus en plus profond après la construction de port de Sidi Fredj.</li> </ul>

## Chapitre V : Gestion et protection des côtes

### I.3. Le secteur oriental :

#### I.3.1. Baie d'El Taref :

**Tableau V.6:** Analyse des pressions exercées sur les zones côtières de baie d'El Taref

Secteur	Communes Côtieres	Plages	Pressions et Menaces
<b>Secteur Oriental</b>	<b>Souarekh</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plage Messida</li> <li>- Plage Laouinet</li> <li>- Plage Segleb</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Taux d'urbanisation importante.</li> <li>- Pollution : par diversement direct des rejets liquides en mer sans traitement préalable.</li> <li>- Plages peu fréquentées par les estivantes.</li> </ul>
	<b>El Kala</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plage la Calle</li> <li>- Plage de cap Rosa</li> <li>- Plage sable d'Or</li> <li>- La grande plage</li> <li>- Plage Mordjan</li> <li>- Plage M'Ziraa</li> <li>- Plage Mersa Essghir</li> <li>- Plage Machaar</li> <li>- Plage El Mellah</li> <li>- Plage Montagne</li> <li>- Plage Fkirina</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les pressions anthropiques sont principalement dues aux activités touristiques, par la présence d'un grand service d'hôtellerie.</li> <li>- L'accroissement des populations et le développement des agglomérations et des unités industrielles le long de la côte.</li> <li>- Augmentation de la concentration de la pollution (quantités importantes de déchets solides, ainsi que par les eaux usées domestiques)</li> <li>- Développement des activités et les commodités qui offrent l'espace littoral en termes de développement socio-économique.</li> <li>- Erosion et recul de la côte.</li> </ul>
	<b>Berrihane</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plage El Bellah</li> <li>- Plage Ain Fouka</li> <li>- Plage El Mersa</li> <li>- Plage Hennaya</li> <li>- Plage Ain Tarcha</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La plupart de ces plages sont interdites à la baignade, ceci est dues à la présence des flux importants de la pollution.</li> <li>- Diminution des apports de l'oued Berrihane (Chargé par des déchets solides)</li> <li>- Peu fréquentées par les baigneurs.</li> </ul>

## Chapitre V : Gestion et protection des côtes

### I.3.2. Golfe d'Annaba :

**Tableau V.7:** Analyse des pressions exercées sur les zones côtières du golfe d'Annaba

Secteur	Communes Côtiers	Plages	Pression et menaces
<b>Secteur Oriental</b>	<b>Annaba</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plage Lever l'Aurore</li> <li>- Plage Fellah Rachid</li> <li>- Plage Ain Achir</li> <li>- Plage Bona</li> <li>- Plage El Kharoub</li> <li>- Plage Kattara</li> <li>- Plage Rizzi Amor</li> <li>- Plage Refes Zahoun</li> <li>- Plage Belvédère</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grand pôle industriel en Algérie.</li> <li>- Littoralisation de la côte environ 53,86% (infrastructures portuaires, réseaux routiers, parking, stations balnéaire et touristique).</li> <li>- Développement de secteur socio- économique de la zone.</li> <li>- Multiple pollution (déchets urbains, eaux usées...).</li> <li>- Pollution hydrique d'origine domestique et industrielle affectant le milieu marin.</li> <li>- Recul de la côte (environ 0,3m/an) ainsi que la dégradation des plages et l'écosystème.</li> </ul>
	<b>El Bouni</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plage Seybous</li> <li>- Plage Sidi Salem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Activités humaines importantes (urbanisation d'une surface de 15,65% de la côte).</li> <li>- Plage interdite à la baignade due à la pollution transportée par oued Seybous.</li> <li>- Dégradation du cordon dunaire.</li> <li>- Recul du rivage de 0,4 m/an en moyenne.</li> </ul>
	<b>Chetaibi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plage Sidi Akacha</li> <li>- Plage Fontaine</li> <li>- Plage Chetaibi</li> <li>- Plage sable d'or</li> <li>- Plage chett R'mel</li> <li>- Plage oued Ghanem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Occupation de l'arrière plage par des habitations et un réseau routière.</li> <li>- Présence des ouvrages de protection (mur de soutènement et des protections en enrochement).</li> <li>- La surface urbanisée représente 1,60% de la zone côtière.</li> <li>- Erosion de la plage, Avancé vers la côte de 0,2m/an.</li> </ul>

## Chapitre V : Gestion et protection des côtes

### I.3.3. Golfe de Skikda :

**Tableau V.8 :** Analyse des pressions exercées sur les zones côtières du golfe de Skikda

Secteur	Communes côtières	Plages	Pressions et menaces
<b>Secteur Oriental</b>	<b>Djendel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plage Guerbes</li> <li>- Plage Rmila</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La tendance évolutive du trait de côte se caractérise par une érosion moyenne de l'ordre de (-0,89m/an) et un engraissement de (+ 0,64m/an), cela peut être expliqué par : la variation des apports sédimentaires de oued El Kebir, par l'extraction abusive des sédiments, ainsi que la fréquentation touristique durant la période estivale.</li> <li>- Sur le plan surfacique ces plages marquent par un bilan négatif (amaigrissement) de - 105956,68 m<sup>2</sup>, (Ahfir et Meziane, 2016).</li> </ul>
	<b>Skikda</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plage Larbi Ben Mehidi</li> <li>- Plage Jeanne d'Arc</li> <li>- Plage Mollo</li> <li>- La Marquette</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La tendance évolutive de ces plages montre une érosion importante de -4,48m (-2.12m/an). Cela peut être expliqué par : la grande fréquentation touristique ainsi que l'implantation de trois ouvrages maritimes (Epis en forme I).</li> <li>- Ainsi que, on relève un pic d'engraissement de l'ordre de 64,24 m (16,06m/an) au niveau des trois brise-lames, au niveau de complexe touristique « Titanic » ce qui a donné naissance à la formation des tombolos.</li> <li>- Développement socio-économique (tourisme) ainsi que les pressions anthropiques (urbanisation, piétinement, l'arasement des dunes ...).</li> <li>- Sur le plan surfacique ces plages se marquent par un bilan négatif (amaigrissement) de - 11006,42m<sup>2</sup>, (Ahfir et Meziane, 2016).</li> </ul>
	<b>El Mersa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plage El Marsa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Accumulation devant la digue secondaire du port d'El Mersa.</li> <li>- Erosion totale de la plage (-5556,81 m<sup>2</sup>), cela pourrait être lié aux développements socio-économiques qui ont abouti à l'épuisement du stock sédimentaire de la plage, (Ahfir et Meziane, 2016).</li> </ul>

## Chapitre V : Gestion et protection des côtes

### I.3.4. Baie de Jijel :

**Tableau V. 9:** Analyse des pressions exercées sur les zones côtières de la baie de Jijel

Secteur	Communes côtières	Plages	Nature et Pressions
<b>Secteur Oriental</b>	<b>Jijel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plage phare</li> <li>- La crique</li> <li>- Plage Kotama</li> <li>- Plage Beaumarchais</li> <li>- Plage Zaway</li> <li>- Plage ouled Bounar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zone à vocation touristique.</li> <li>- Vulnérable aux attaques hydrodynamiques.</li> <li>- Dégradation des cordons dunaires.</li> <li>- Restreint à l'arrière des constructions par l'implantation des hôtels, des équipements de loisir ainsi que des routes littorales.</li> <li>- Dynamique de la ligne de rivage (-0,7 à -1,7m/an) à cause de l'implantation des ouvrages de protection (Ports de Boudis), (Kerkoud et Maouche, 2018).</li> <li>- Abaissement de trait de côte et augmentation de la surface des terres émergées.</li> </ul>
	<b>Ziama Mensouria</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plage Rouge</li> <li>- Plage Afaghir</li> <li>- Les grottes merveilleuses</li> <li>- El Oueldja</li> <li>- Ziama Mensouria</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Extraction du sable et la dégradation de système dunaire.</li> <li>- L'instabilité du trait de côte.</li> <li>- Les fortes agitations marines ainsi que les tempêtes.</li> <li>- Qualité des eaux de baignade et forte pollution au niveau de la plage</li> <li>- Restreint à l'arrière par des constructions.</li> <li>- Avancé du massif montagneux sur la mer à la pointe de ras Talou.</li> </ul>

## Chapitre V : Gestion et protection des côtes

<b>Secteur oriental</b>	<b>El Kennar Nouchfi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plage El Kennar</li> <li>- Plage El M'Zair</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pénurie sédimentaire due à l'extraction anarchique de sables des plages et les lits des oueds et accentue de manière irréversible la dégradation de paysage dans plusieurs sites de la côte.</li> <li>- L'ensablement de certains ports (port de Djen-Djen).</li> <li>- L'installation des stations d'épuration le long des côtes cela affecte la qualité des eaux de baignade.</li> </ul>
	<b>Sidi Abdelaziz</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plage Essanouber</li> <li>- Plage sidi Abdelaziz</li> <li>- Plage El Djenah</li> <li>- Plage Rochers aux moules</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Occupation de haute de plage par la construction des habitations illicites, des réseaux routiers ainsi que l'occupation des champs agricoles.</li> </ul> <p>Dégraissage de la plage par la perte de sable (14,6m<sup>3</sup>/an), (Kerkoud et Maouche, 2018).</p>
	<b>El Aouana</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plage Taza Rive</li> <li>- Les Aftis</li> <li>- La crique</li> <li>- Plage El Aouana</li> <li>- Plage Challate</li> <li>- Plage Rocher Noir</li> <li>- Plage sable d'Or</li> <li>- Plage kessir</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La zone se caractérise par de fortes agitations.</li> <li>- L'ensablement de quelques ports (port d'El Aouana).</li> <li>- Zone à vocation touristique (parc national de Taza).</li> <li>- Zone riche en faune et flore.</li> <li>- Installation d'une station électrique.</li> <li>- Les opérations d'aménagement contribuent au développement socio-économique, mais elles ont aussi déstabilisé l'équilibre naturel de l'espace côtier qui supporte aujourd'hui une forte densité d'infrastructure.</li> <li>- Instabilité du rivage et érosion des plages.</li> </ul>

## Chapitre V : Gestion et protection des côtes

### I.3.5. Golfe de Béjaia :

**Tableau V.10** : Analyse des pressions exercées sur les zones côtières du golfe de Béjaia

Secteur	Communes Côtieres	Plages	Nature et pressions
<b>Secteur oriental</b>	<b>Tichy</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plage Hammadites</li> <li>- Plages des hôtels</li> <li>- Plages de parking</li> <li>- Plage Tichy</li> <li>- Plage les roches</li> <li>- Acherchour</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Disparition partielle voir totale des dunes par l'extraction irrationnelle du sable et du gravier le long des côtes.</li> <li>- La bétonisation et la littoralisation qui a envahie toute la bande côtière.</li> <li>- Développement significatif des activités touristiques sur le littoral.</li> <li>- 14km (36,11%) de la côte a un risque modéré altérant entre érosion et accrétion avec un taux varie entre -0,75 m/an et + 1,89m/an,(Ahfir et Meziane, 2016).</li> <li>- Pente varie entre 3% à 6% où l'indice de vulnérabilité est élève.</li> <li>- La plus apte a surmonté une élévation prochaine de niveau de la mer.</li> </ul>
	<b>Aokas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plage Oued Djemaa</li> <li>- Plage Oued Zitouna</li> <li>- Plage Aokas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Secteur socio-économique plus développé.</li> <li>- Environ 3km (11,11%) de la côte présente un risque faible à modéré, qui enregistre des pentes entre 6% et 12% le long de la partie Ouest d'Aokas.</li> <li>- Un taux entre -0,75m/an à 1,90m/an le long de côte Est d'Aokas et de -0,75m/an à -2,25m/an de côté Ouest,(Ahfir et Meziane, 2016).</li> </ul>
	<b>Bejaïa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plage Aiguades</li> <li>- Plage Sidi-Ali Lbehar</li> <li>- Plage Saket</li> <li>- Plage Boulimat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'installation des ouvrages de protection sur le littoral Ouest da la baie de Bejaia a mis en évidence la présence des profils topographiques en érosion avec une position du rivage instable qui oscille entre recule et avancée.</li> <li>- Les côtes à une hauteur de très haute notation de risque (52,77%) enregistrent des taux d'évolution qui oscillent entre -0.75m/an et 2.25m/an (Sidi Ali Behar),(Ayadi, 2016).</li> <li>- Activités anthropiques importantes (tourisme, port, bati...).</li> </ul>

## Chapitre V : Gestion et protection des côtes

<b>Secteur oriental</b>	<b>Beni Kesila</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plage Azaghar</li> <li>- Plage Forte</li> <li>- Plage Beni Kesila</li> <li>- Plage Ait Mendil</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zone peu urbanisée.</li> <li>- Plages subissent des formes d'accumulation importantes.</li> <li>- Zone à vocation touristique en période estivale.</li> <li>- L'installation des cages flottantes au large pour le développement du secteur halieutique.</li> </ul>
	<b>Boukhelifa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plage Meghra</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pente faible le long du tronçon côtier, ce qui provoque des risques d'inondation très élevée ainsi que l'élévation du niveau de la mer.</li> <li>- Erosion intense avec des taux d'évolution qui oscillent entre -0,75m/an à -2,25m/an.</li> <li>- La frange littorale présente 52,77% des plages à risque très élevée, (Djonder et al, 2016).</li> </ul>
	<b>Souk EL Tenine</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plage Ighil Hsein</li> <li>- Plage El Nouar</li> <li>- Lota Plage</li> <li>- Plage Souk El Tenine</li> <li>- Plage Tassabount</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Des études révèlent que plus de 7km de la côte à faible risque, où on enregistre des taux s'accroissement oscillant entre +0,75m/an et +1,89m/an le long du tronçon ouest et centre de Souk El Tenine.</li> <li>- La zone se caractérise par des pentes faibles moins de 3%, ceci provoque des risques très élevés de la submersion marine. (Aoudj et al, 2018).</li> </ul>
	<b>Melbou</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plage Tassift El Marsa</li> <li>- Plage Agarioun</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Urbanisation rapide le long de la côte (zone fortement peuplé).</li> <li>- Extraction abusive du sable et du gravier dans les plages et les lits des oueds (oued Agrioun).</li> <li>- Erosion importante due à la diminution des stocks sédimentaires entrés par oued Agarioun.</li> <li>- Augmentation de la pollution (rejet domestique, eaux usées...).</li> <li>- Pente varie entre 3% à 6% présente un indice de risque, ( Ayadi, 2016).</li> </ul>

D'après l'analyse des tableaux ci- dessus, pratiquement toutes les plages subissent le phénomène de littoralisation et de la bétonisation avec la mise en place des ouvrages de défense durs contre les agressions marines (brise-lames, épis, digues), ce qui accélère leur régression. Constatons que le littoral Algérien connaît une érosion évolutive et exponentielle.

## Chapitre V : Gestion et protection des côtes



Photo V.1 : Les causes et conséquences de la dégradation des côtes.

### **II. Les méthodes de protection :**

Pour assurer la durabilité et la naturalité des zones côtières, faut tirer profit des méthodes et des projets qui sont effectués que ce soit au niveau national ou international, c'est une technique de comparaison qui s'est transformée en une véritable méthodologie appelée le benchmarking.

#### **II.1. Benchmarking :**

##### **b. Définition**

Le benchmarking est un processus permanent la recherche systématique des meilleures pratiques et des innovations dans le but de les adopter, les adapter et les appliquer à une grande performance. Il consiste à la recherche des méthodes les plus performantes pour une activité donnée, permettant d'assurer une supériorité par rapport à la concurrence. Il constitue un outil privilégié de suivi de l'environnement et de gestion de changement pour détecter des opportunités ou solutions d'amélioration, (Laurent et Pierre, 2010).

##### **c. Objectif de la méthode :**

Le processus benchmarking vise plusieurs objectifs :

- Motiver le personnel ;
- Importer des solutions qui ont fait leurs preuves ;
- Rester en harmonie avec le changement qui s'opère en dehors de l'entreprise ;
- Apporter de nombreuses pistes d'amélioration et de bonnes pratiques pour la démarche qualité de l'entreprise.

##### **d. Les étapes de réalisation du benchmarking en maritime :**

Les domaines d'applications du benchmarking sont multiples (Industrie, économie, communication, environnement, maritime...). En gestion des projets et de protection du littoral le benchmarking vise à comparer les stratégies gagnantes en appliquant les meilleures pratiques.

En maritime, ce processus se déroule en cinq étapes majeures (Figure V.1) :

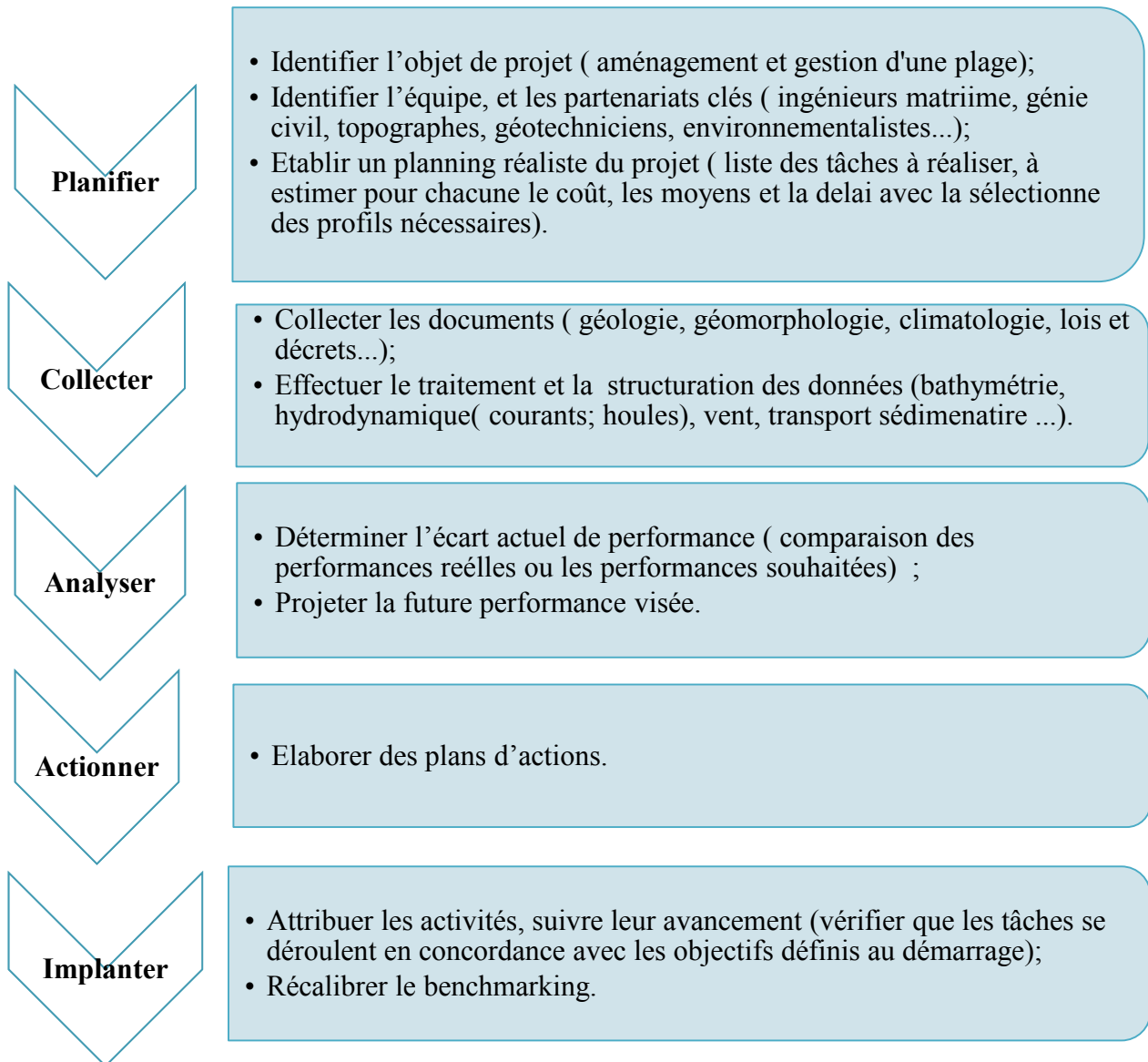


Figure V.1: Schéma représentant la démarche méthodologique de Benchmarking

### II.2. La protection souple des plages :

Plusieurs méthodes de protection douce sont aujourd'hui utilisées, citons quelques une :

#### a. Le processus de l'Ecoplage :

C'est un procédé, mis au point par l'institut géotechnique danois, consiste à drainer la plage son principe est simple : lorsque les vagues déferlent sur la plage l'eau s'infiltré dans le sol en déposant les particules de sable en suspension. C'est-à-dire drainer la plage dans la zone du jet de rive pour diminuer le transport des sédiments par la nappe de retrait.

Il consiste à enterrer sous la plage un système de drains parallèles au trait de côte. Ces drains sont reliés à un collecteur couplé à une station de pompage. Une fois infiltrée, l'eau de mer est ensuite aspirée par la pompe ; une canalisation de refoulement restitue à la mer l'eau ou réutilisée (piscine, pisciculture..), Tandis que le sable est retenu sur la plage, l'engraissement de la plage est favorisé.

### Exemple :

En hiver 2018/2019, un système de drainage de 95m mis en place sur la plage de la Baule qui se trouve à l'Ouest de France dans le département de la Loire-Atlantique ; région pays de la Loire, pour lutter contre l'érosion et alimenter la piscine aquaBaule en eau de mer.

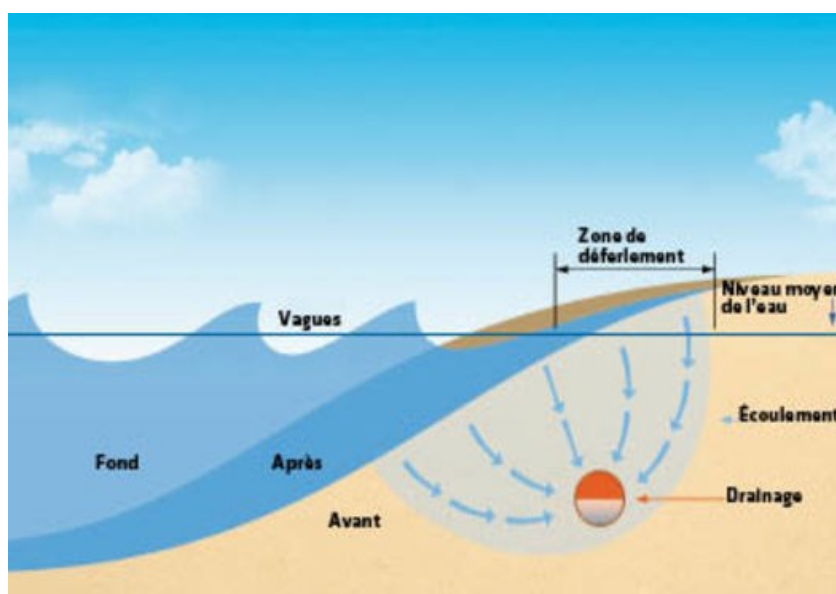


Figure V.2: Image représentative du système de drainage (<http://www.sur-la-plage.com>)

### b. La technique STABIPLAGE :

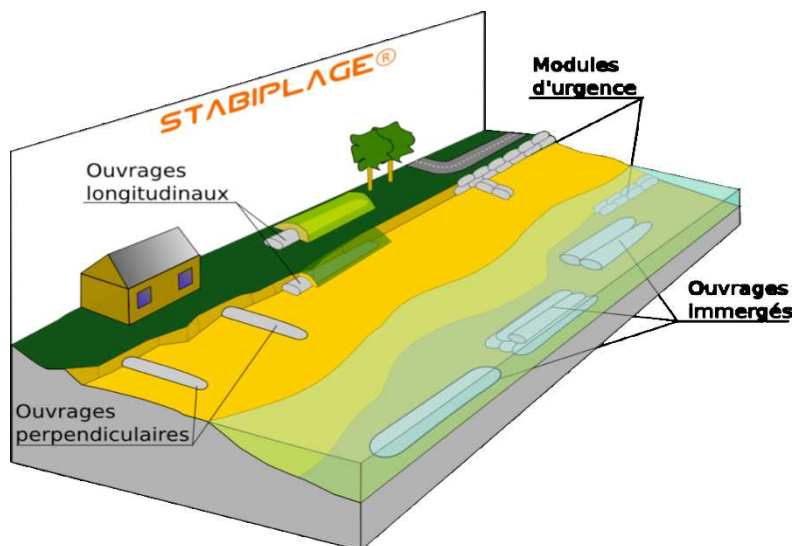
La technologie STABIPLAGE utilisée pour lutter contre l'érosion marine est développée depuis 1997 par la société Espace Pur, utilise la dynamique sédimentaire pour conserver et recharger naturellement la plage de sable.

Cette technique s'appuie sur l'utilisation de structures conçues « sur mesure » et implantées suivant les caractéristiques physiques du site. Son principe fondamental repose sur le captage, l'accumulation et le maintien en place des sédiments transportés par les houles, les courants et les marées, tout en favorisant l'intégration paysagère des ouvrages.

Le STABIPLAGE est une structure multicouche conçue à partir de matériaux géocomposites (minimum 2 couches : un filtre perméable recouvert d'une carapace résistant à l'abrasion, aux UV, aux alcalins, micro-organismes, etc...). Il forme une enveloppe fermée mais perméable, qui une fois injectée de sédiments, constitue un corps monolithique de section elliptique diminuant ainsi les phénomènes réfléchissants.

### Exemple :

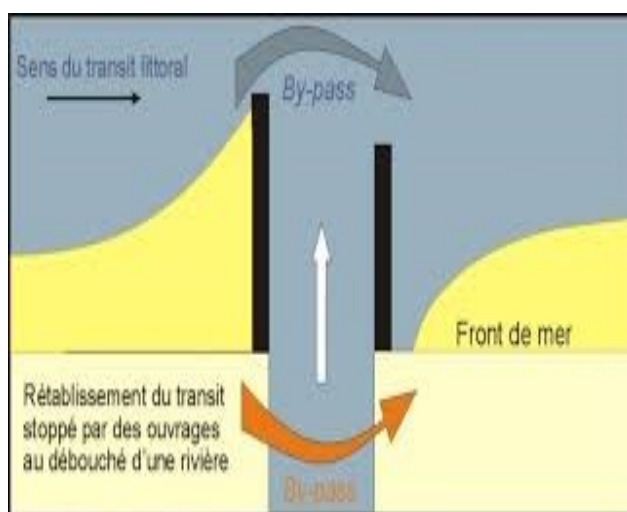
En Juin 1999, cette technique installée sur la plage de l'Anse du Stole localisée sur la commune de Ploemeur en France pour la protéger contre l'érosion, après trois mois de fonctionnement de la technique STABIPLAGE le stock sédimentaire est stabilisé.



**Figure V.3:** Image illustrative de l'emplacement des ouvrages de la technique STABIPLAGE (<http://www.stabiplage.com>).

### c. Le by-passing :

Le by-passing aussi appelé pontage sédimentaire, est un transfert artificiel de sédiments, a pour objectif de rétablir le blocage de la drive littorale, où le transport sédimentaire est bloqué par un obstacle naturel (cap rocheux, débouché de cours d'eau...) ou anthropique (digues, épis, brise-lames...).



**Figure V.4:** Image représentative du système de by-passing (<http://infoterre.brgm.fr/>)

Ce transfert de sédiment peut être soit :

- **Hydraulique :**

Par l'installation d'un système de succion d'un mélange de sable et d'eau dans la zone de dépôt (en amont de l'obstacle) et de refoulement (en aval de l'obstacle).

- **Mécanique :**

Par l'acheminement des sables et galets d'une zone à l'autre par camions ou par moyens nautiques (dragues).

**Exemple :**

Le système By-passing implanté en 2001 au niveau de la rivière « Tweed River » en Australie, pour objectif de maintenir l'accès à l'embouchure de la rivière et d'approvisionner les plages du Sud de la Gold Coast (en Australie) situées à l'aval de la dérive littorale, (De La TORRE et al, 2014).

**d. Récifs artificiels :**

Les récifs artificiels disposés sur l'avant-côte ou l'avant-plage, ont pour objectif de diminuer l'action des vagues sur les plages, ils ralentissent la dérive littorale, maintiennent les sédiments et favorisent l'engraissement de l'estran. Ils jouissent un rôle comme étant des brise-lames immergés.

En 1999, au niveau de la plage Narrow Neck en Australie des ouvrages en géotextiles installés pour double objectif : de diminuer l'énergie de la houle et d'optimiser le déferlement, (De La TORRE et al, 2014).



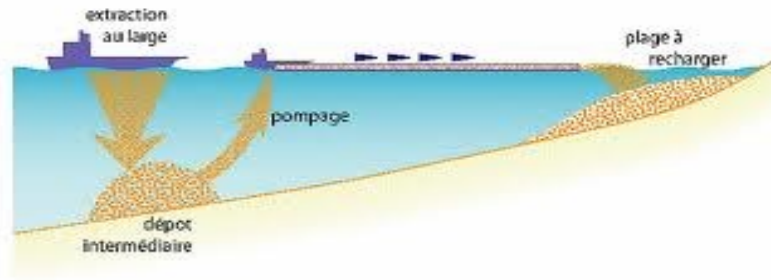
**Photo V.2:** Récif artificiel (<https://www.futura-sciences.com/>)

**e. L'engraissement artificiel :**

Les rechargements de plage ont pour objectif de compenser le déséquilibre du littoral dû à l'érosion, c'est d'alimenter la plage en matériaux (sables, galets) qui sont exogènes de la cellule sédimentaire, à granulométrie assez grossière que celle de la plage et qui présente une grande porosité, absorbe l'énergie de la houle. Ces sédiments de rechargement peuvent être d'origine de carrières terrestres, ou des sédiments qui se trouvent au large en mer.

### Exemple :

Le rechargement artificiel des plages est une technique utilisée en plusieurs plages telle que : Virginia plage en USA, et La Baule plage en France, (De La TORRE et al, 2014).



**Figure V.5:** Schéma représentatif du rechargement artificiel avec les sédiments du large. (<http://laposidonie.e-monsite.com>).

### f. Les ouvrages en géotextiles :

Ils maintiennent le sable derrière l'ouvrage, sous forme de sacs ou de boudins perméables remplis de sable, et peuvent être déployés perpendiculairement (comme épis lorsque la dérive littorale domine) ou longitudinalement par rapport au rivage.

### Exemple :

Des géo-tubes installés sur la plage de la Manche, en France, pour objectif de minimiser l'érosion.



**Photo V.3:** Les ouvrages en géotextile (<https://www.memoireonline.com>)

### g. Réhabilitation du cordon dunaire :

Les dunes présentent une source d'alimentation importante pour la plage, l'objectif de leur gestion est multiple il s'agit à la fois de protéger l'arrière pays, de conserver un écosystème, et d'économiser une ressource sédimentaire. La réhabilitation des dunes se fait par plusieurs processus :

- **Les brise-vents :**

Ils luttent contre l'érosion éolienne, et qui sont perpendiculaires à la direction du vent dominant réduisent ainsi la vitesse du vent à proximité du sol ce qui limite la déflation et le dépôt des sédiments. Les brise-vents sont à base de palissades de végétaux (bruyère à balais, etc...), ou des planches en bois (ganivelles).



**Photo V.4 :** Des brise-vents en bois (<https://www.sudouest.fr>)

- **Plantation des végétaux :**

Les végétaux utilisés permettent de fixer et limiter la perte des sédiments, par l'action éolienne, ils sont à la fois psammophile et halophile.



**Photo V.5 :** Plantation de la l'oyat sur les dunes (<https://www.zoom-nature.fr/>)

### Exemple :

En 2018, un projet de «Rehabilitation et reconstitution du complexe écologique du lac Tamellaht de Béjaia» a été élaboré avec l'ensemble des organisateurs et partenaires, (CNL,2019) :

- Commissariat National du Littoral – Direction Générale et Antennes (CNL)
- Association Assirem Gouraya;
- Conservation des Forêts de la Wilaya de Bejaia (CFB)
- EPB Béjaia;

### Avec la participation:

- EPWG CET de Béjaia;
- Unité de Conservation et Développement de la Faune et la Flore (UCD) ;
- Direction de l'Environnement (DEW) ;
- Direction de l'Aéroport de Bejaia (DAB);
- Acteurs économiques public et privé;
- Presse Ecrite et audiovisuelle, Radio Soumam.

Les travaux de mise en défense ont été réalisés en trois phases :

Première phase : phase de préparation ;

Deuxième phase : phase mécanique avec la mise en place, des brises vent au niveau du cordon dunaire ;

Troisième phase : phase biologique avec la plantation de l'Oyat sur le site.

Parmi les objectifs de ce projet :

- Réaliser l'Inventaire géo référencés des cordons dunaires ;
- Amélioration du cadre paysager du lac ;
- Freiné la dégradation des espaces littoraux, due à l'implantation d'activités nuisibles et l'érosion côtière ;
- Contribution au développement économique et promotion de l'équité sociale ;
- Imbriquer une dynamique globale de préservation de la zone côtière et un suivi permanent pour protéger les milieux lacustres.

### Exemple de protection d'une plage Algérienne :

En Algérie, la protection des plages se fait généralement par l'installation d'une protection lourde (brise-lames, épis...), le recours vers une protection souple est nécessaire en vue de son harmonie avec la nature et sur un plan économique moins coûteuse.

Nous proposons une protection mixte pour la protection de la plage d'Aokas centre (Béjaia) : par la mise en place de la technique STABIPLAGE accompagnée par des ouvrages en géotextiles, avec l'installation des ouvrages en position transversale et/ou longitudinale selon les caractéristiques physiques de site, afin de minimiser l'érosion de cette plage qui mesure 700m de longueur et 60m de largeur, qui se dégrade de plus en plus et qui pourra endommager le réseau routier et les habitations qui se trouvent sur cette plage.



Photo V.6 : La plage d'Aokas centre (<https://plagesalgerie.jimdofree.com>)

### II.3. Complexes touristiques écologiques :

Le tourisme est un secteur dynamique en termes de croissance économique, afin de le renforcer en Algérie et augmenter son apport socio-économique et pour un développement global (national et international), en ce qui suit nous allons essayer de proposer l'ensemble des solutions par la mise en place d'un dispositif d'aménagement, orienté vers une pratique sélective et un usage familial (complexes touristiques, stations balnéaires..) cela permet d'une part d'améliorer l'esthétique des zones côtières et d'accueillir le maximum de touristes d'autre part.

Pratiquement, la majorité des infrastructures qui se trouvent près du littoral sont construites généralement avec des matériaux solides (Béton), notre objectif est de rendre à la nature son droit, ceci avec des constructions à base des matériaux plus résistants et durables tel que le bois. Ce dernier est très utilisé en Europe, Canada et les Etats-Unis.

Le recours au bois est due aux plusieurs avantages :

- La longévité et durabilité : il présente une forte résistance à la rupture et aux conditions climatiques ;
- L'isolation : le bois est 15 fois isolant que le béton ;
- La construction rapide : plus rapide à construire un chantier avec le bois car ce dernier ne nécessite pas le temps de séchage ;
- Il est solide tant en étant léger, et recyclable à 100%, 0 déchets.

En se référant aux cartes différentielles réalisés entre 1972 et 2019 (Figure III.23), et vu la forte régression qui domine la zone côtière, nous allons proposer une liste des plages pour la mise en place des complexes touristiques écologiques (Tableau V.11).

**Tableau V.11** : Tableau indiquant les zones d'installation des complexes touristiques écologiques

Secteur	Baie/Golfe Algérienne	Commune côtière	L'emplacement de complexe touristique écologique
<b>Oriental</b>	Golfe de Béjaia	• Beni Kesila	Plage de beni Kesila
	Golfe de Skikda	• Ben Azouz	Plage de Kef Fatema
<b>Central</b>	Baie d'Alger	• Hraoua	Plage El kadous
	Baie de Zemmouri	• Cap Djinnned	Plage de Cap Djinet
		• Zemmouri	Plage El sghirate
<b>Occidental</b>	Golfe d'Oran	• Ain Témouchent	La plage de Sbiaat
		• Oran	La plage de Madagh
	Golfe d'Arzew	• Mostaganem	Ouryeah plage

### Conclusion :

Pour assurer un développement durable de la zone côtière Algérienne avec ces trois piliers : social, économique et environnemental, la stratégie GIZC doit être applicable, avec la consolidation des acquis institutionnels et législatif pour une meilleure planification tout en intégrant les différents acteurs agissant en cette zone, créer des richesses en empêchant la dégradation des milieux naturels.

# **Conclusion générale**

---

### Conclusion générale :

Au terme de ce travail qui nous a été confié, ayant pour objectif d'établir une analyse multiscalaire et multifactorielle et l'évolution du comportement géomorphologique du littoral Algérien entre 1972 et 2019. Une étude plus au moins poussée, a été entreprise dans ce contexte, et a débuté par la collecte de données relatives aux milieux dynamiques dans les différents domaines (géomorphologie, géologie, climatologie, océanographie...).

La compréhension globale des processus mis en jeu est bien souvent délicate et nécessite des études pluridisciplinaires. Dans cette étude, nous avons englobé cinq volets tous importants les uns que les autres à savoir : la bathymétrie, l'évolution différentielle entre 1972 et 2019, la réfraction de la houle, l'étude courantologique et enfin la proposition des solutions de protection douces contre l'érosion et la dégradation des côtes.

L'étape suivante est l'acquisition des données, pour commencer, nous avons développé une méthodologie dans laquelle on a effectué plusieurs études à l'aide de logiciel de cartographie (ArcGis ® ESRI). Cette méthode repose sur une base de données spécifique pour chaque zone ainsi que l'élaboration d'une approche multiscalaire et multifactorielle sur une échelle spatio-temporelle entre 1972 et 2019.

L'étude diachronique au niveau des différentes baies et golfes Algériens basée sur l'exploitation des données numériques de 1972 et 2019 (évolution sur une période de 47 ans), en les combinant et les superposant, afin d'élaborer des cartes différentielles qui permettent une lecture globale des cartes où on constate que la frange littorale se caractérise par un taux d'érosion très élevé, et des formes d'accumulation vers le large.

L'analyse des résultats de l'évolution spatio-temporelle des fonds marins montre que les zones de secteur oriental (golfe d'Annaba, golfe de Béjaia, golfe de Skikda) sont les plus affectées par le phénomène d'érosion par rapport aux zones des secteurs central et occidental.

La complexité des comportements géomorphologiques et morphodynamiques est générée d'une part, par les contraintes morphologiques et bathymétriques qui contrôlent les processus d'échange sédimentaire, et d'autre part, par la multiplicité des interactions nature/société.

Ensuite, avec l'utilisation du logiciel Mike21 on est arrivé à la cartographie et la reconnaissance des fonds marins, en abordant l'étude bathymétrique qui révèle que le fond marin de nos zones d'étude se caractérise par un relief relativement irrégulier. Les cartes présentent une morphologie particulière caractérisée par des pentes raides près de la côte qui s'adouissent vers le large. Les différentes formes sous marines susceptibles d'influencer l'évolution hydrodynamique et de ce fait l'effet érosif des vagues.

La méthodologie mise en avant dans ce travail a réussi à valoriser les apports de la modélisation numérique par la manipulation du modèle de calcul SW. Cette partie nous a également permis d'exploiter les caractéristiques de la houle au large, avec une estimation de sa direction et de sa hauteur significative à la côte. Cette étude nous donne une explication de l'une des causes de l'érosion, à savoir la concentration de la houle sur un segment de la zone côtière, aussi l'impact de l'hydrodynamisme sur les zones d'étude qui se trouvent exposées

## Conclusion générale

---

fortement aux houles de secteur N, NE et NW pour le secteur oriental incluant la baie d'Alger et NNE, NE et W pour le secteur occidental incluant la baie de Bou-Ismaïl, leur énergie est atténuée du large vers la côte.

Une approche courantologique aurait été un complément non négligeable dans le volet hydrodynamique. Cette étude a servi à parfaire les caractéristiques des courants en zone littorale : les profils longitudinaux (Long-Shore) et verticaux (Cross-Shore) sur des bathymétries plus complexes. L'orientation de ces courants est fortement dépendante de l'importance de la zone de Fetch et de l'orientation des vents dominants. Dans notre cas, la dérive littorale dominante est orientée suivant deux principales trajectoires NE-SW et NW-SE.

La dimension multifactorielle de l'approche adoptée dans le cadre de ces travaux a permis d'analyser la complexité de l'occurrence des processus érosifs aux abords des petits fonds des baies et golfes Algériens en mettant en évidence les interactions contraintes naturelles–contraintes anthropiques dans les mouvements de dégradation surfacique des côtes, opérant à plusieurs échelles de temps et d'espace qui seraient à l'origine de cette détérioration. Pour faire face à cette érosion nous avons présenté certaines techniques de protection douce.

En effet, la protection de littoral Algérien est une principale problématique du jour, où plusieurs décisions devront être prises en matière de sa préservation, en vue d'un développement socio-économique, pour cela il faut sensibiliser tout les secteurs de cet enjeu. Ce qui fait appel à une gestion intégrée des zones côtières (GIZC) pour un littoral urbain, durable et intelligent.

Les travaux effectués en ce mémoire de fin d'étude, peuvent construire une base de données qui servira aux prochaines études similaires d'une part, et soulèveraient de nouveaux questionnements qui pourraient faire l'objet de thèses ultérieures et perspectives de recherche dans le domaine de gestion et de protection du littoral afin d'améliorer et de développer le littoral Algérien d'autre part.

# Références bibliographiques

---

## A

**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 et Skikda) Cas d'étude : Sidi Fredj. Mémoire d'ingénieur. Aménagement du littoral. Alger : ENSSMAL, p 171.

**AL SID CHIKH, S et al. (2011).** Etude de protection contre l'érosion de la plage de Palm Beach-Azur, commune de Zéralda, Alger. Recours aux modèles réduits physiques à fonds fixe et mobile.

**ANTHONY, E-J, (2014).** The Human influence on the Mediterranean coast over the last 200 years : a brief appraisal from a geomorphological perspective. Géomorphologie: relief, processus, environnement 20:219-226.

**AOUDJ, Ch., et al. (2018).** Comparaison de l'évolution morphologique entre les littoraux de : Béjaïa (Nord Est Algérien) et Saïdia (Nord Est Marocain). XVèmes Journées Nationales Génie Côtier - Génie Civil, Revue Paralia, La Rochelle FRANCE, p 157-164.

**AOUDJ, Ch ., BOUAZIZ, T. (2014).** Fonctionnement et dynamique morpho-sédimentaire du littoral Est de Béjaïa. Mémoire d'ingénieur. Aménagement du littoral. Alger : ENSSMAL ,p 150.

**AUZENDE, J-M. (1978).** Histoire tertiaire de la Méditerranée occidentale. Article scientifique. Science naturelle. Université de Paris VII, P232.

**AYADI, K et al. (2016).** Detection and analysis of the historical variation in the shore line using digital aerial photos, satellites : Case of the Bejaïa bay. Article

**AYADI, K (2016).** Les variations historiques de trait de côte, érosion côtières dans la baie de Béjaïa, Modélisation de transport sédimentaire et impacts des ouvrages en mer.

## B

**BELAIAR, G. (1990).** Structure, fonctionnement et perspectives de gestion de quatre écosystèmes lacustres et marécageux (El Kala, est algérien). Thèse de doctorat de spécialité. Université des Sciences et techniques du Languedoc (Montpellier-France), p 193.

**BELKHERROUBI, Z., BELGUERGUID, A. (2017).** Evaluation du risque d'érosion de la plage Est de Sidi Fredj. Mémoire d'ingénieur. Aménagement du littoral. Alger : ENSMMAL, p 206 .

**BELAIDI, S., HAMDOS, Y. (2016).** Etude hydrosédimentaire du rivage de khemisti : Application de la modélisation numérique en domaine bidimensionnel par un progiciel de calcul MIKE 2. Mémoire Ingénieur. Aménagement du littoral. ENSSMAL, p174.

**BENLATRECHE, T. (2006).** Effets thermo-radiatifs et caractérisation microclimatique des cours intérieures dans les édifices publics. Mémoire de Magister. Architecteur. Constantine : Université Mentouri, p104.

**BENSAID, S. (2008).** Etude diachronique de l'artificialisation de la zone périurbaine Algéroise.

**BENYETTOU, M., BOUKLIKHA, A. (2017).** Variations et tendances des températures et des précipitations journalières en Algérie. Tlemcen : Université Abou Beker Belkaid, p155.

**BENZOHRA, M. (1993).** Les structures hydrodynamiques le long des côtes algériennes. Atelier sur la circulation des eaux et la pollution des côtes méditerranéennes du Maghreb, INOC, Izmir, p 33-44.

**BOUILLIN, J-P. (1986).** "Le bassin maghrébin": une ancienne limite entre l'Europe et l'Afrique à l'ouest des Alpes. France : Bulletin. Société géologique: Vol. (8) 4, p 547-558.

**BOURAS, D., BOUTIBA, Z.(2006).** Analyse et cartographie des risques littoraux (littoral oranais, Algérie nord occidental). Algérie : Bulletin. Science géographie. INCT, p 45-55.

**BOUTIBA, M. (2004).** Biodiversité marine et littorale algérienne. Algérie : SONATRACH, p 14-19.

**BOUTIBA, Z. (1992).** Les mammifères marins d'Algérie. Statut, répartition, biologie et écologie. Thèse de doctorat. Science de l'environnement et climatologie. Oran : Université d'Oran, p 575.

**BOUTIBA, Z. (1996).** La pollution : menace sur le peuplement marin en Méditerranée. Oran : 3ème colloque national climat - environnement «L'environnement côtier» (ARCE), p 230-242.

**BRAIK, D. (1989).** Etude de la dynamique sédimentaire devant Bou Isamïl : Sédimentologie -Morphologie - Problème d'érosion du littoral-Aménagement. Mémoire de magister en géologie marine. Alger : Université des Sciences et Techniques Houari Boumediène, p174.



**CALDERARO, N., LACROUTS, J. (2005).** Le littoral, protection, mise en valeur et aménagement des espaces littoraux. France.

**CARTER, R-W-G. (1988).** Coastal environments. An introduction to the physical, ecological and cultural systems of coastlines. London. Elsevier: Science and Technology. Livre, pp. 1 - 617.

**CATANZONO, J., THEBAUD, O. (1995).** Le littoral, pour une approche de la régulation des conflits d'usage Ed Masson, Paris. Elsevier: science and environnement . Livre, pp. 1 - 522.

**CNL, 2019.** Rapport sur Réhabilitation et reconstitution du complexe écologique du lac Tamellaht Béjaia .

## D

**DE LA TORRE, Y et al. (2014).** Inventaire et analyse des solutions douces de gestion de l'érosion côtière et applicabilité au littoral corse. Rapport final. BRGM/RP-63034-FR, 59 p.

**De Vriend, H.J et al.** Approaches to long-term modelling of coastal morphology. *Coastal Engineering*, 23, 305-327.

**DGPR . (2014).** (Direction Générale de la Prévention des Risques) Guide méthodologique: Plans de Prévention des Risques Littoraux. 169 p.

**DJAOUDI, R., HANTAL, A. (2018).** Géomorphodynamique de la zone côtière de la baie de Béjaia. Mémoire d'ingénieur. Aménagement du littoral. Alger : ENSSMAL, p119.

**DJONDER, F et al. (2016).** Evaluation de la vulnérabilité à la variation de niveau de la mer de la zone côtière de Bejaia.

**DOMZIG, A. (2006).** Déformation active et récente, et structuration tectonosédimentaire de la marge sous-marine algérienne. Thèse de Doctorat. Géologie marine. France : Université de Bretagne Occidentale.

## F

**Furlani, S et al. ( 2014 ).** La côte rocheuse de la Méditerranée et de la mer Noire. Dans DM Kennedy, WJ Stephenson, et LA Naylor (Eds.), *Géomorphologie Côte rocheuse: Une synthèse globale* (pp. 89 -, 123 Grand). Londres: Geological Society of London Geological Society, Mémoires de Londres, 40.

## G

**GHANEMI. , MOUSSAOUI. (2011).** Caractérisation lithologique et géotechnique des sols de la partie orientale de la baie d'Alger, Mémoire d'ingénieur. Aménagement du littoral. Alger : ENSSMAL, p 115.

**GRIMES, S. (2010).** Peuplements benthiques des substrats meubles de la côte Algérienne. Thèse de doctorat. Biologie et pollution marine. Oran : Université d'Oran, p362.

## H

**HADDOUCHE, M. (2003).** Etude de l'état de pollution de la baie de Bou-Ismaïl par les sels nutritifs et les métaux lourds en Juillet 2002. Mémoire Ingénieur. Aménagement du littoral. I.S.M.A.L, p 97.

**HADDOUCHE, Ch et BAOUZ, Y., (2018).** Etude de protection de la plage de la Verte Rive (Bordj El Kiffan). Mémoire Ingénieur. Aménagement du littoral. ENSSMAL, p 143.

**HATTABI, M., KADDOUR, H., (2018).** Impact de l'élévation de niveau de la mer et des tempêtes sur l'évolution morpho dynamique de la région Est de la baie d'Alger : simulation numérique des processus hydro-sédimentaires. Mémoire Ingénieur. Aménagement du littoral. ENSSMAL, p 155.

**HOUCINE , H., REDHA, B. (2010).** Pratique des systèmes d'information géographique (S.I.G). Pages bleues Internationales. Raffour 10041 (Bouira). Algérie. 196 p.

## K

**KADI, A. (1997).** La gestion de l'eau en Algérie. Hydrological Sciences (Journal des Sciences Hydrologiques), Vol.42, N°2, p. 191-197.

**KAMEL, S. (2006).** Initiation aux Systèmes d'Informations Géographiques sous ARCGIS Paris: Faculté des Sciences d'Orsay – Université Paris Sud XI (2006-2007).32P.

**KERKOU D , L .,MAOUCHE, A.,(2018).** Réaménagement de la plage de Jijel et son influence sur la résolution du problème d'ensablement du port de pêche de Boudis. Mémoire d'ingénieur. Aménagement du littoral. Alger : ENSSMAL, p 146.

**KHALFANI, D. (2014).** Etude hydro sédimentaire à l'avant côte de Cap Djinet wilaya de Boumerdes. Mémoire d'ingénieur. Aménagement du littoral. Alger : ENSSMAL, p 164.

**KHAOUNI, L. (2003).** Etude des variations spatio-temporelle des sels nutritifs et de l'oxygène dissous en baie de Bou Ismail. Mémoire d'ingénieur. Environnement. Alger: ENSSMAL, p. 30-40.

**KILANI, M. (2015).** Contribution à l'évolution de la pollution métallique sur le littoral de Tlemcen. Cas de l'anchois (*Engraulis encrasiclus*, L.1758).Mémoire de Master : Département de biologie. Université de Tlemcen, p 133.

**KRACHAI, N. (2006).** Impact des rejets urbains et industriels de la côte ouest de l'Algérie (cas de la baie d'Arzew).Diplôme Magister. Université des sciences et Technologie d'Oran. Département chimie industrielle. P 51.

**KROON, A. 1994.** Sediment transport and morphodynamics of the beach and nearshore zone, near Egmond, The Netherlands. Thèse de Doctorat, Univ. Utrecht (NL), 275 p.

## L

**LAURENT, H., PIERRE, A. (2010).** 100 questions pour comprendre et agir le benchmarking. AFNOR édition. p212.

**LECLAIRE. (1972).** Sédimentation holocène sur le versant méridional du bassin Algéro-Baléares (pré-continent Algérien). France : Muséum national d'histoire naturelle.p

**LEFEVREL, C.,(2011).** La gestion intégrée côtière et marine : nouvelles perspectives.

**Le hir P. ET ALL, 2001** ; Courants, vagues et marées : les mouvements de l'eau ; IFREMER ; programme scientifique Seine-Aval.

**M**

**MEDDE, (2011)**. Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie. France.

**MEZOUAR, Kh. (2009)**. Etude comparative entre les méthodes de protection des deux littoraux algérien et roumain. Thèse de doctorat. Géotechnique et fondation. Roumanie: Université Technique de Construction de Bucarest.p 417.

**MILLOT, C. (1987)**. Circulation in the western Mediterranean Sea. Oceanologica Acta, 10 (2): 143-149.

**P**

**PATW, (2014)**. Plan d'Aménagement du Territoire de la Wilaya d'Oran Phase 1'Evaluation territoriale et diagnostic. P40.

**R**

**RAMDANI, I, (2013)**. L'état de la mise en œuvre de la loi 02-02du 5 février 2002 de la protection et la valorisation de littoral dans la wilaya d'Annaba, Alger : ENSSMAL, p89.

**REFES, W. (2011)**. Contribution à la connaissance de la biodiversité des fonds chalutables de la côte algérienne : les peuplements ichtyologiques des fonds chalutables du secteur oriental de la côte algérienne. Thèse de doctorat. Sciences de la mer. Annaba : Université BADJÍ MOKHTAR, p 280.

**S**

**SELTZER. P., (1946)**. Le climat de l'Algérie. Edition la Typo-litho & J.C. (Alger), 219p.

**SMAHI, Z., (2019)**. Etude de la dynamique côtière de l'Ouest Algérien par l'utilisation de la télédétection et des systèmes d'information géographiques. Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed, p 101.

**SONU, C.J., (1973)**. Three-dimensional beach changes. Journal of Geology, 81, 42-64.

**SPM. (1984)**., Shore Protection Manual. Department of the Army, Waterways Experiment Station, Corps of Engineers, Coastal Engineering Research Center : Washington. Manuel, Vol. 1, pp. 1 - 26.

**W**

**WILDI, W. (1983)**. La chaîne tello rifaine (Algérie, Maroc, Tunisie) : structure, stratigraphie et évolution du Trias au Miocène. France : Géologie. Dynamique. Géographie. Physique., n°3 (24), p 201-297.

**WRIGHT, L.D., & Thom, B.G., 1977**. Coastal depositional landforms: a morphodynamic approach. Progress in Physical Geography, 1(3), 412-459

### **SITES WEBS**

[www.Sudhorizon.dz](http://www.Sudhorizon.dz)

[www.Algérie360.com](http://www.Algérie360.com)

[www.aps.dz](http://www.aps.dz)

[www.elwatan.com](http://www.elwatan.com)

[www.radioalgerie.dz](http://www.radioalgerie.dz)

[www.lessoirdalgérie.com](http://www.lessoirdalgérie.com)

[www.journalcarrefour.com](http://www.journalcarrefour.com)

[www.jounaléréflexion.dz](http://www.jounaléréflexion.dz)

[www.djazairess.com](http://www.djazairess.com)

[www.plageAlgérie.jindoFree.com](http://www.plageAlgérie.jindoFree.com)

<https://www.concarneau-cornouaille.fr/>

<http://www.sur-la-plage.com/>

<http://laposidonie.e-monsite.com/>

<https://www.zoom-nature.fr/>

<https://www.futura-sciences.com/>

<https://www.memoireonline.com>

<https://www.sudouest.fr>

<http://wavepower.ek.la>

<http://moving-coast-med.fr>

<https://www.epoc.u-bordeaux.fr>

<https://slideplayer.fr>

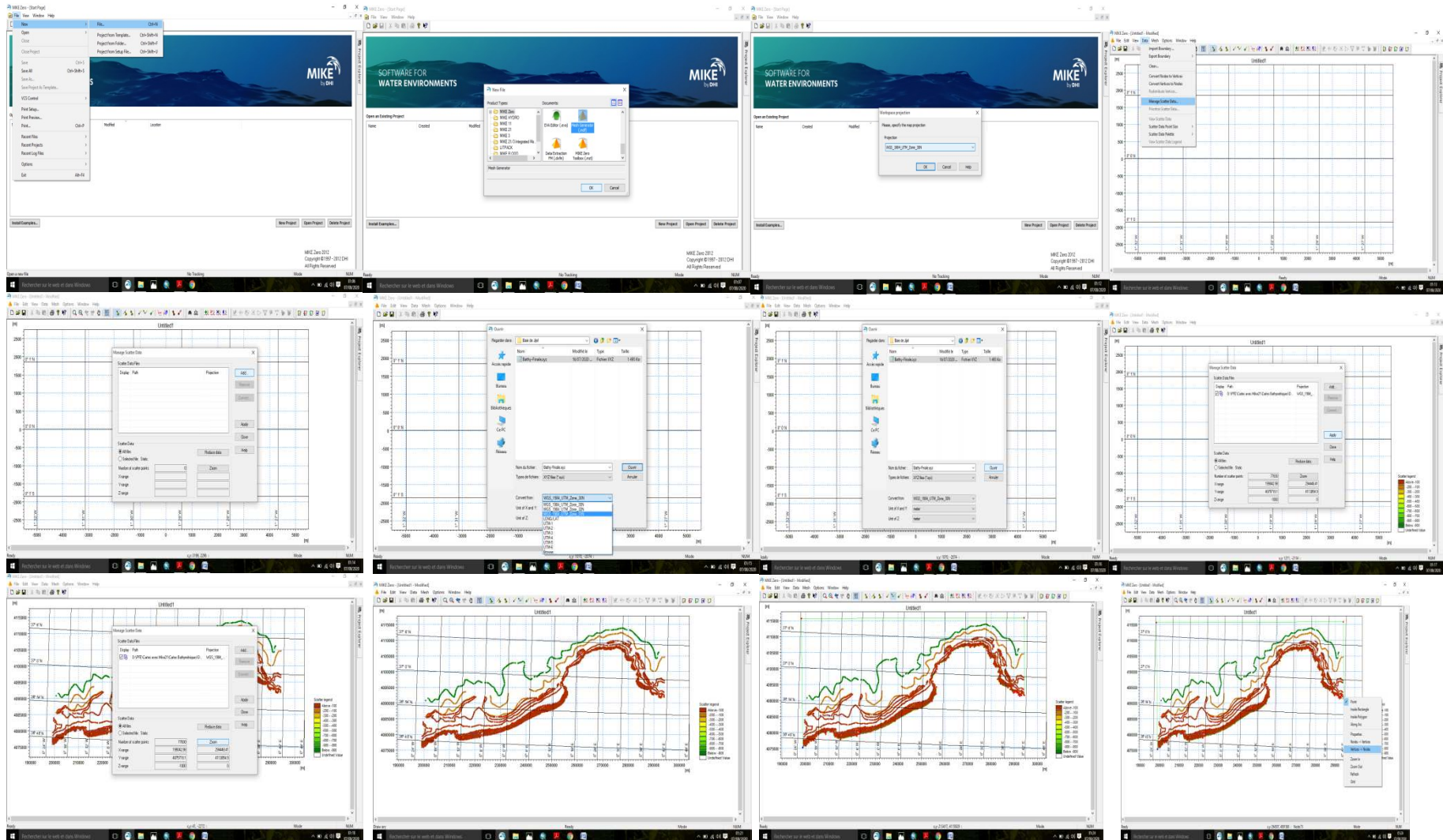
# ANNEXES

---

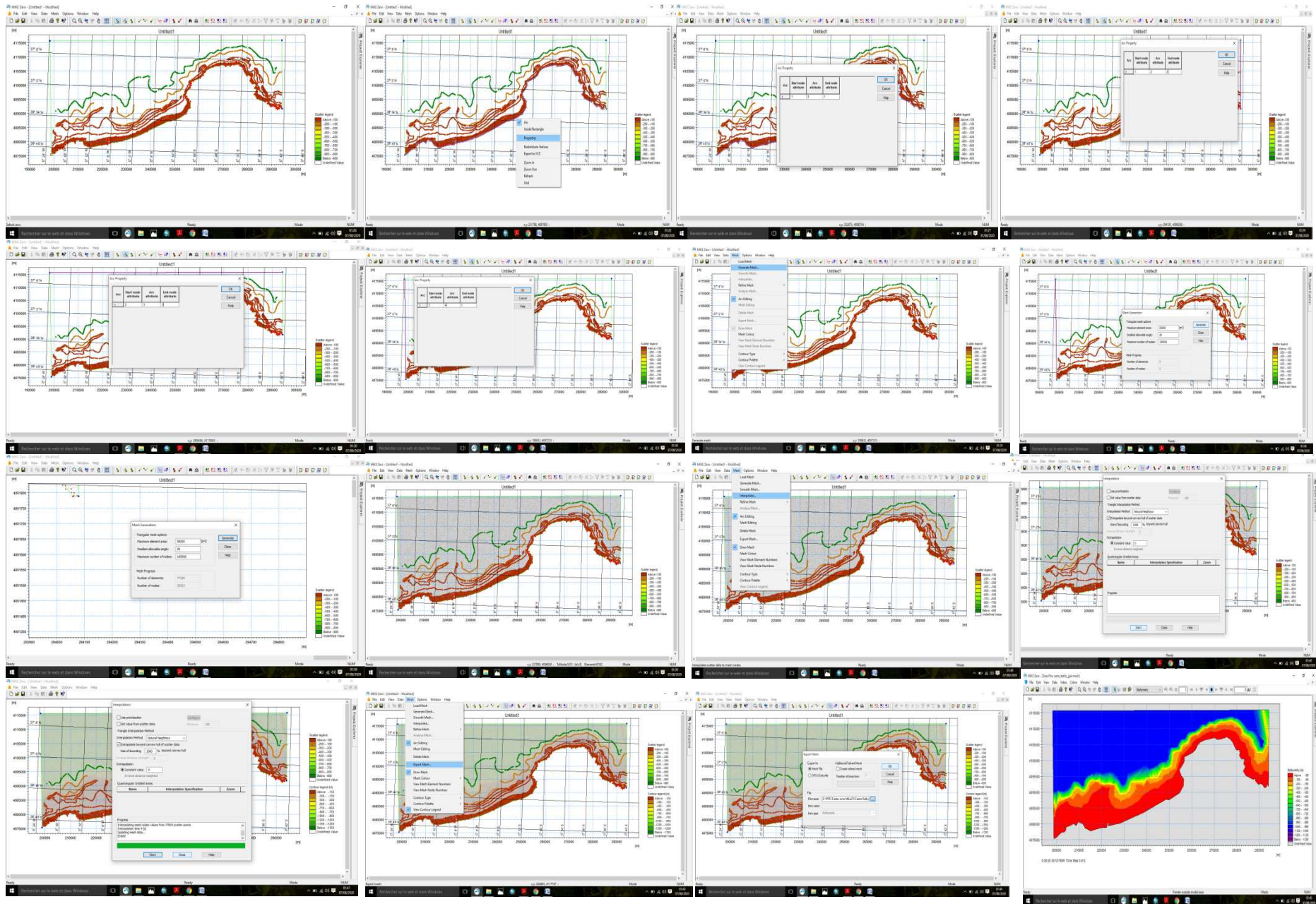
# ANNEXES

## ANNEXE I

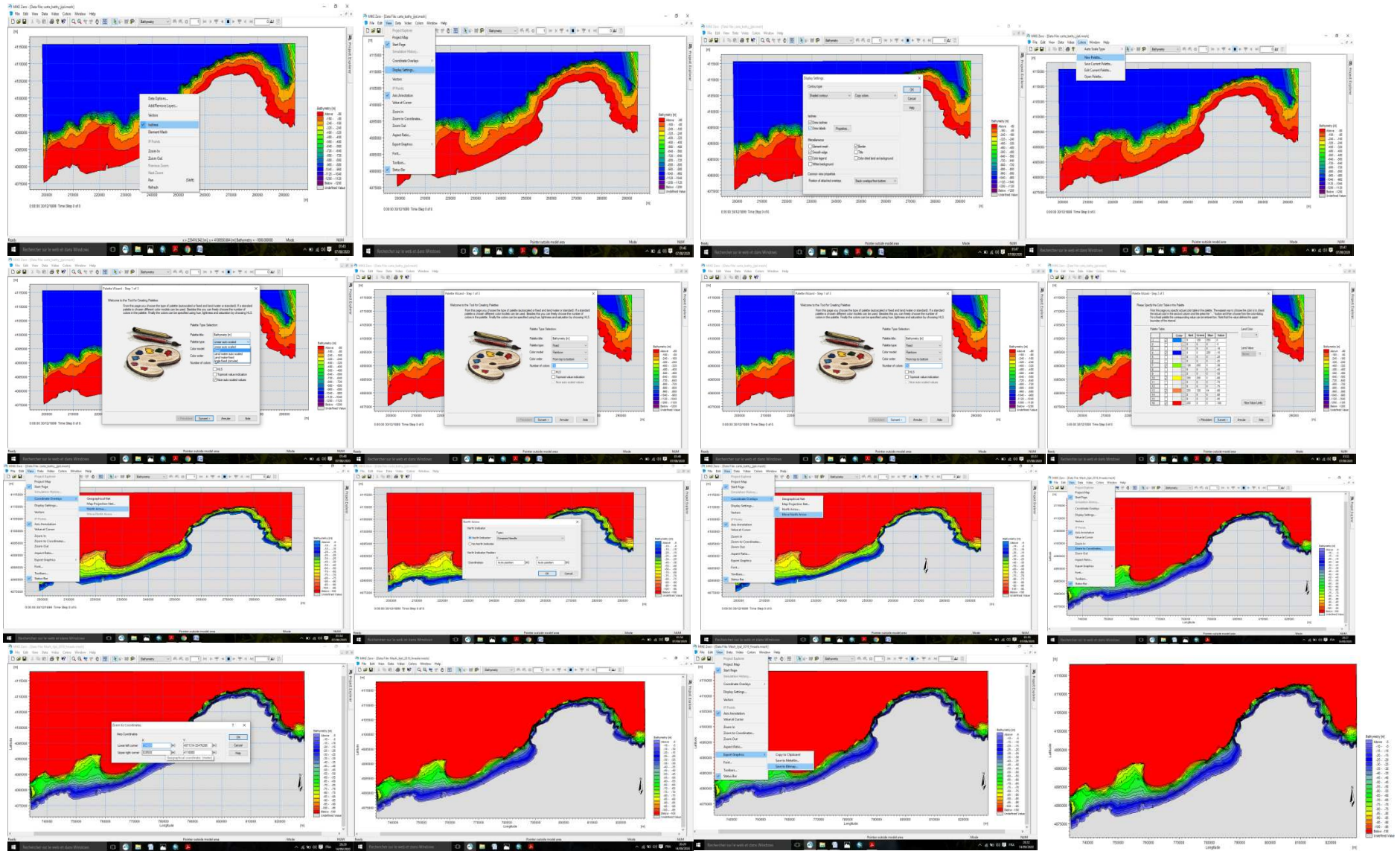
### Les étapes de réalisation d'une carte bathymétrique Avec Mike21



# ANNEXES



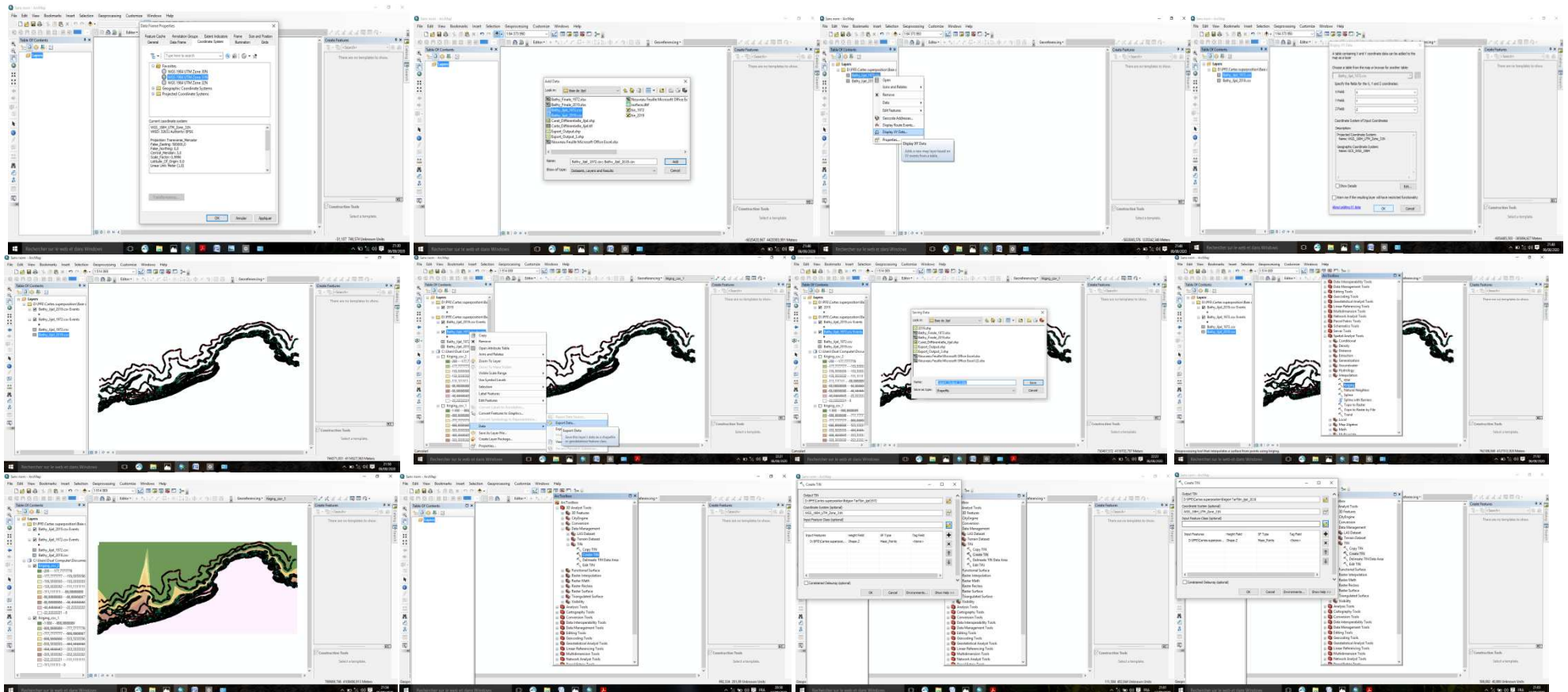
# ANNEXES



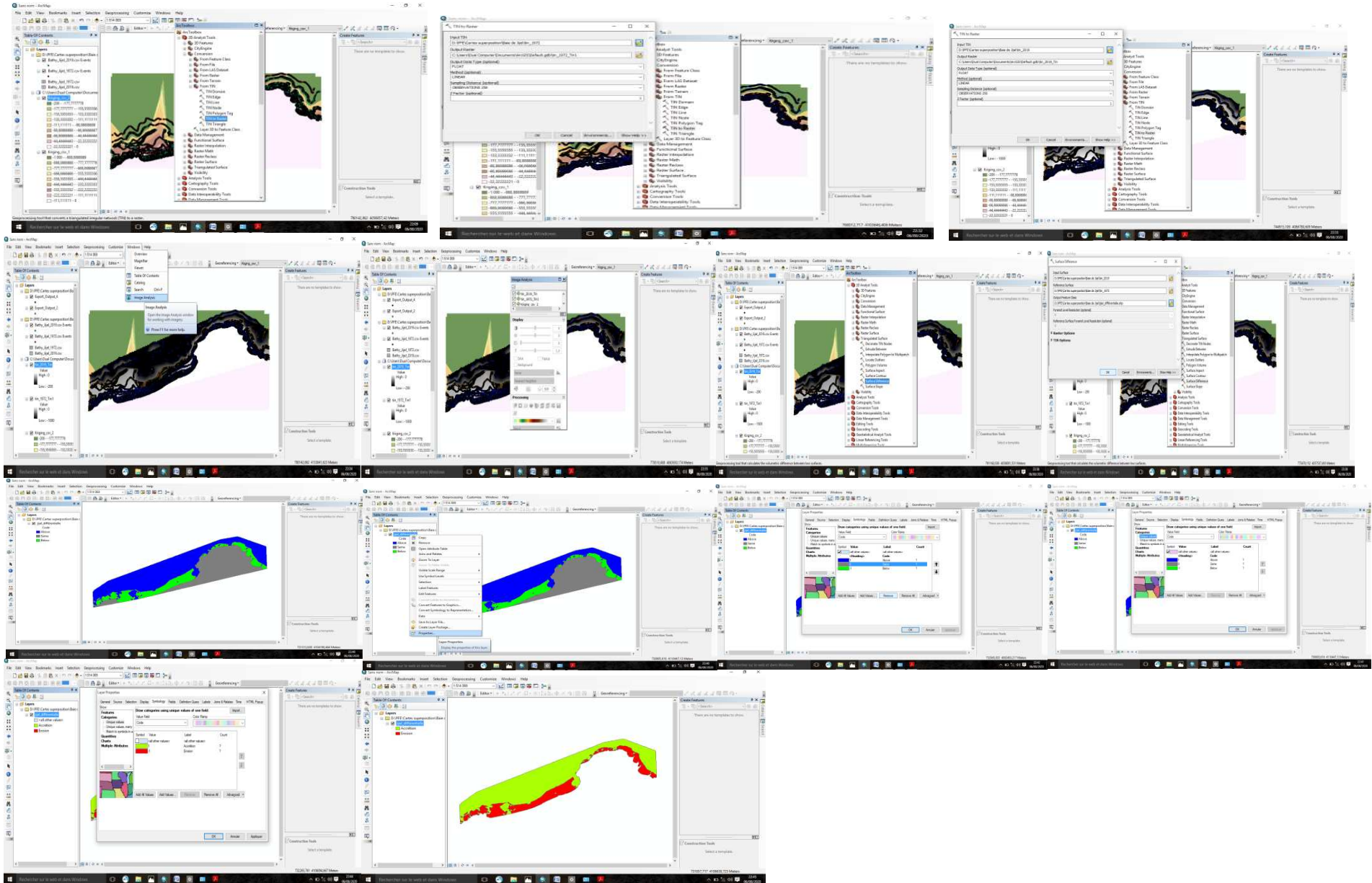
# ANNEXES

## ANNEXE II

### Les étapes de réalisation d'une carte différentielle

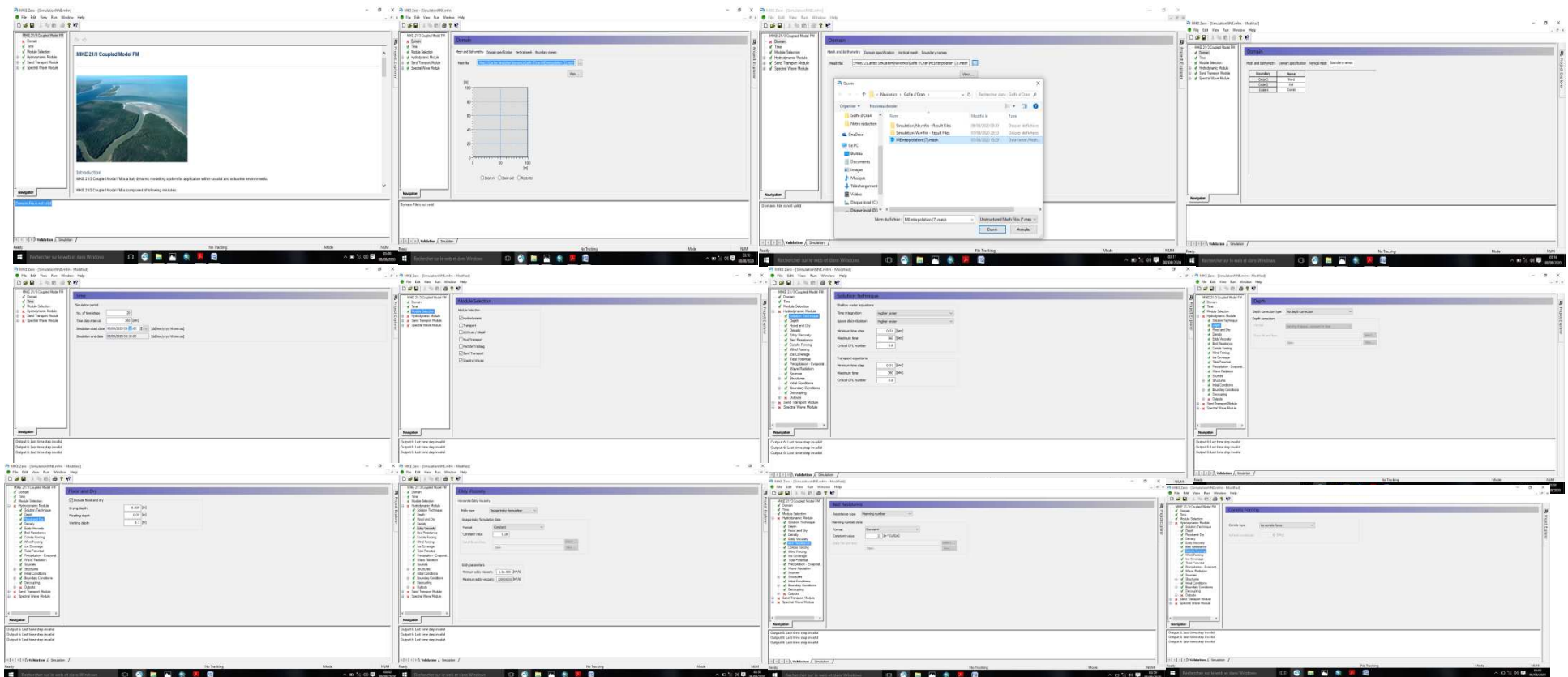


# ANNEXES

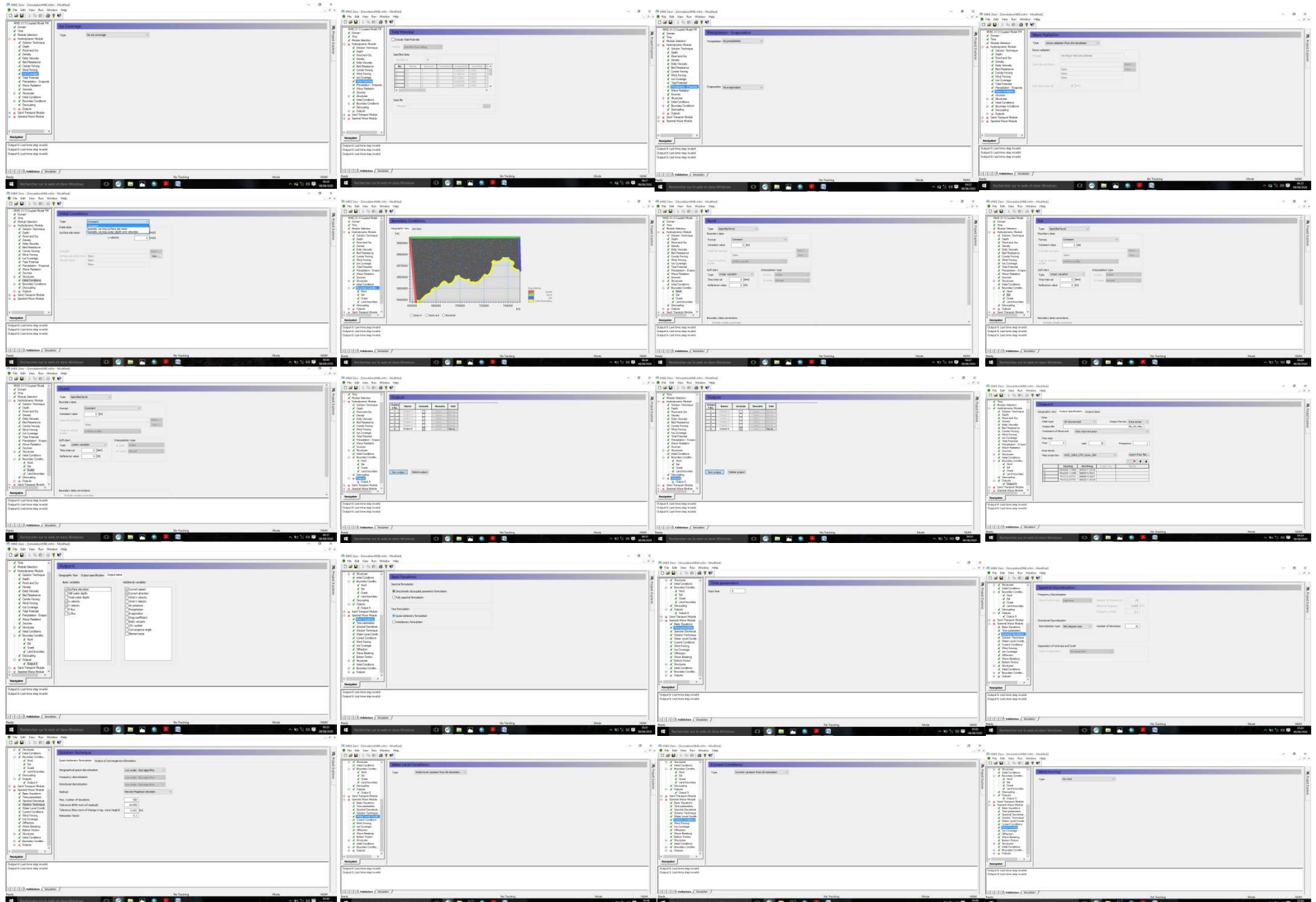


ANNEXE III

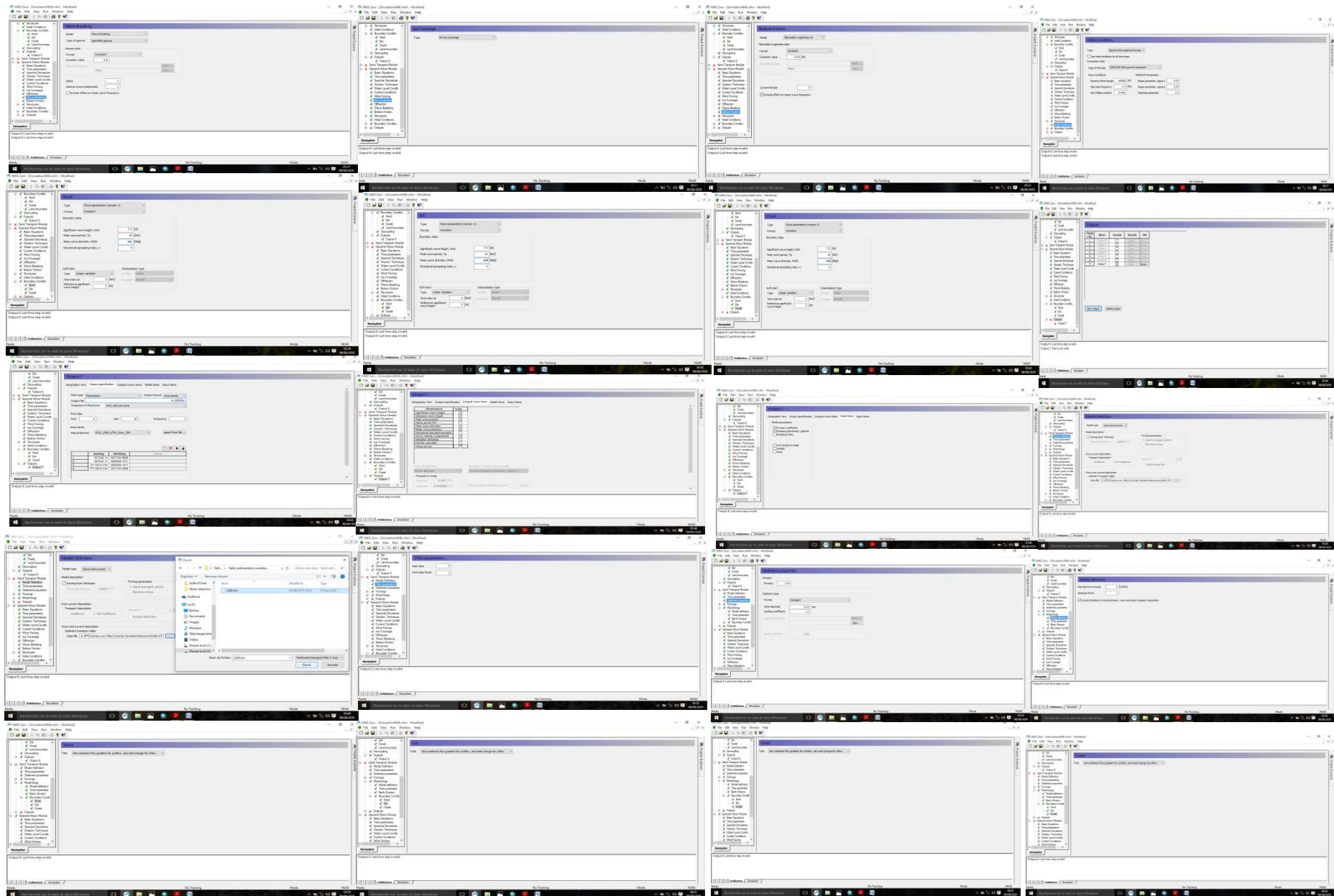
Les étapes de simulation des cartes SW, HD et ST (Mike21/3 Coupled Model FM)



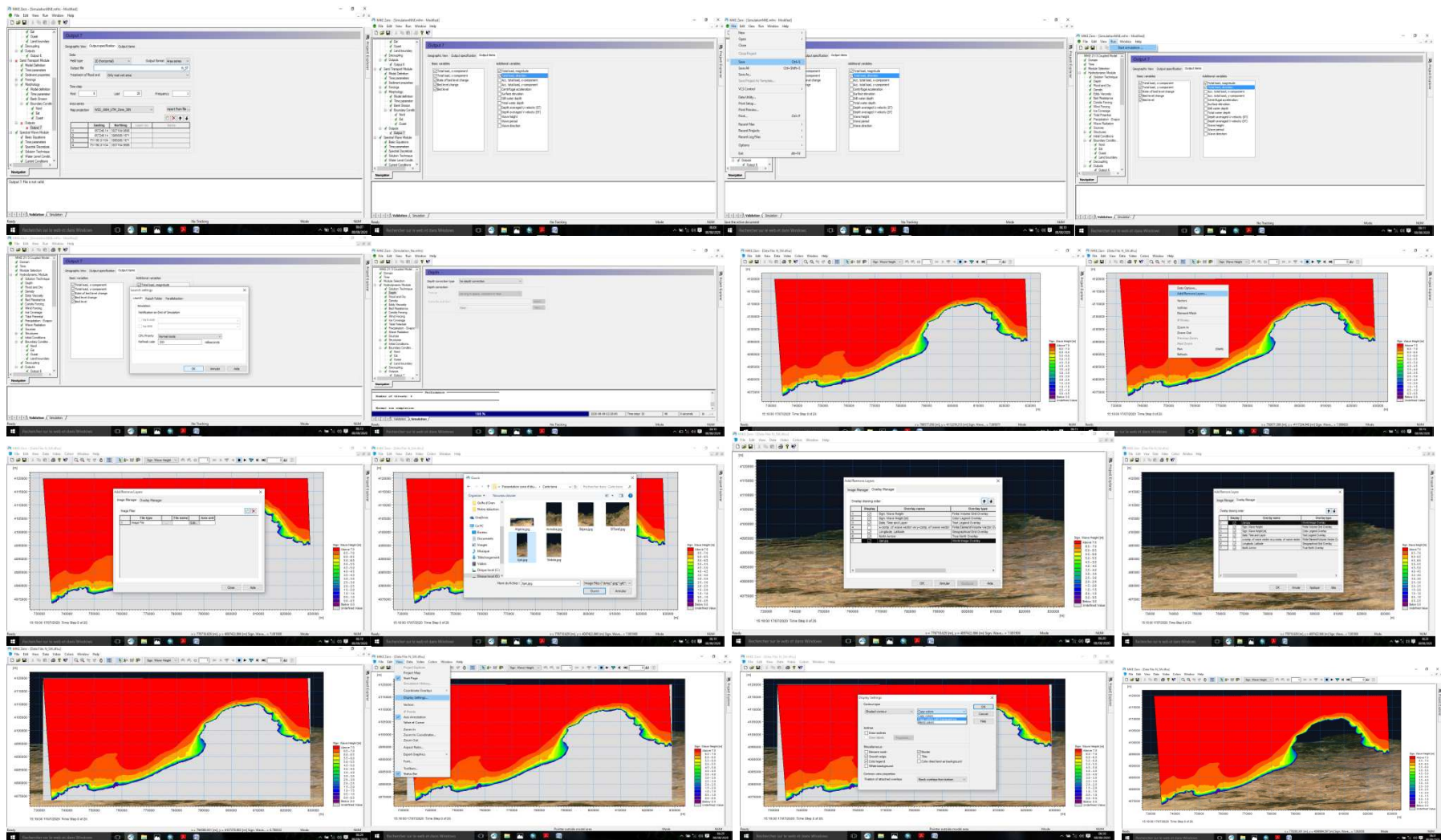
# ANNEXES



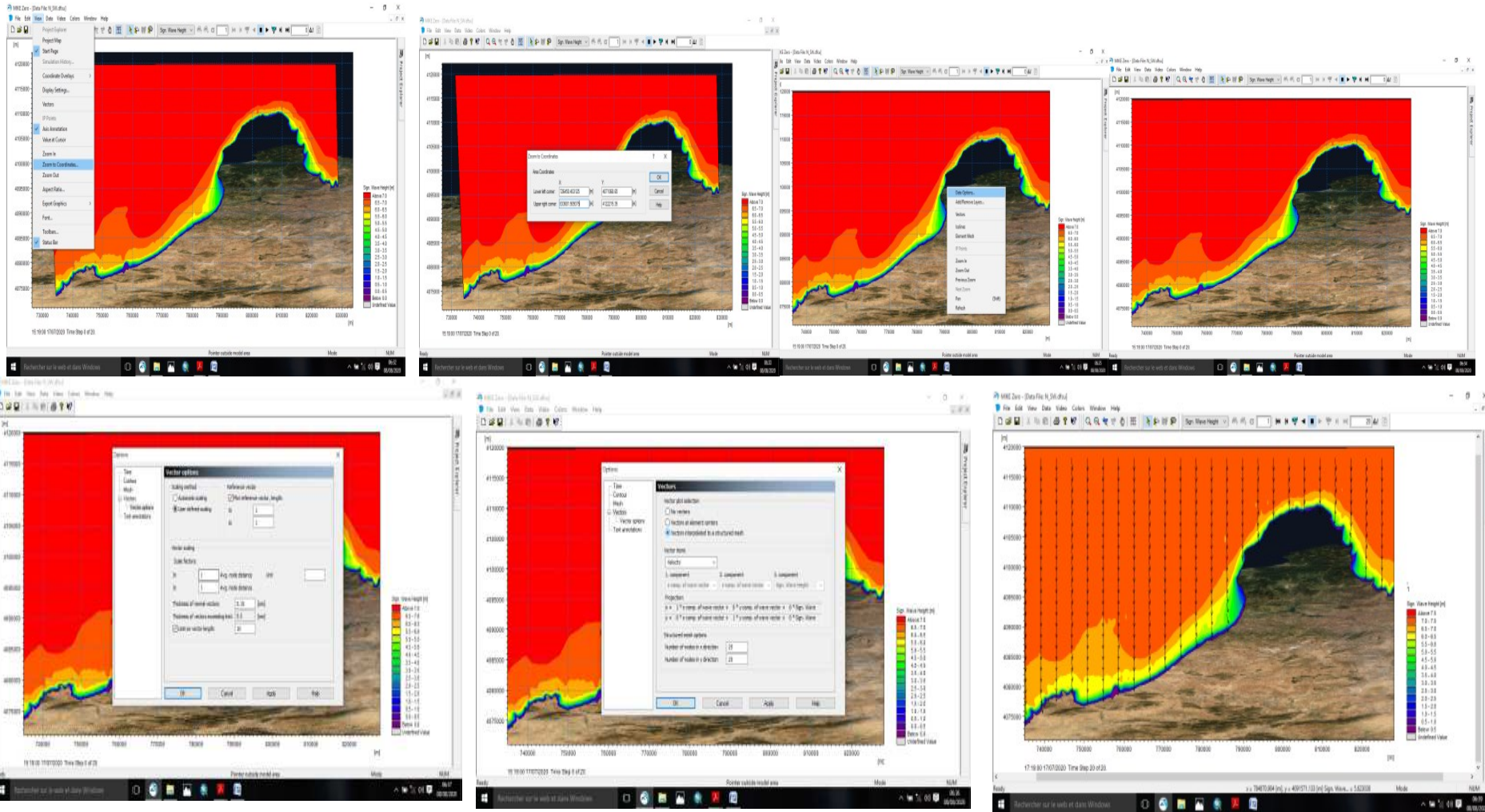
# ANNEXES



# ANNEXES



# ANNEXES



ANNEXE IV

Cartes de simulation de la Réfraction de la houle de 1972 et 2019

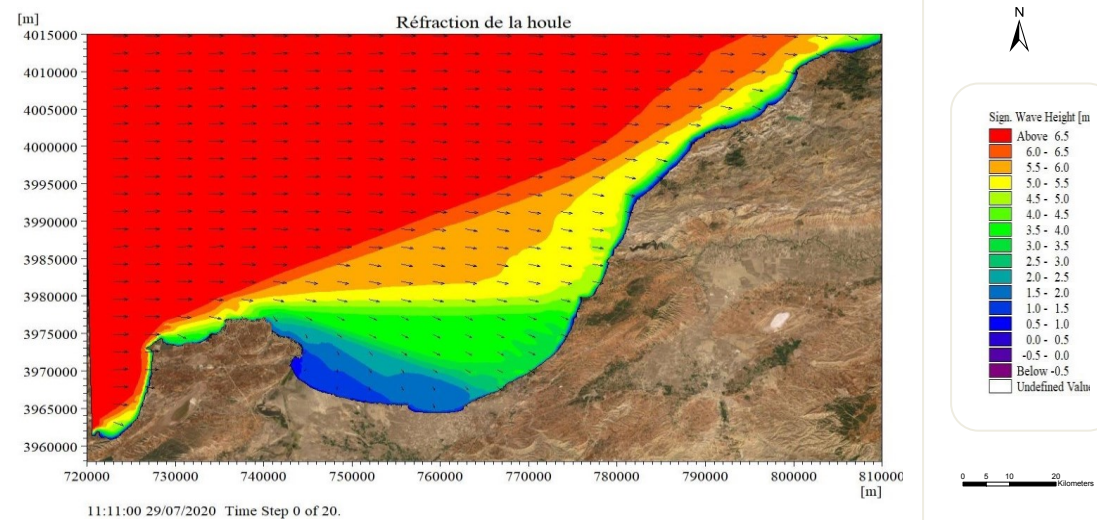
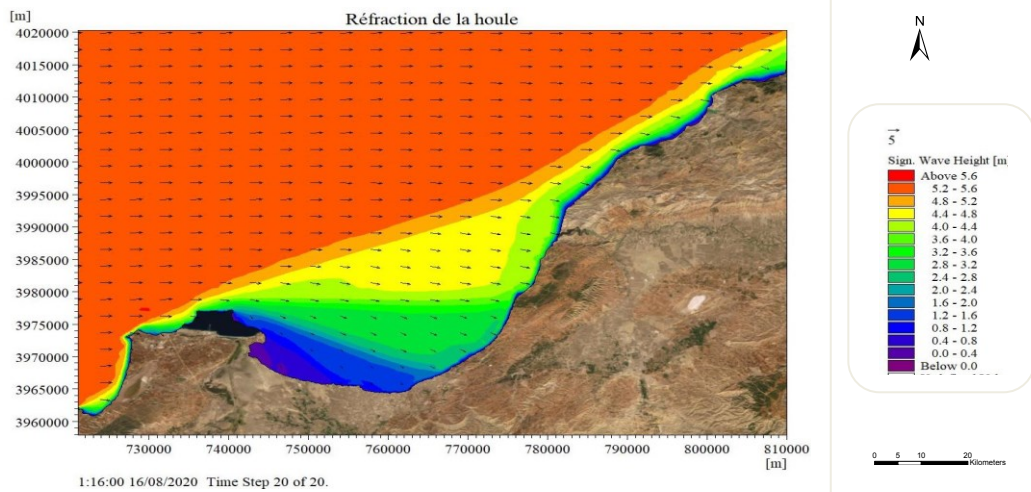
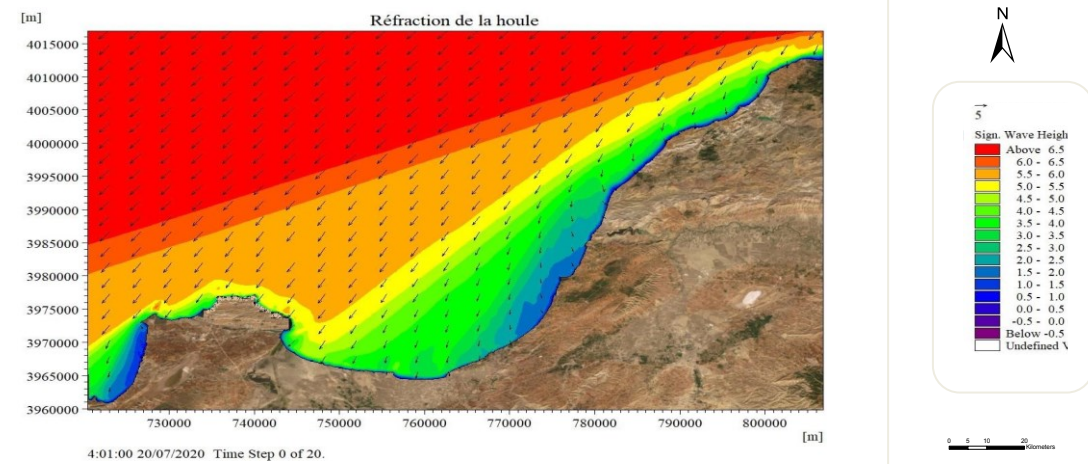
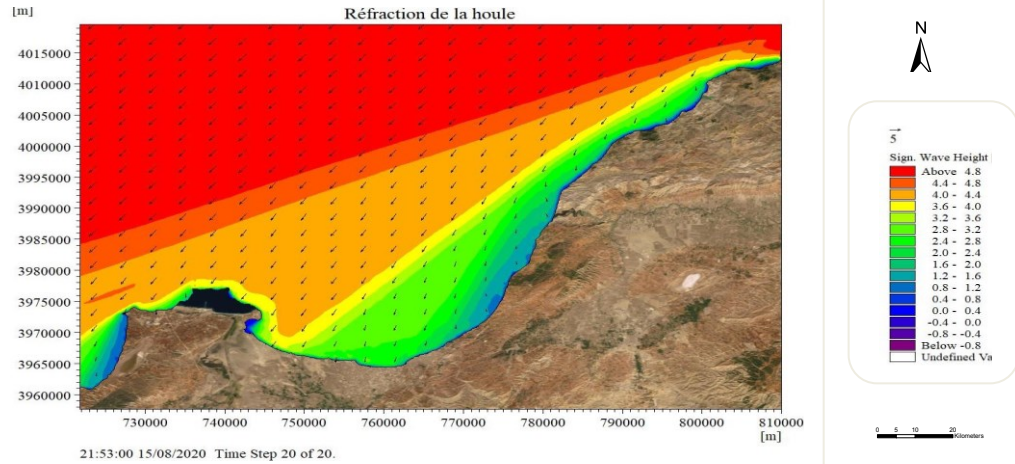


Figure 3 : Carte de simulation de la réfraction de la houle de golfe d'Arzew vers la pointe d'El Aoua (1972), MWD = 270°

Figure 4 : Carte de simulation de la réfraction de la houle de golfe d'Arzew vers la pointe d'El Aoua (2019), MWD = 270°

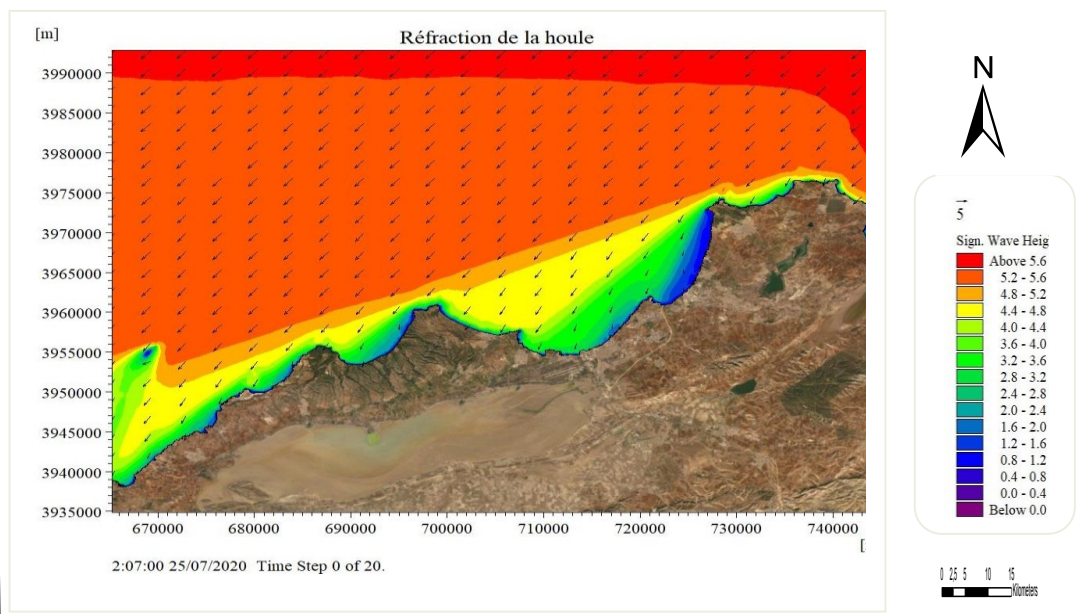
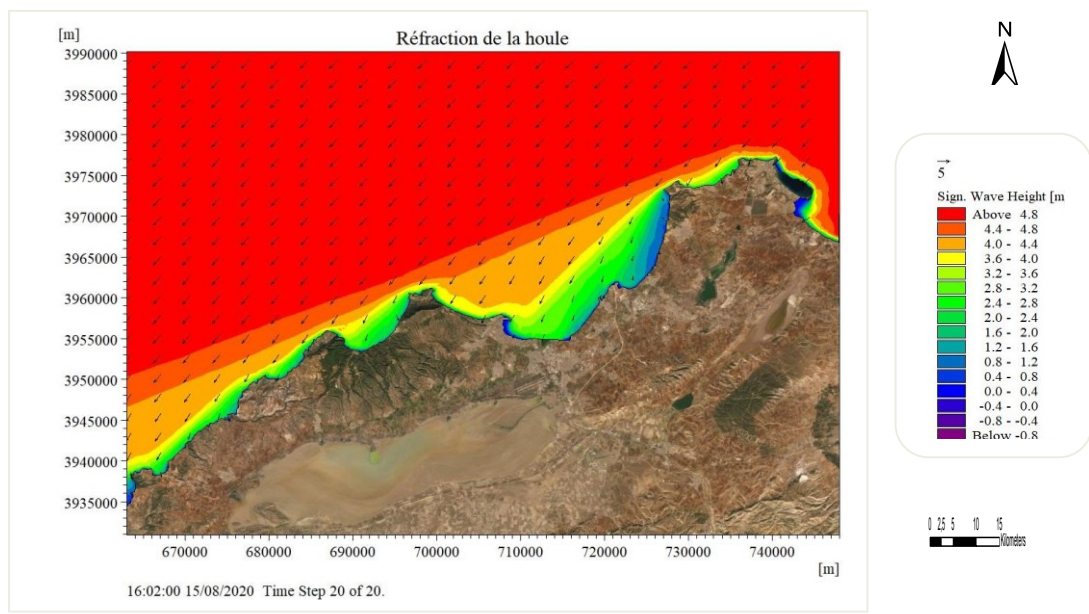


Figure 5 : Carte de simulation de la réfraction de la houle de golfe d'Oran vers cap Falcon (1972), MWD = 45°

Figure 6 : Carte de simulation de la réfraction de la houle de golfe d'Oran vers cap Falcon (2019), MWD = 45°

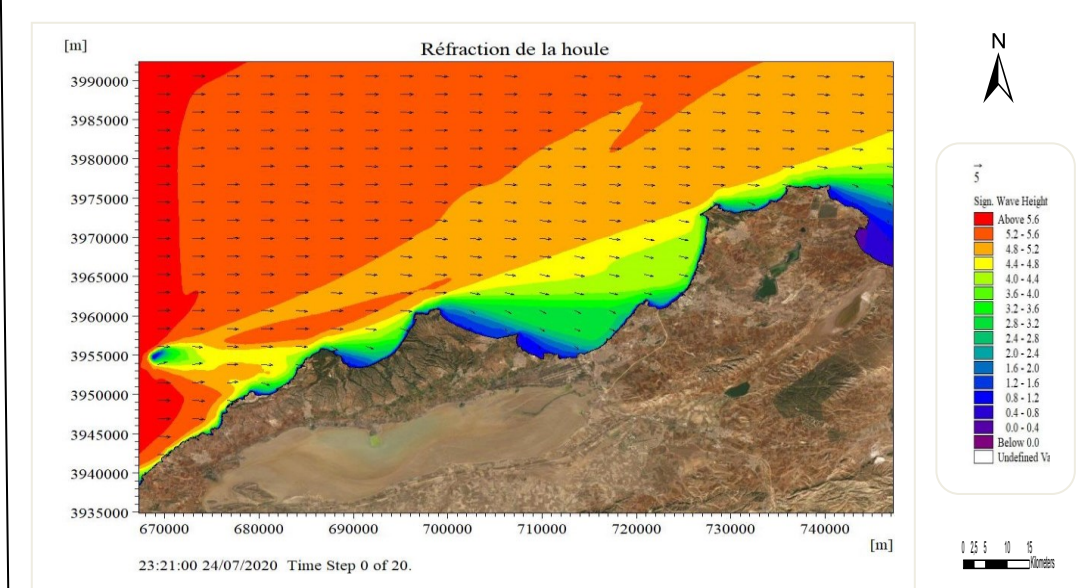
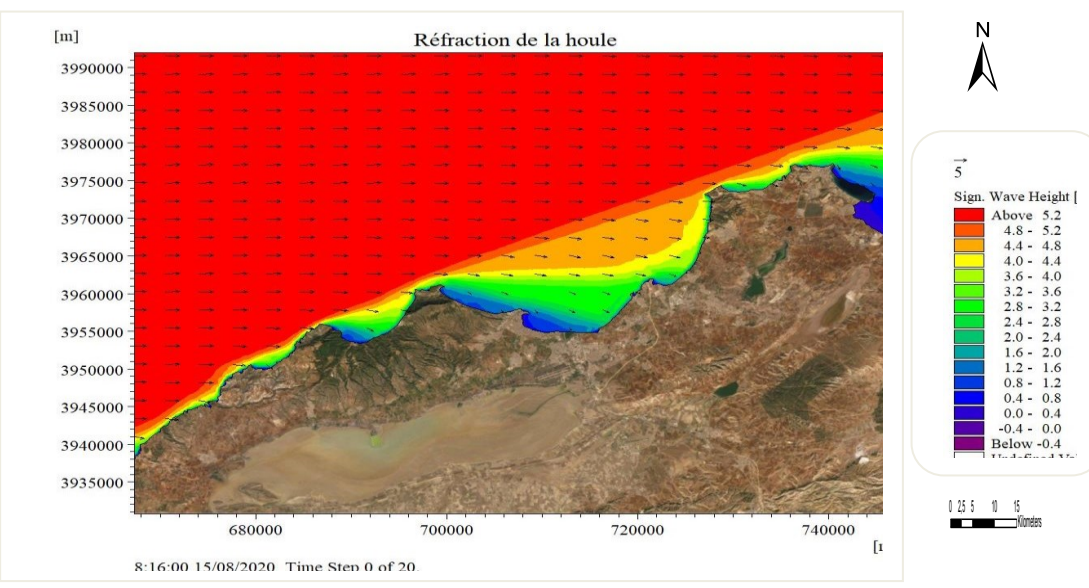
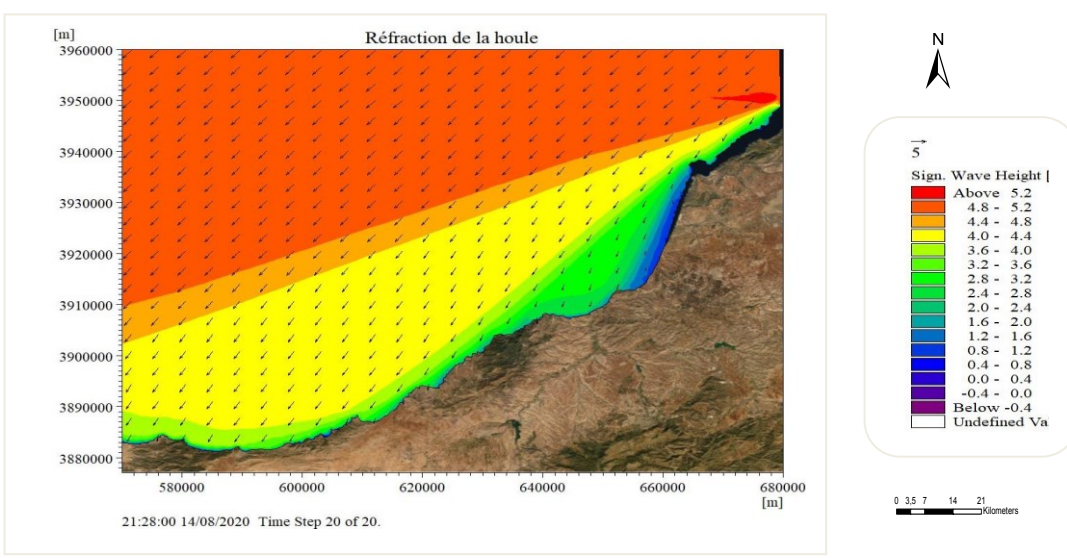
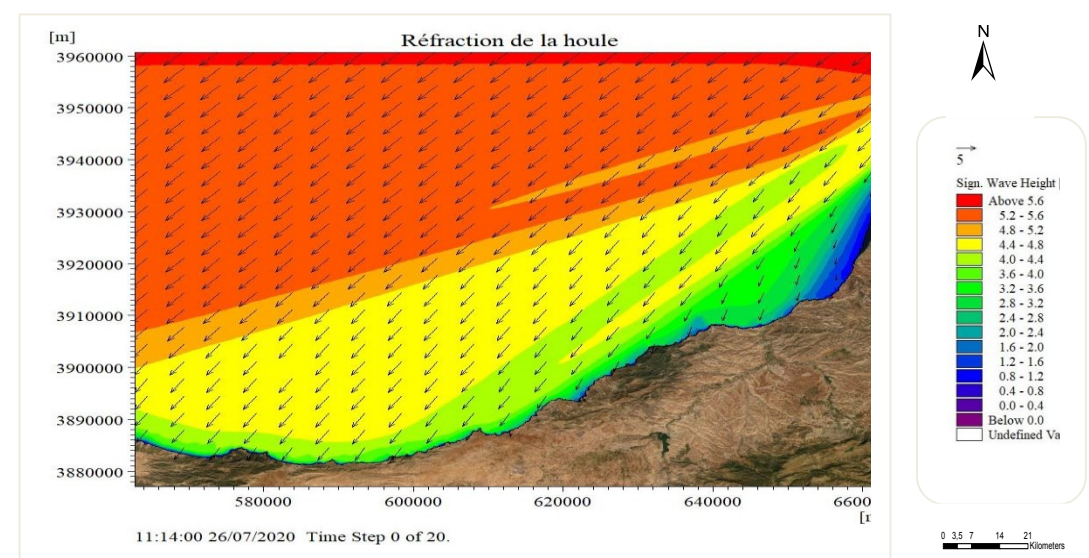


Figure 7 : Carte de simulation de la réfraction de la houle de Golfe d'Oran vers cap Falcon (1972), MWD = 270°

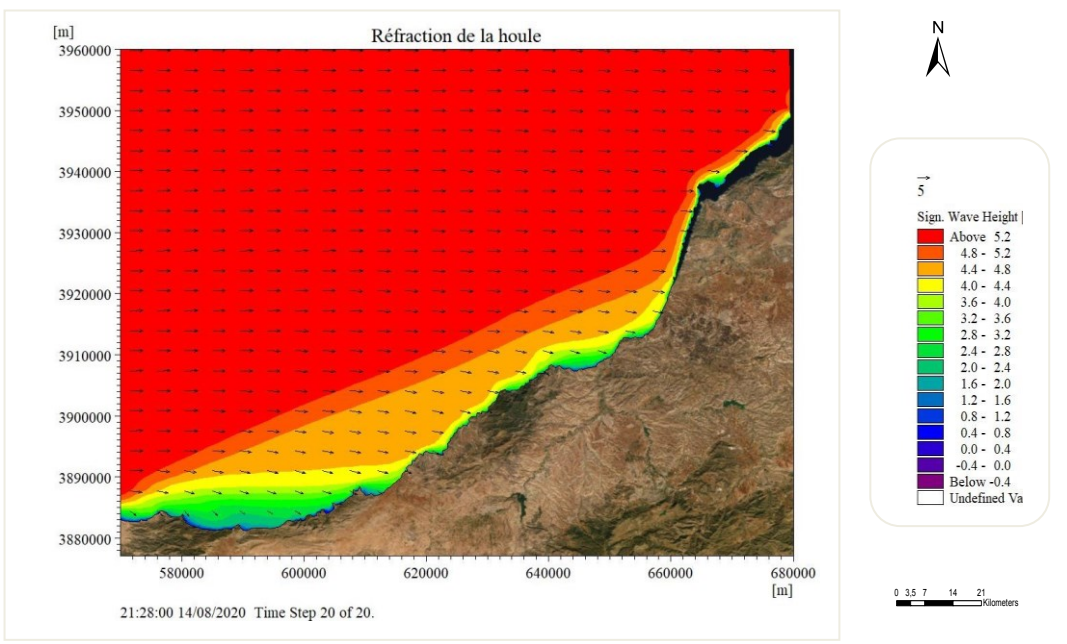
Figure 8 : Carte de simulation de la réfraction de la houle de golfe d'Oran vers cap Falcon (2019), MWD = 270°



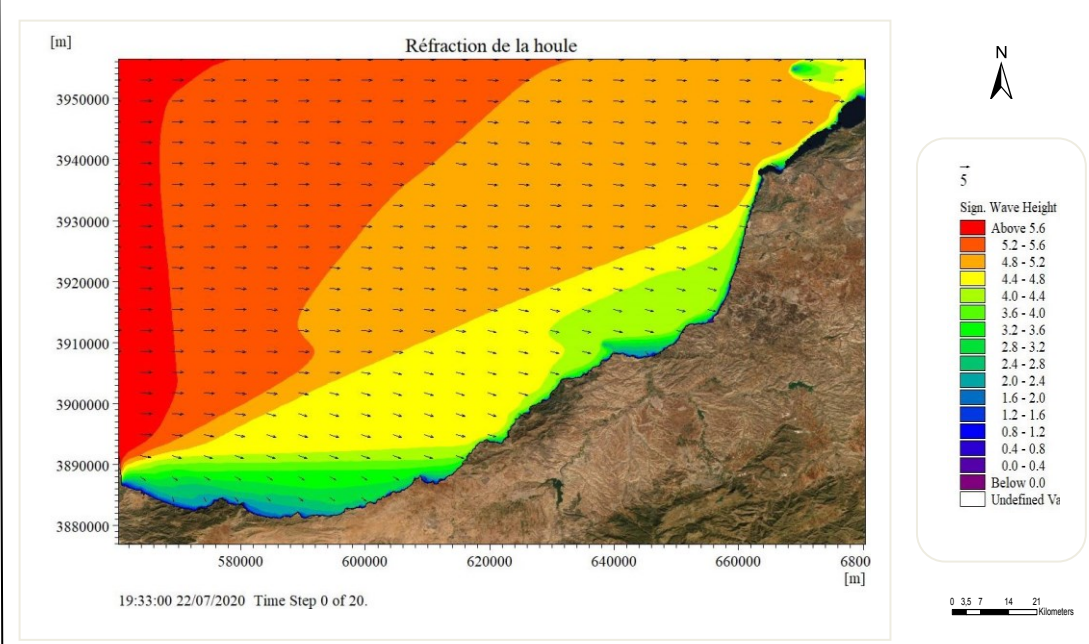
**Figure 9** : Carte de simulation de la réfraction de la houle de golfe de Ghazaouet (1972), MWD = 45°



**Figure 10** : Carte de simulation de la réfraction de la houle de golfe de Ghazaouet (2019), MWD = 45°

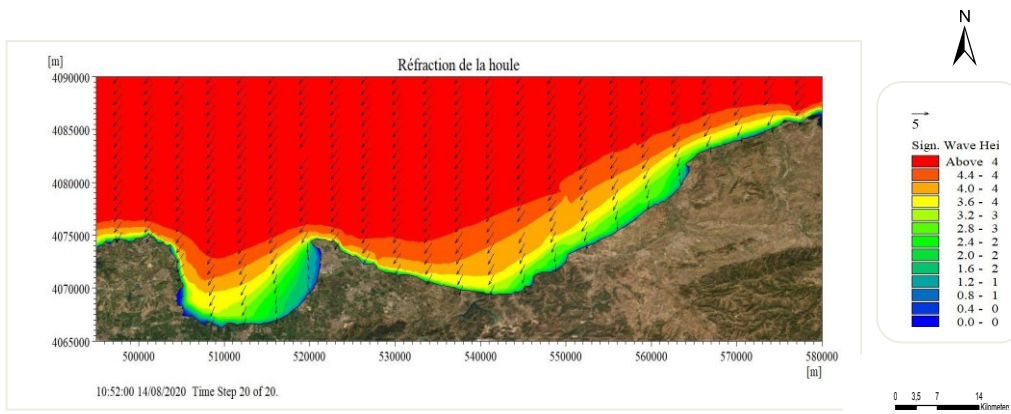


**Figure 12** : Carte de simulation de la réfraction de la houle de golfe de Ghazaouet (1972), MWD = 270°

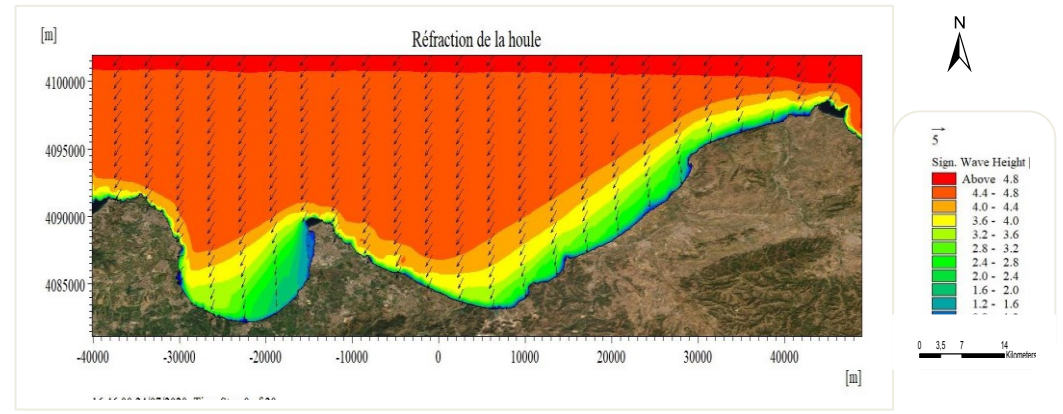


**Figure 12** : Carte de simulation de la réfraction de la houle de golfe de Ghazaouet (2019), MWD = 270°

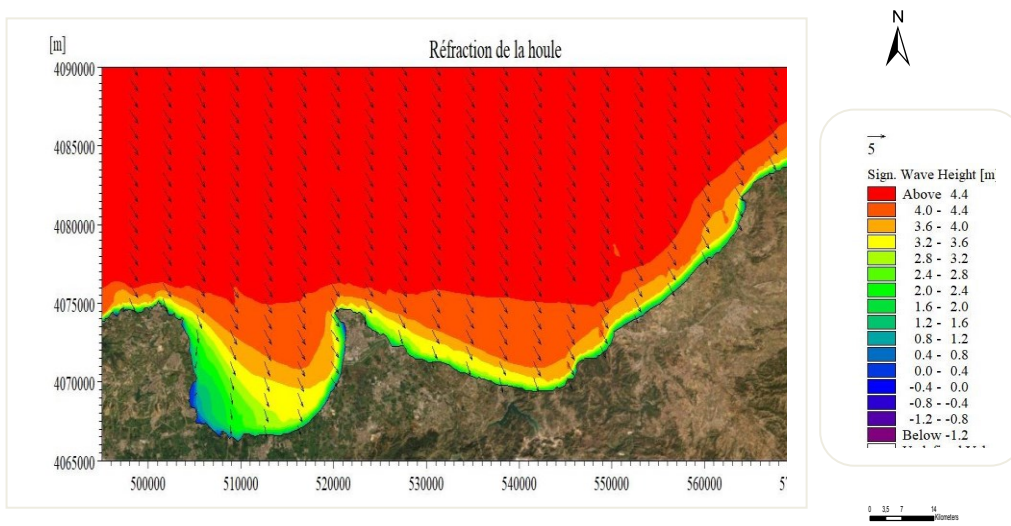
# ANNEXES



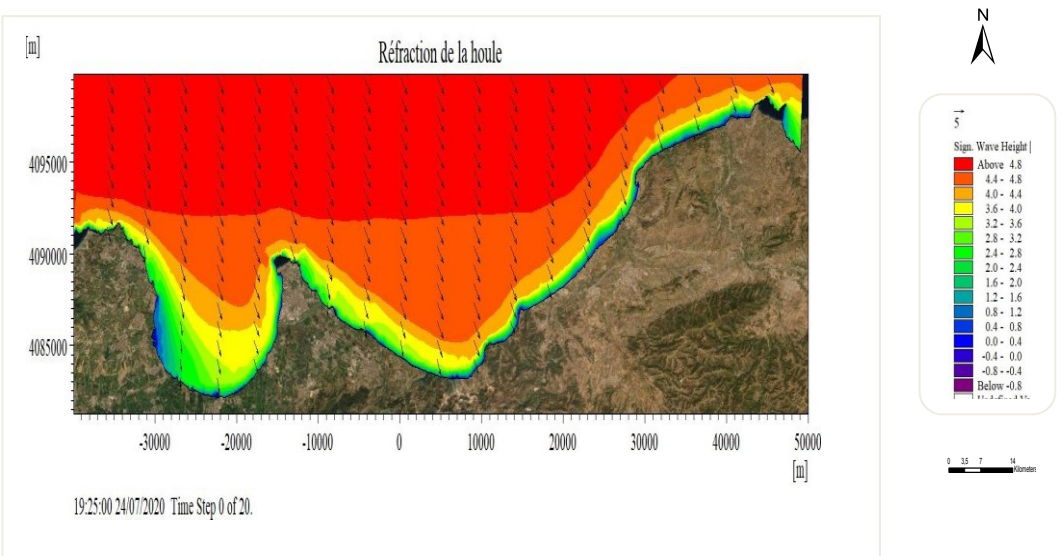
**Figure 13** : Carte de simulation de la réfraction de la houle de la baie d'Alger vers cap Benguif (1972), MWD = 45°



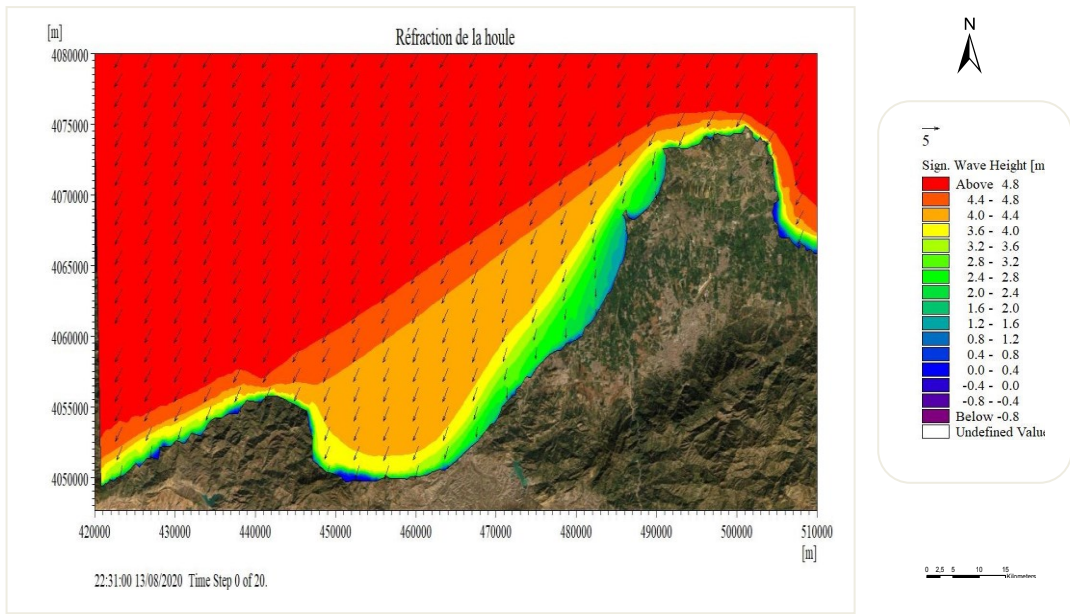
**Figure 14** : Carte de simulation de la réfraction de la houle de la baie d'Alger vers cap Benguif (2019), MWD = 45°



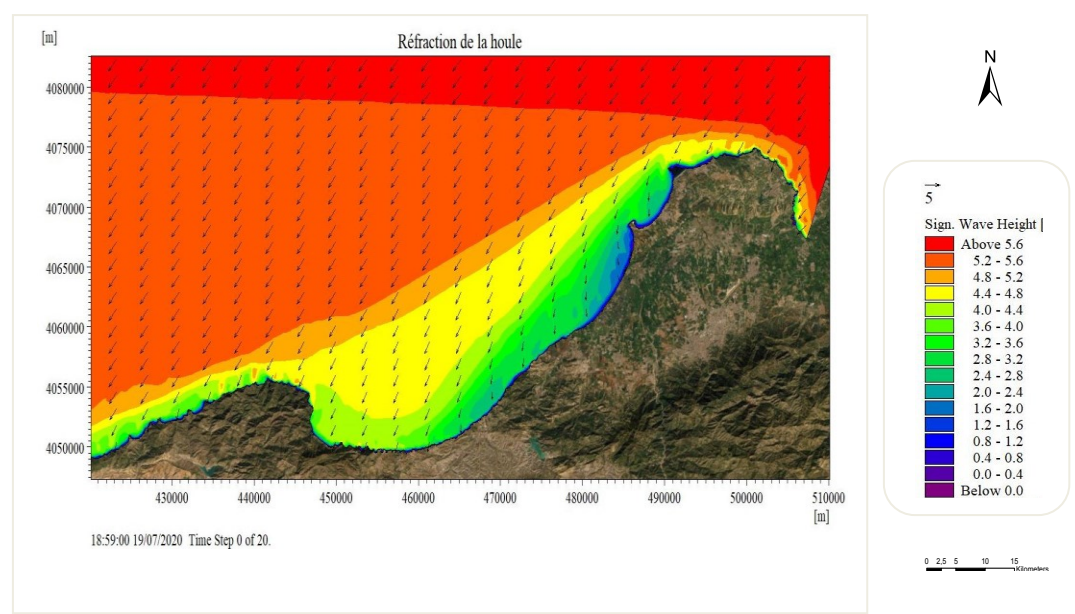
**Figure 15** : Carte de simulation de la réfraction de la houle de la baie d'Alger vers cap Benguif (1972), MWD = 315°



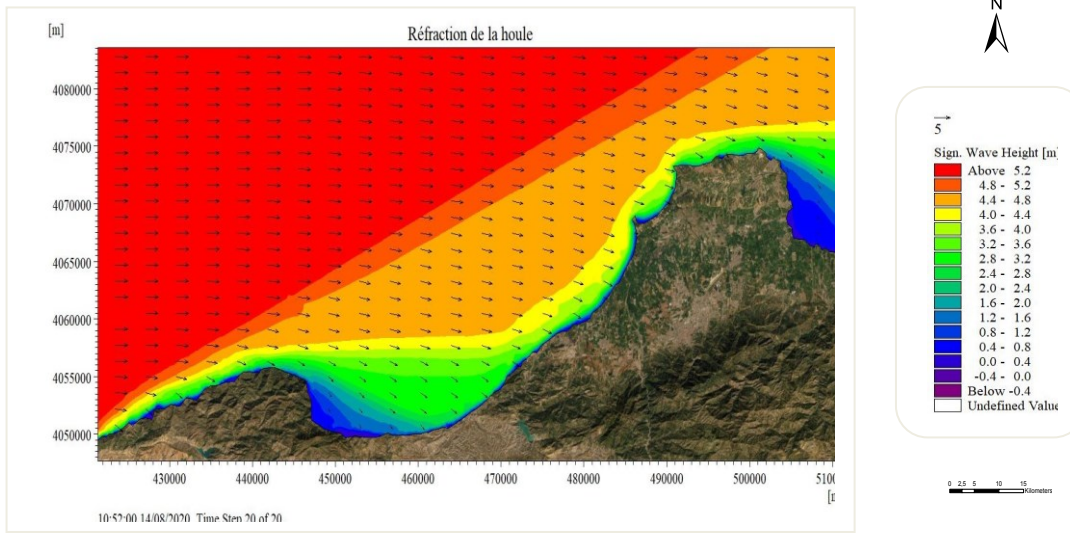
**Figure 16** : Carte de simulation de la réfraction de la houle de la baie d'Alger vers cap Benguif (2019), MWD = 315°



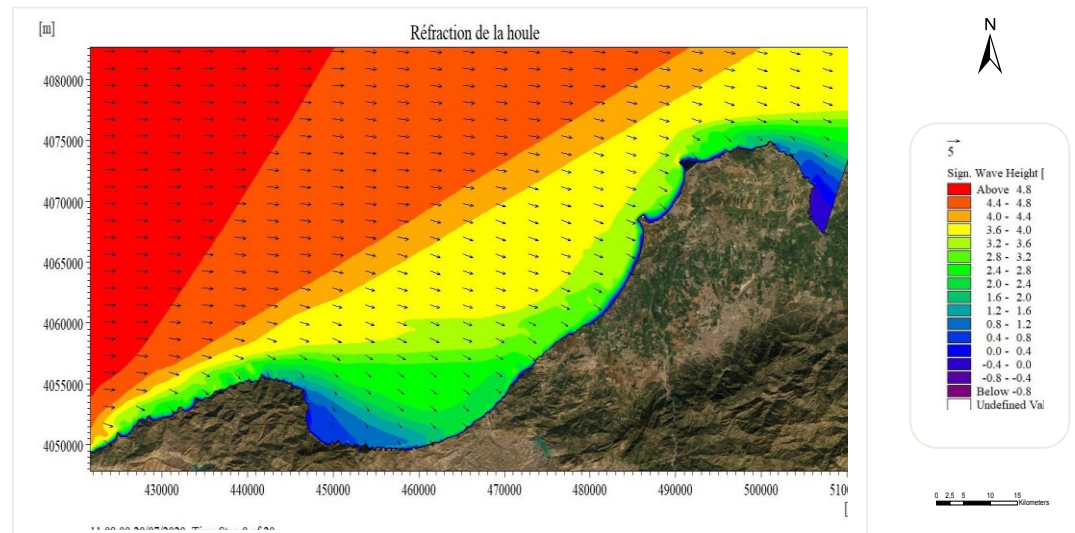
**Figure 17 :** Carte de simulation de la réfraction de la houle de la baie de Bou-Ismaïl vers Cherchel (1977) MWD = 45°



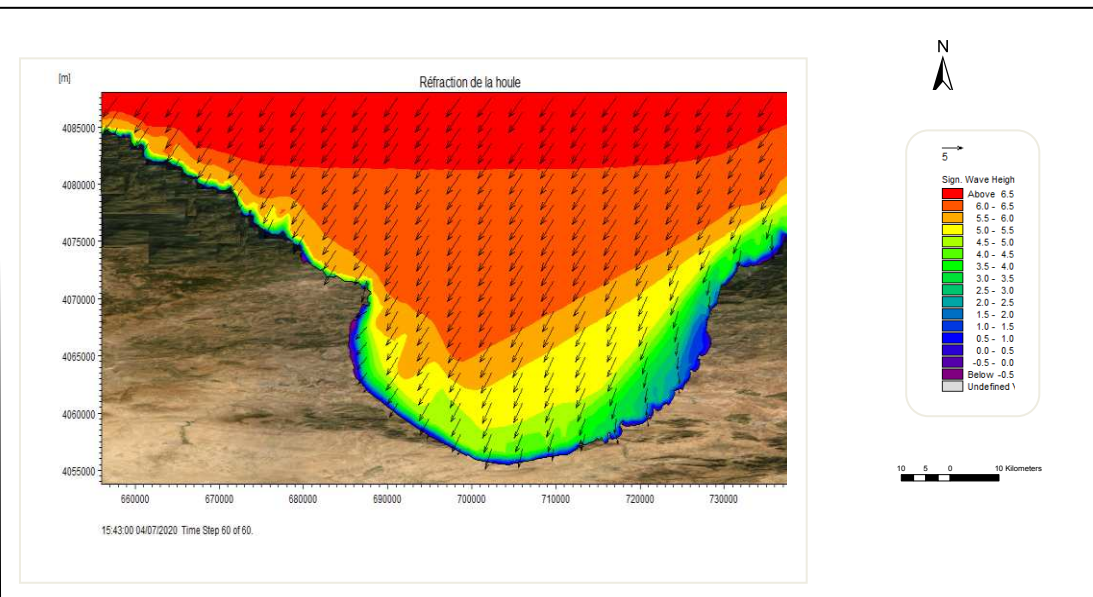
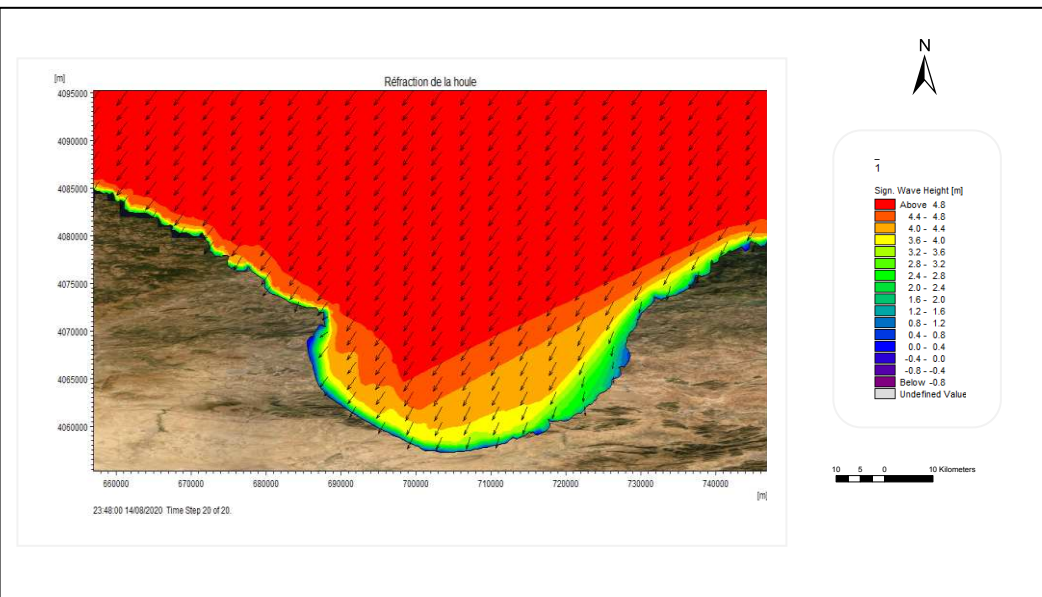
**Figure 18 :** Carte de simulation de la réfraction de la houle de la baie de Bou-Ismaïl vers Cherchel (2019) MWD = 45°



**Figure 19:** Carte de simulation de la réfraction de la houle de la baie de Bou-Ismaïl vers Cherchel (1972), MWD = 270°

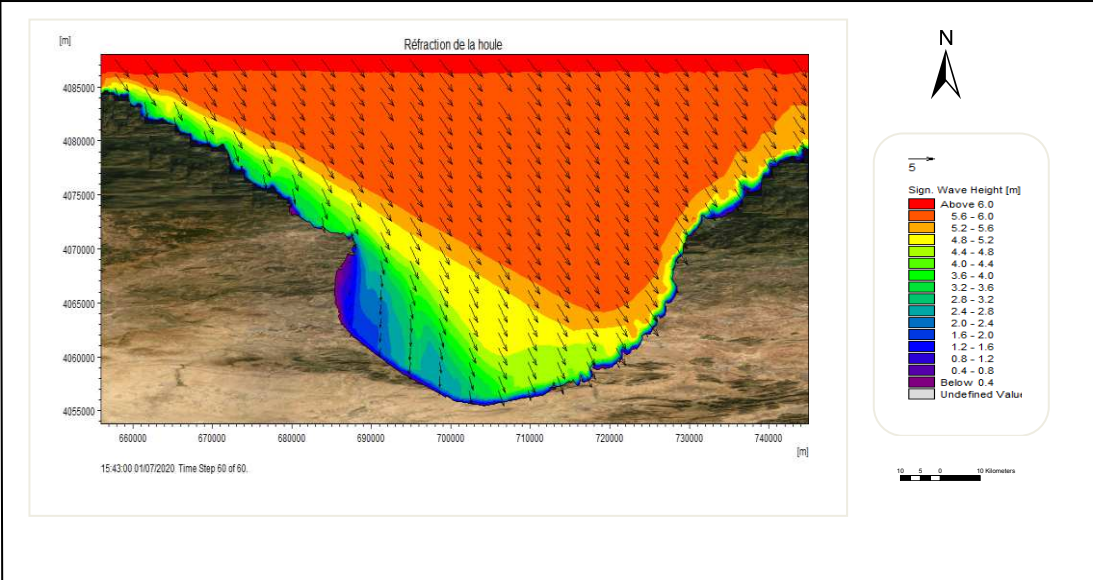
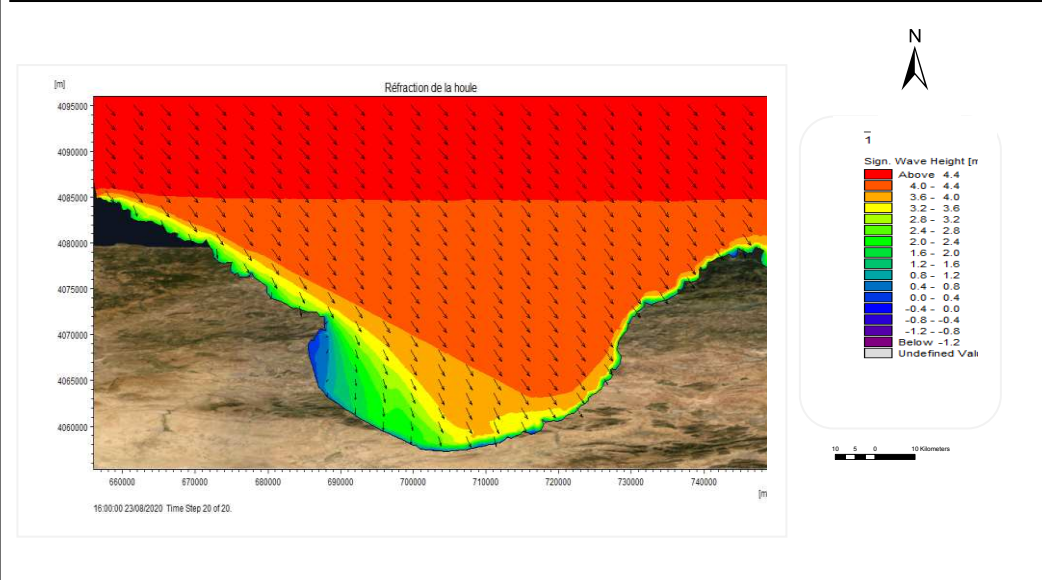


**Figure 20:** Carte de simulation de la réfraction de la houle de la baie de Bou-Ismaïl vers Cherchel (2019), MWD = 270°



**Figure 21:** Carte de simulation de la réfraction de la houle du golfe de Bejaia vers cap Sigli (1972), MWD = 45°

**Figure 22:** Carte de simulation de la réfraction de la houle du golfe de Bejaia vers cap Sigli (2019), MWD = 45°



**Figure 23:** Carte de simulation de la réfraction de la houle du golfe de Bejaia vers cap Sigli (1972), MWD = 315°

**Figure 24:** Carte de simulation de la réfraction de la houle du golfe de Bejaia vers cap Sigli (2019), MWD = 315°

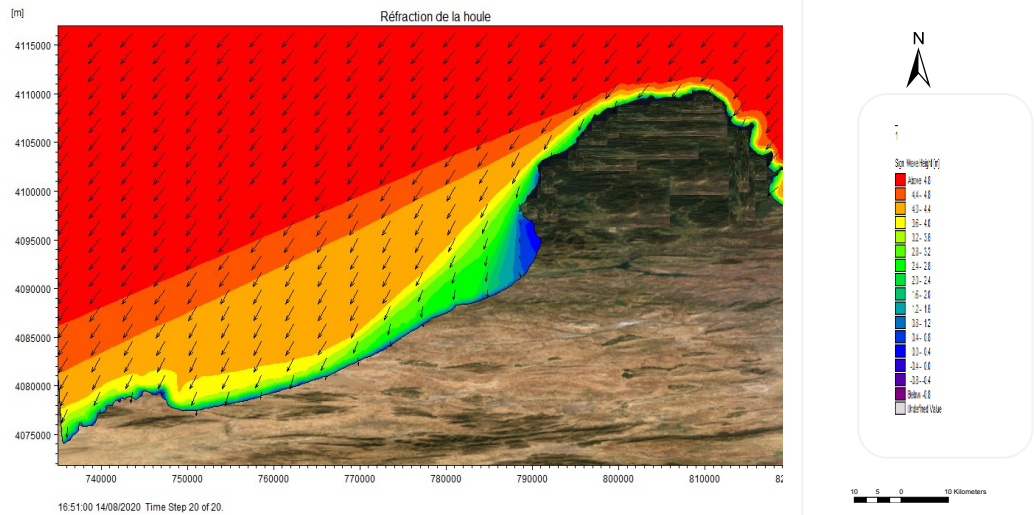


Figure 25: Carte de simulation de la réfraction de la houle de la baie de Jijel vers cap Bougarouni (1972), MWD = 45°

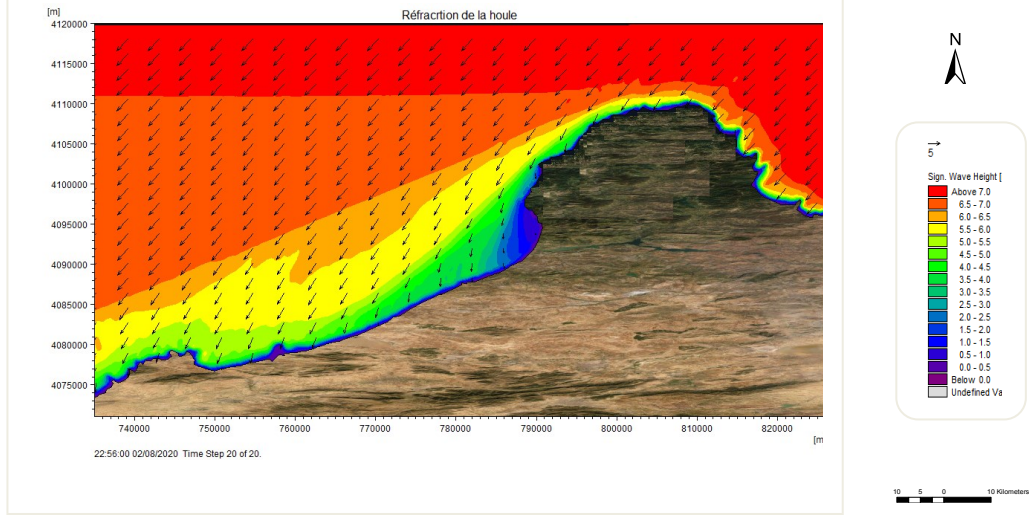


Figure 26: Carte de simulation de la réfraction de la houle de la baie de Jijel vers cap Bougarouni(2019), MWD = 45°

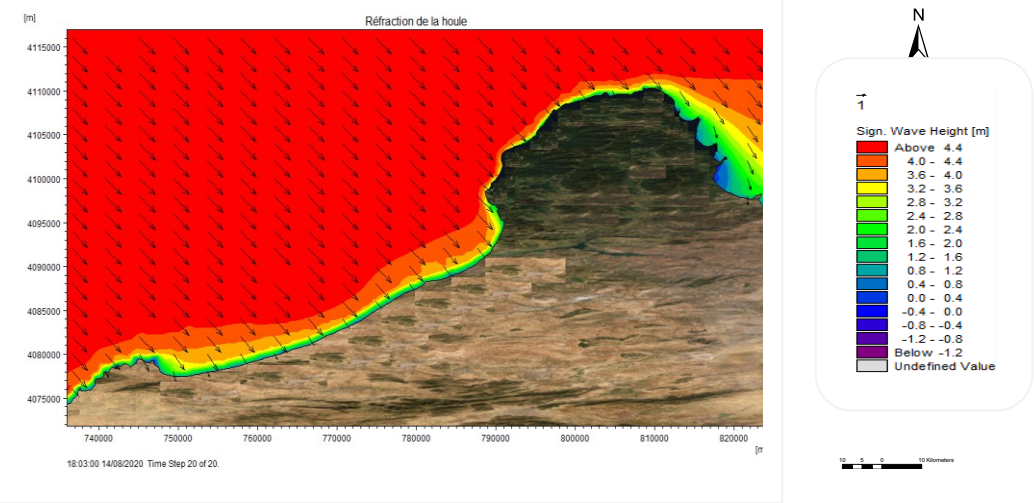


Figure 27: Carte de simulation de la réfraction de la houle de la baie de Jijel vers cap Bougarouni (1972), MWD = 315°

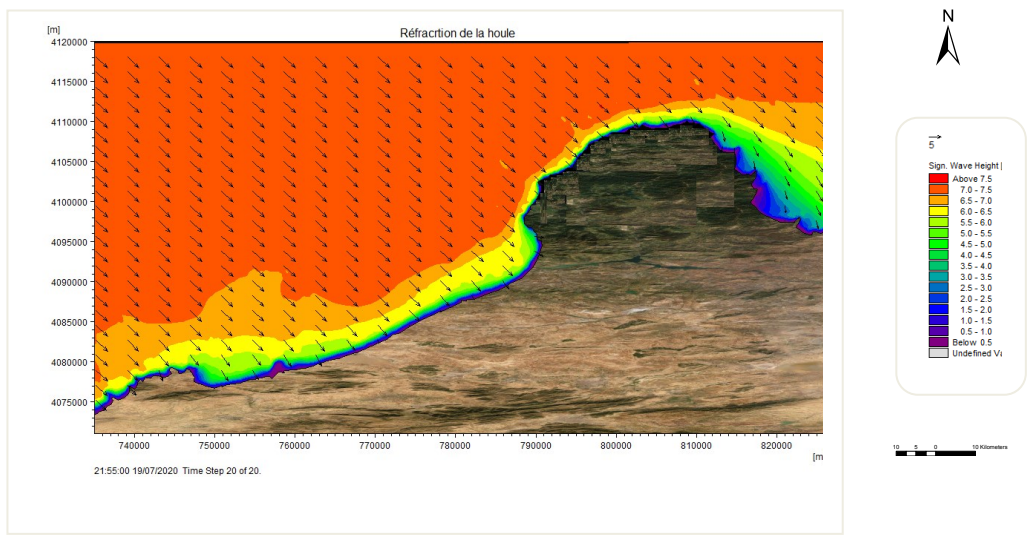
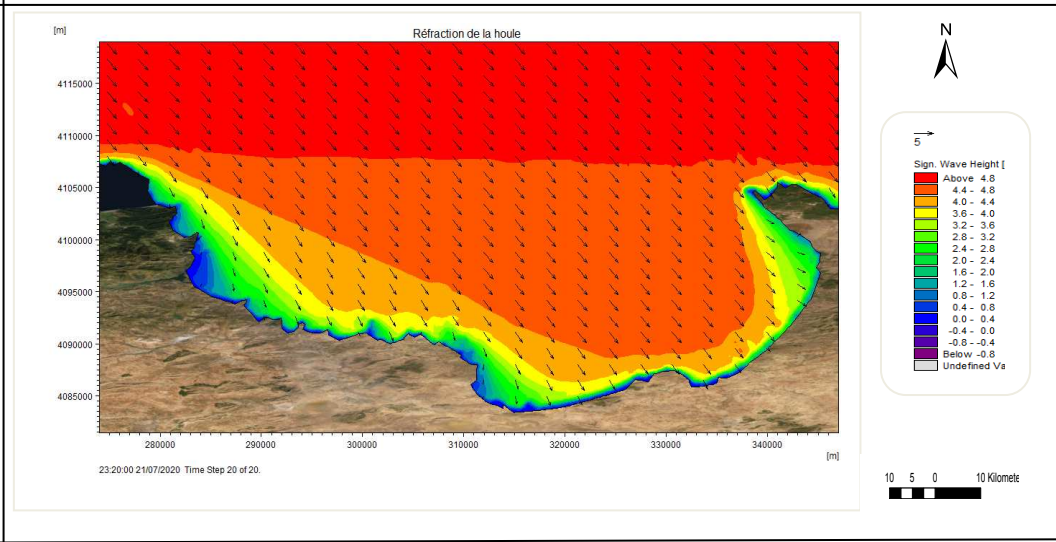
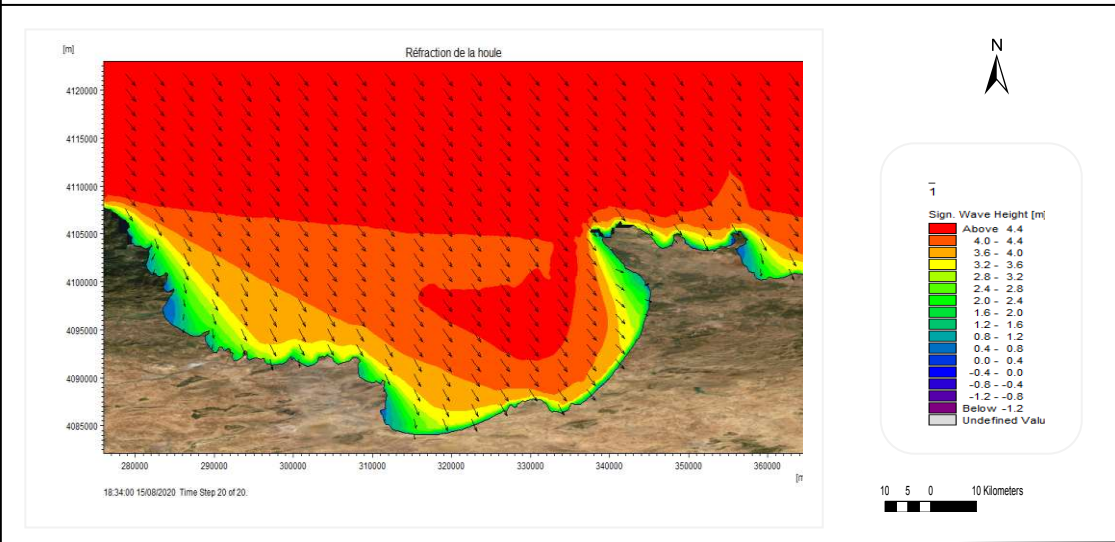
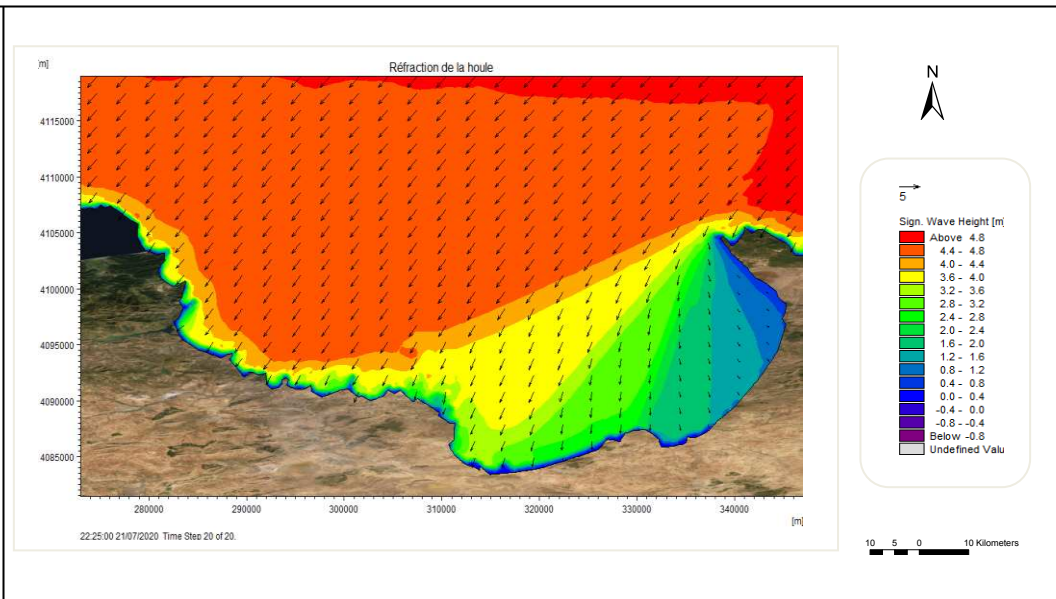
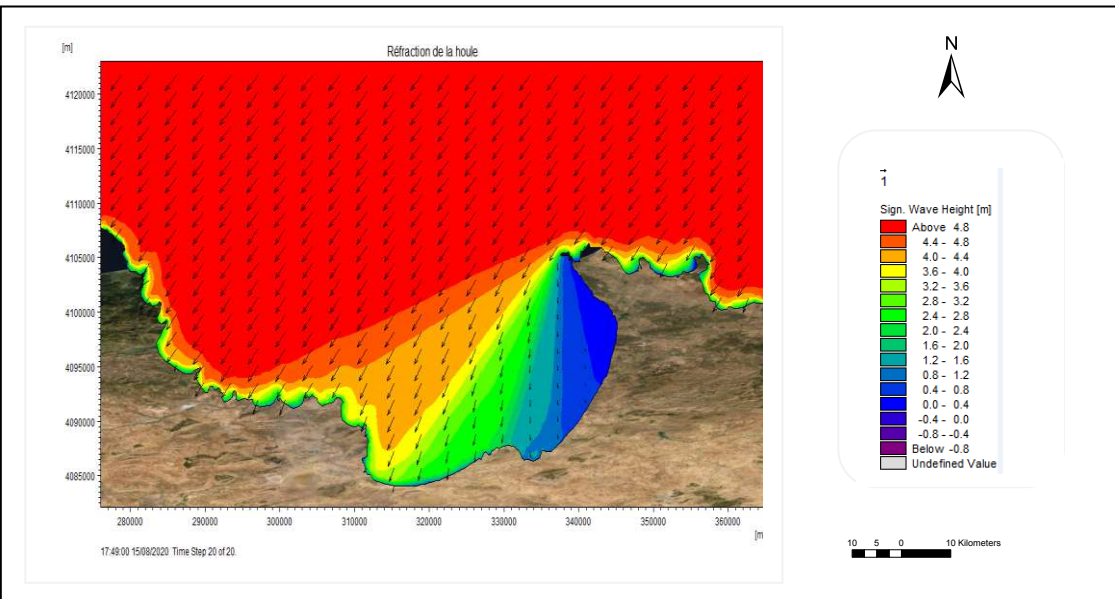


Figure 28: Carte de simulation de la réfraction de la houle de la baie de Jijel vers cap Bougarouni (2019), MWD = 315°



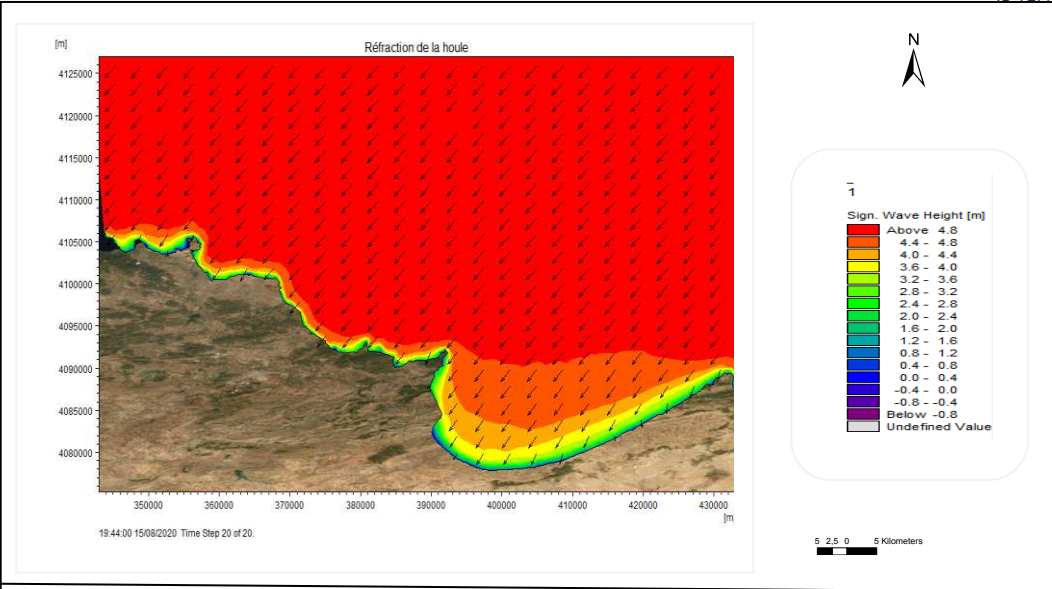


Figure 33: Carte de simulation de la réfraction de la houle de golfe de Annaba vers la baie de Sidi Akkèche (1972), MWD = 45°

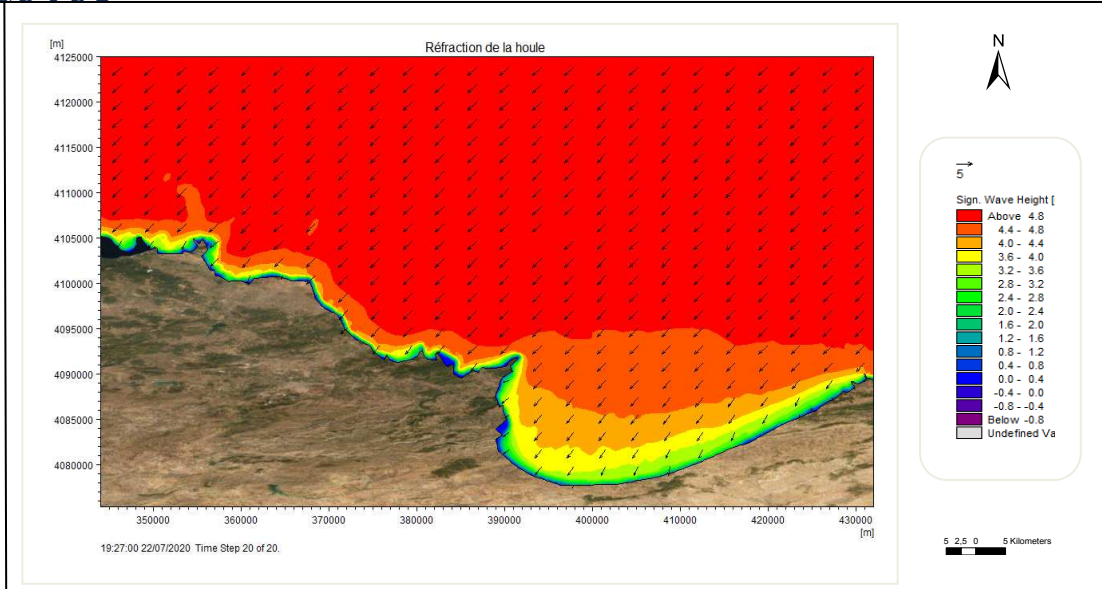


Figure 34: Carte de simulation de la réfraction de la houle de golfe de Annaba vers la baie de Sidi Akkèche (2019), MWD = 45°

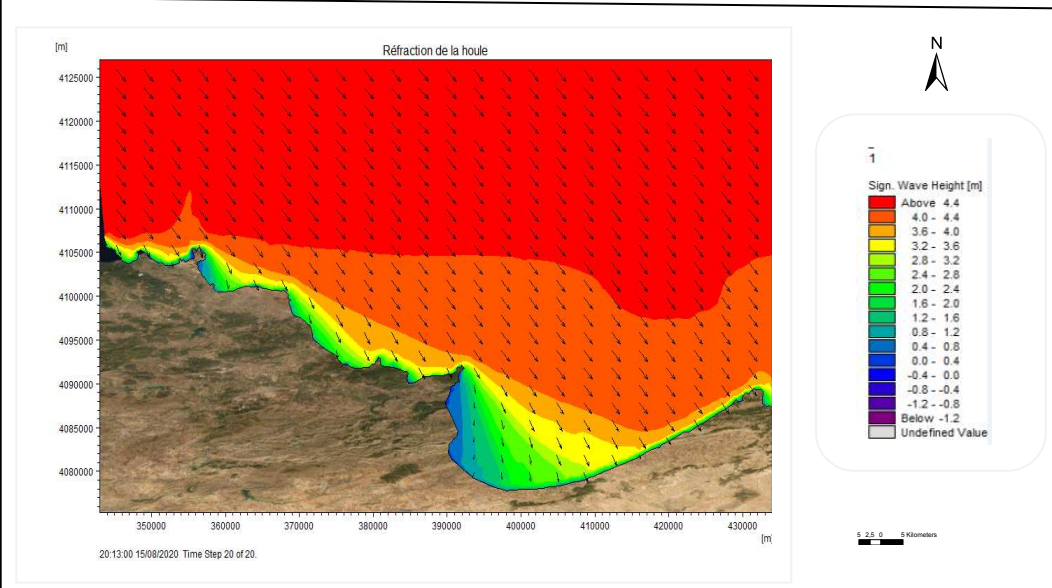


Figure 35: Carte de simulation de la réfraction de la houle de golfe de Annaba vers la baie de Sidi Akkèche (1972), MWD = 315°

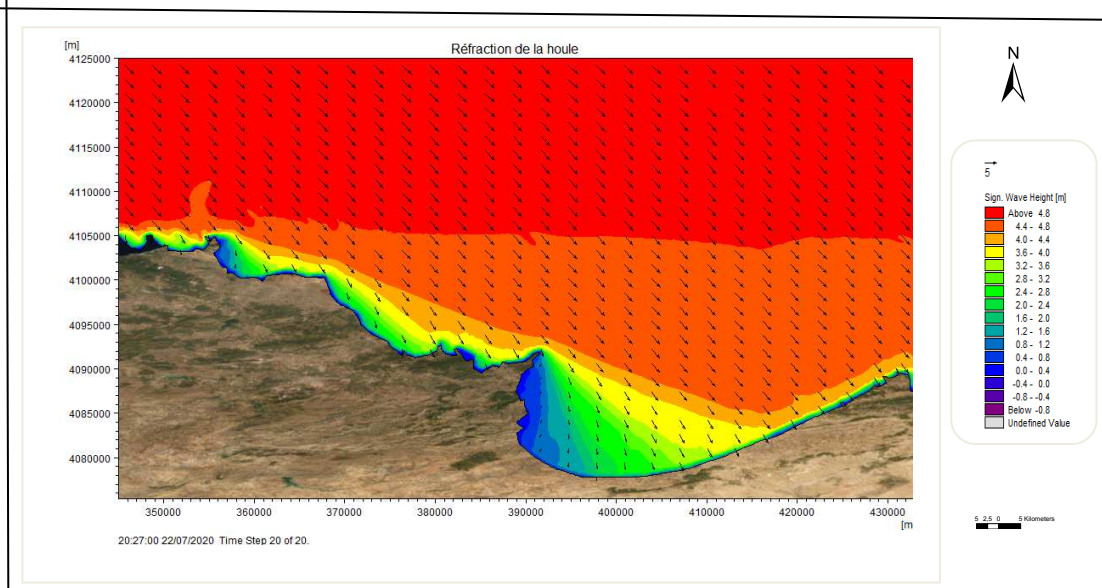
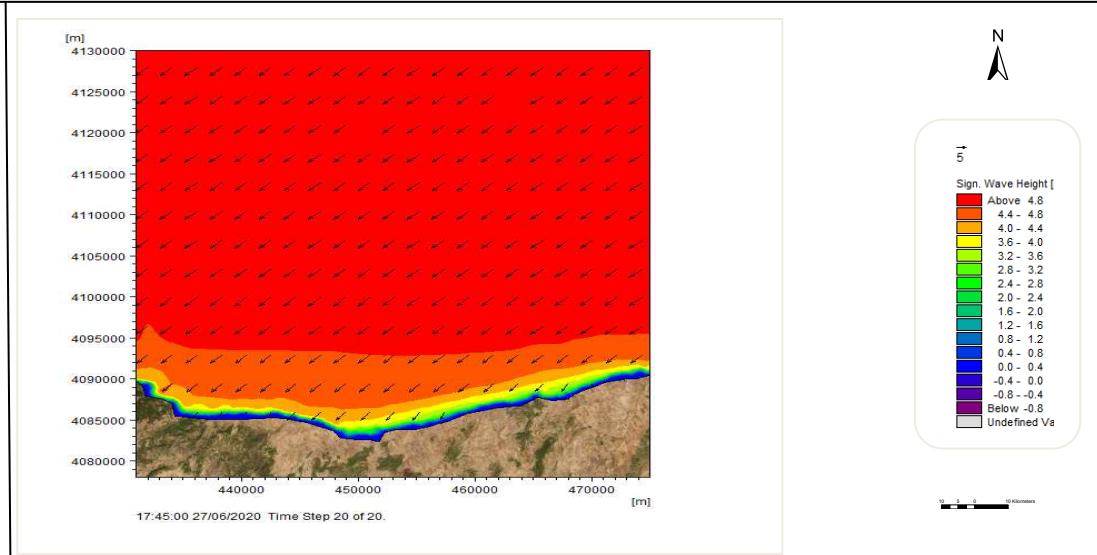
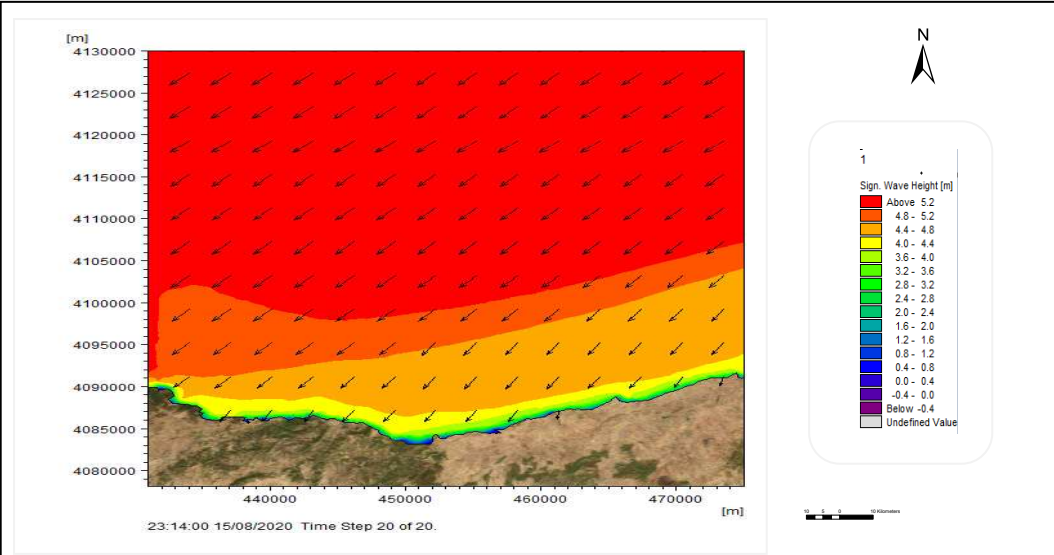


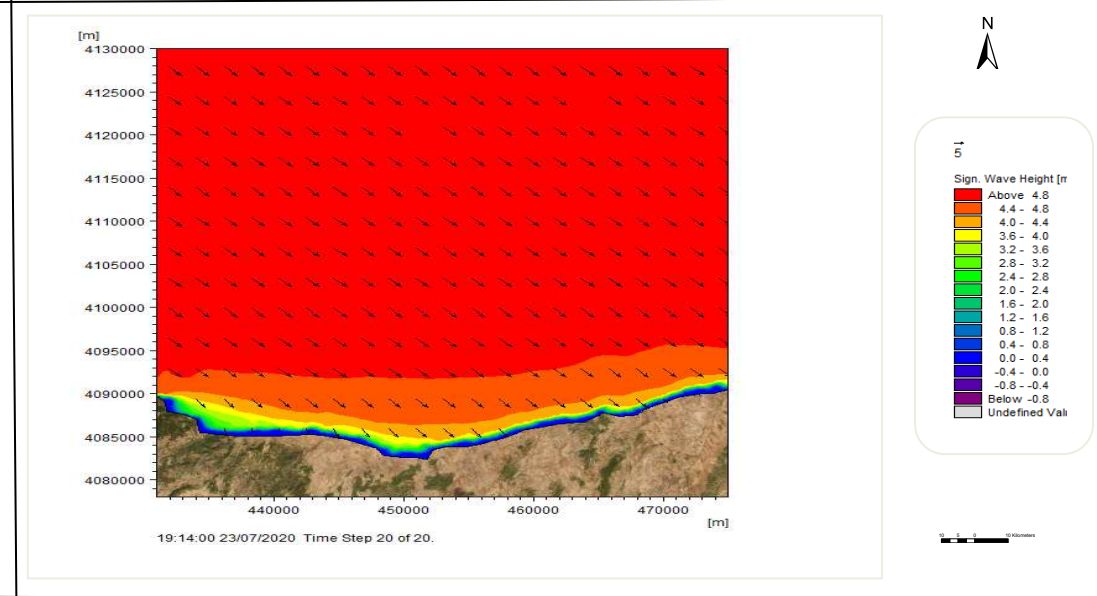
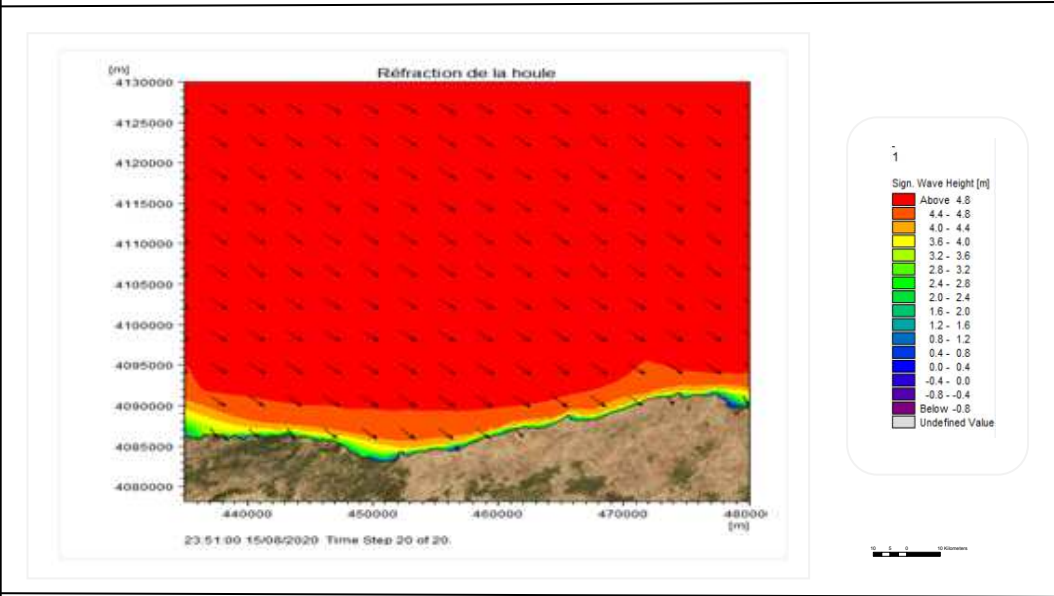
Figure 36: Carte de simulation de la réfraction de la houle de golfe de Annaba vers la baie de Sidi Akkèche (2019), MWD = 315°

# ANNEXES



**Figure 37:** Carte de simulation de la réfraction de la houle de la Baie d'El Taref (1972), MWD = 45°

**Figure 38:** Carte de simulation de la réfraction de la houle de la Baie d'El Taref (2019), MWD = 45°

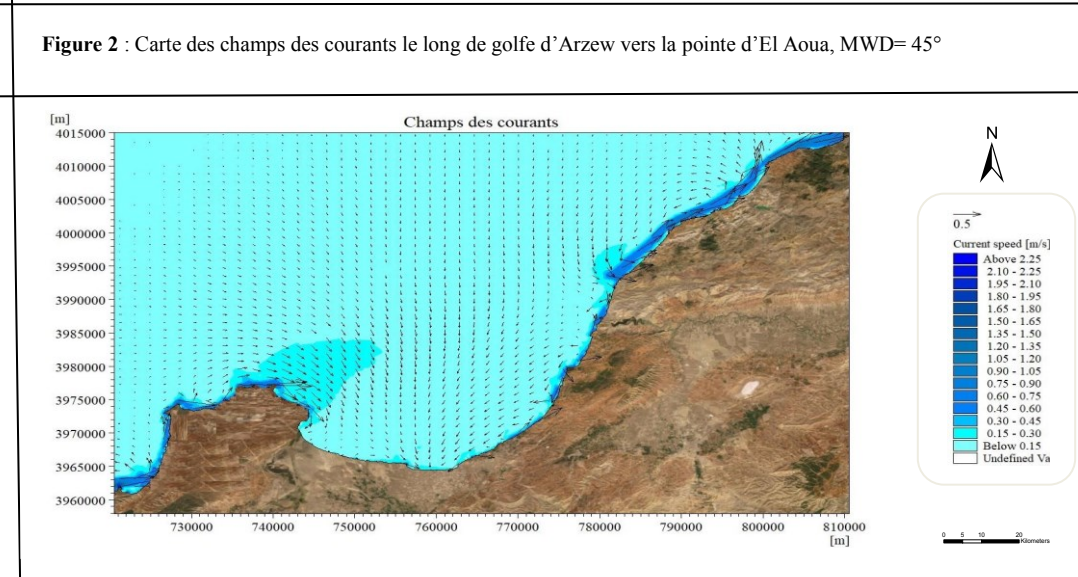
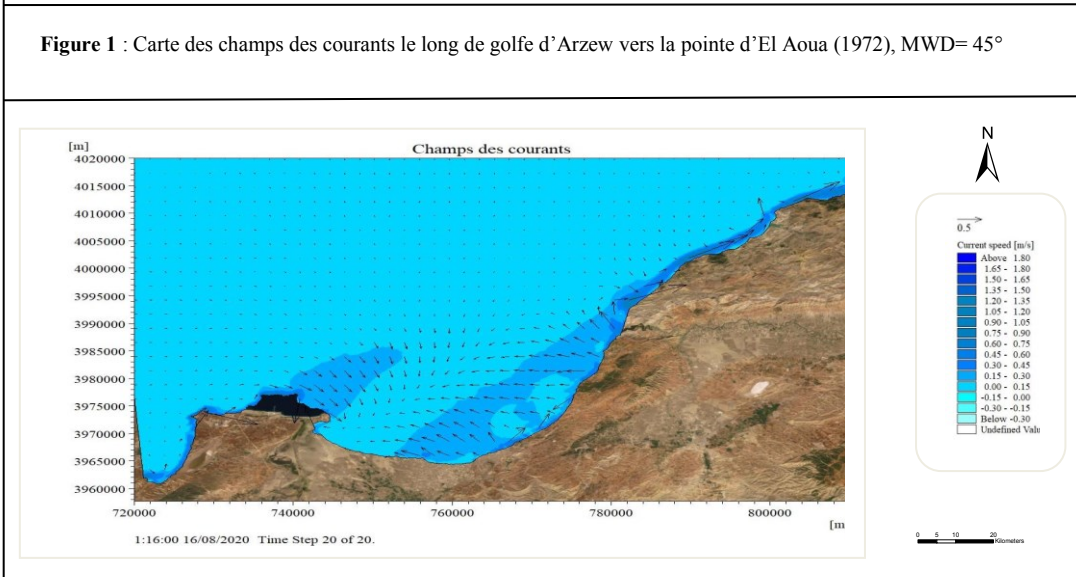
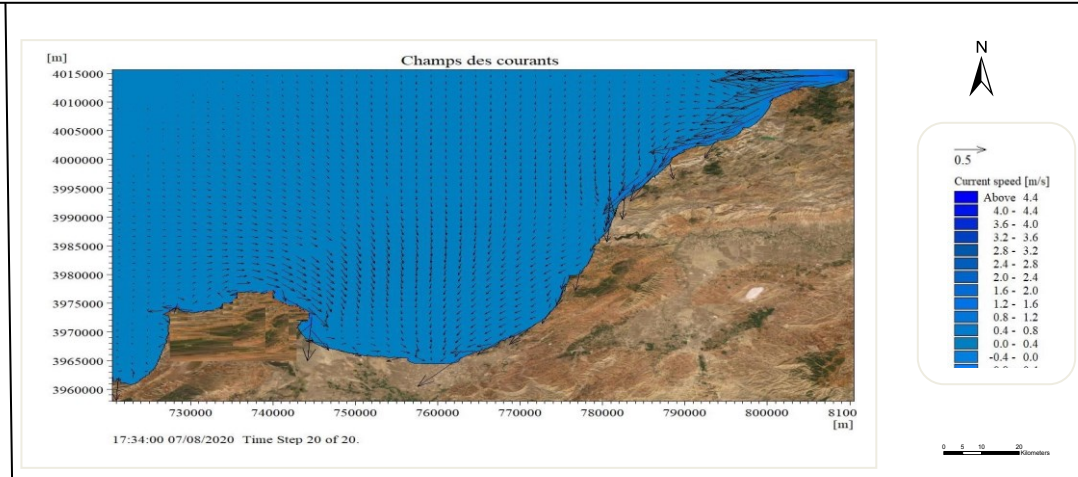
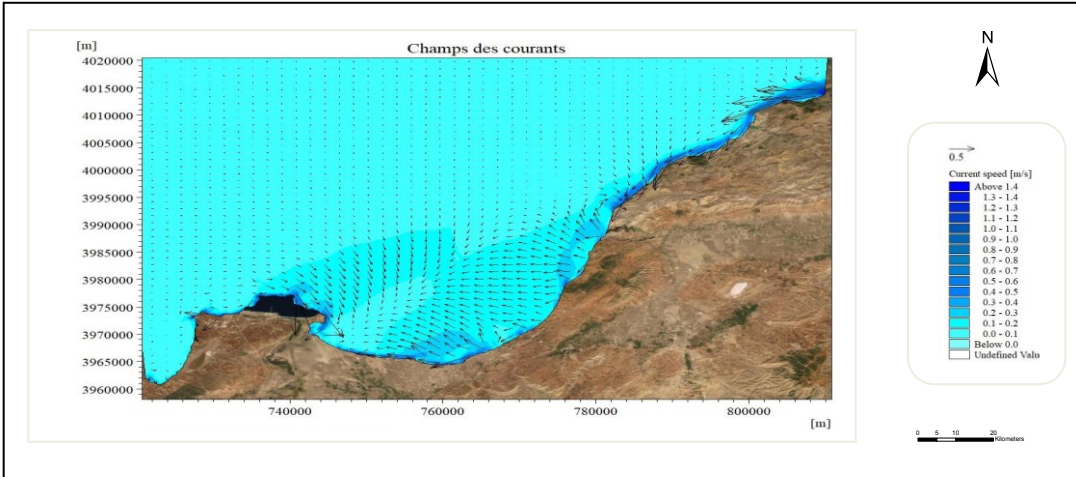


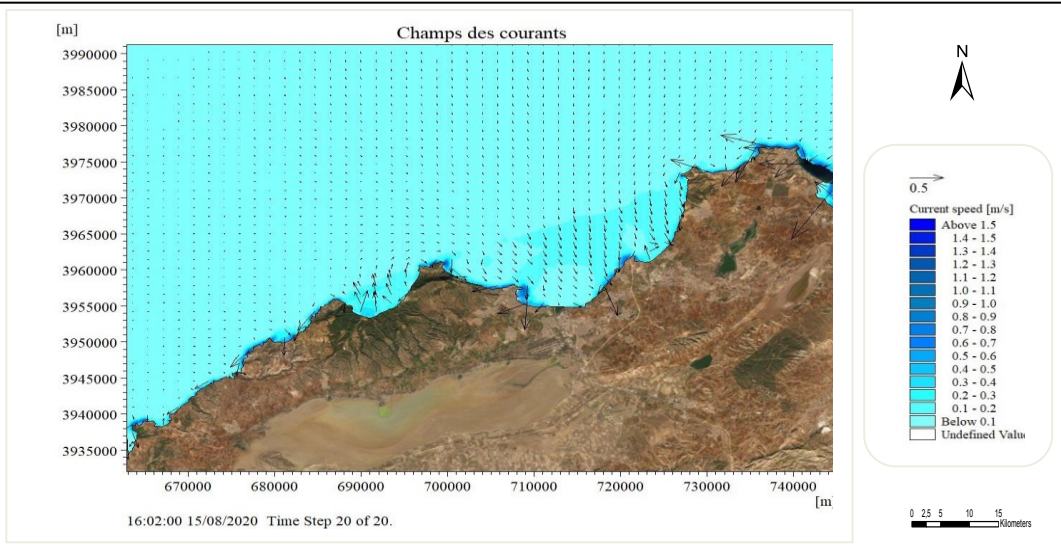
**Figure 39:** Carte de simulation de la réfraction de la houle de la Baie d'El Taref (1972), MWD = 315°

**Figure 40:** Carte de simulation de la réfraction de la houle de la Baie d'El Taref (2019), MWD = 315°

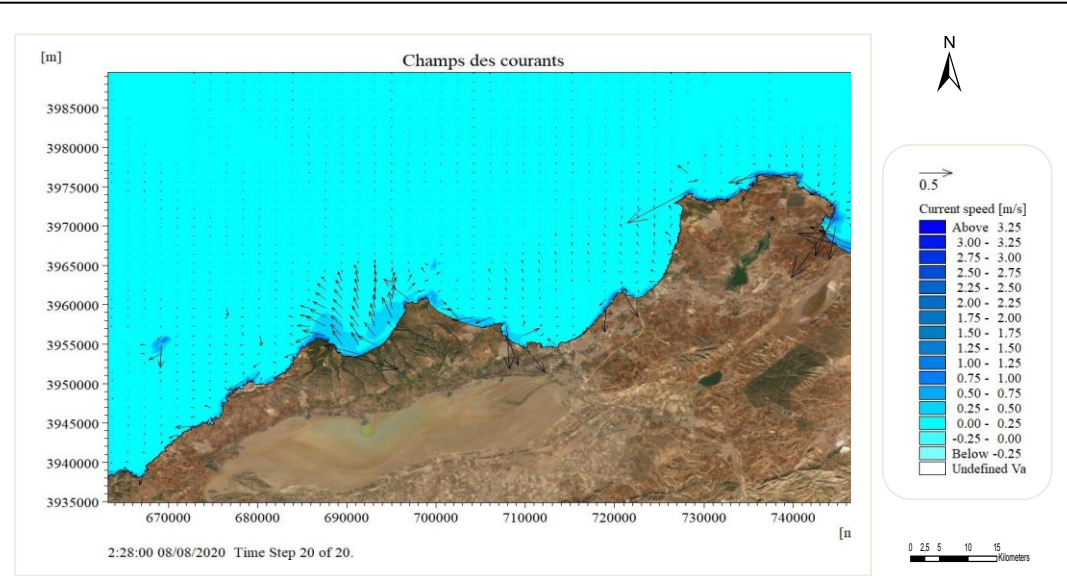
ANNEXE V

Cartes de simulation des champs des courants de 1972 et 2019

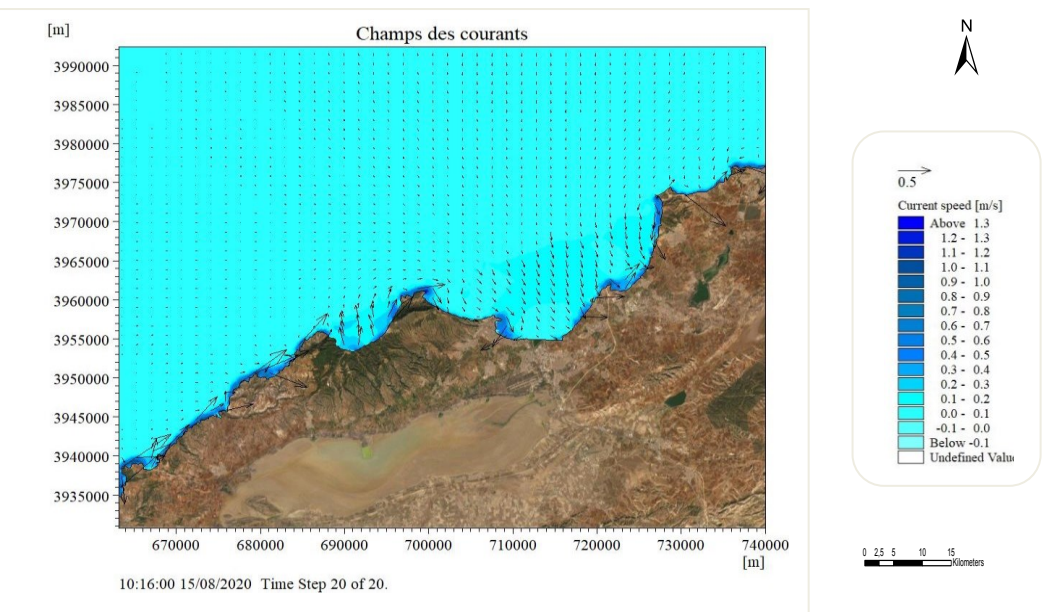




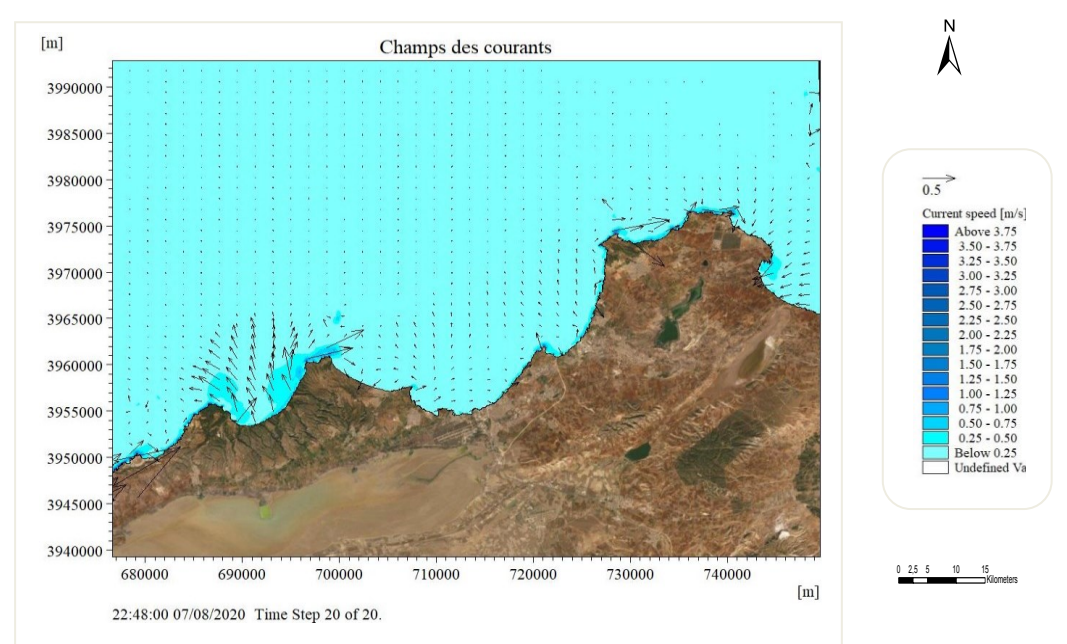
**Figure 5 :** Carte des champs des courants le long de golfe d'Oran vers cap Falcon (1972), MWD= 45°



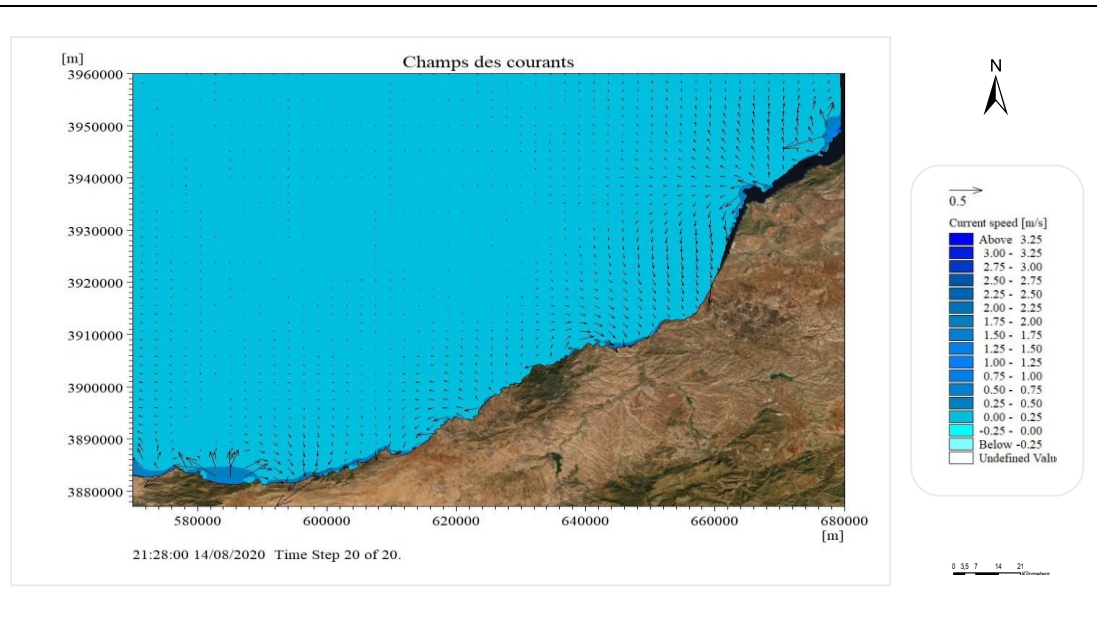
**Figure 6 :** Carte des champs des courants le long de golfe d'Oran vers cap Falcon (2019), MWD= 45°



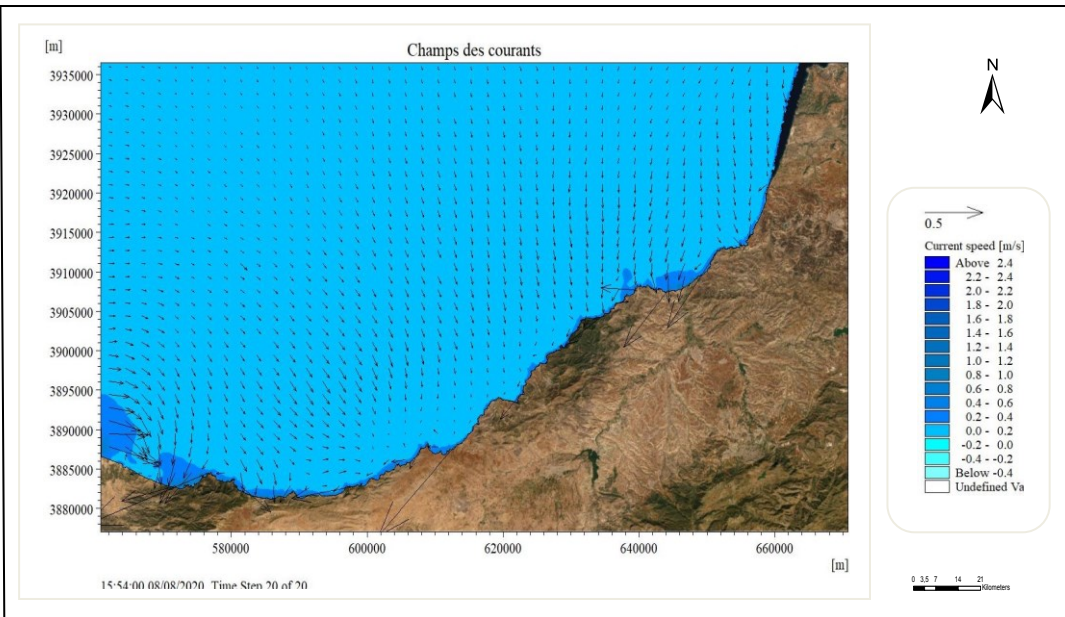
**Figure 7 :** Carte des champs des courants le long de golfe d'Oran vers cap Falcon (1972), MWD= 270°



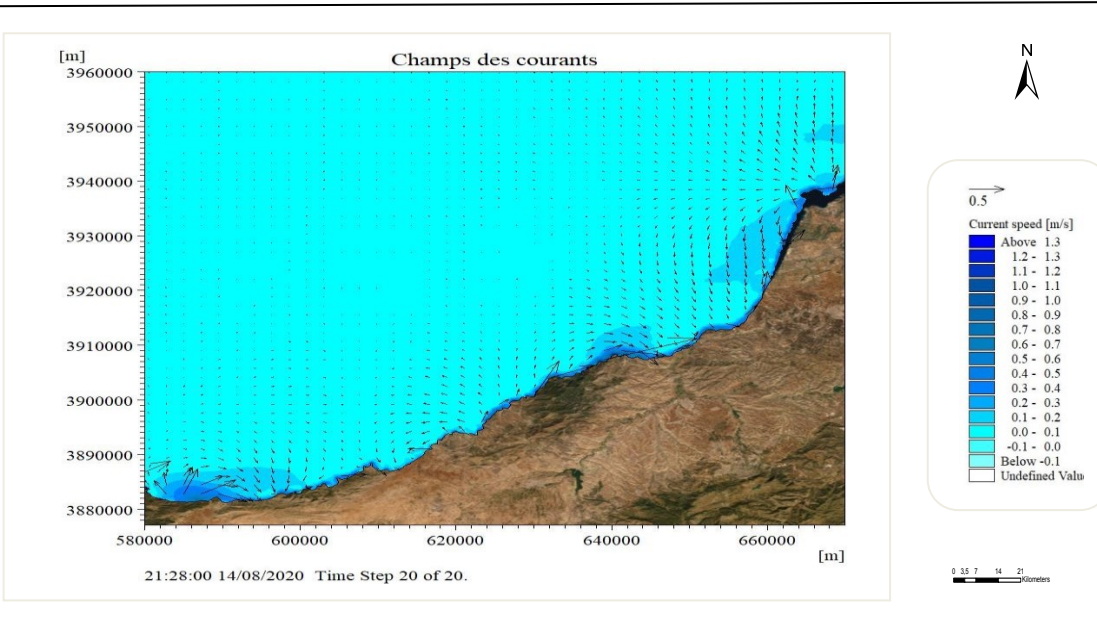
**Figure 8 :** Carte des champs des courants le long de golfe d'Oran vers cap Falcon (2019), MWD= 270°



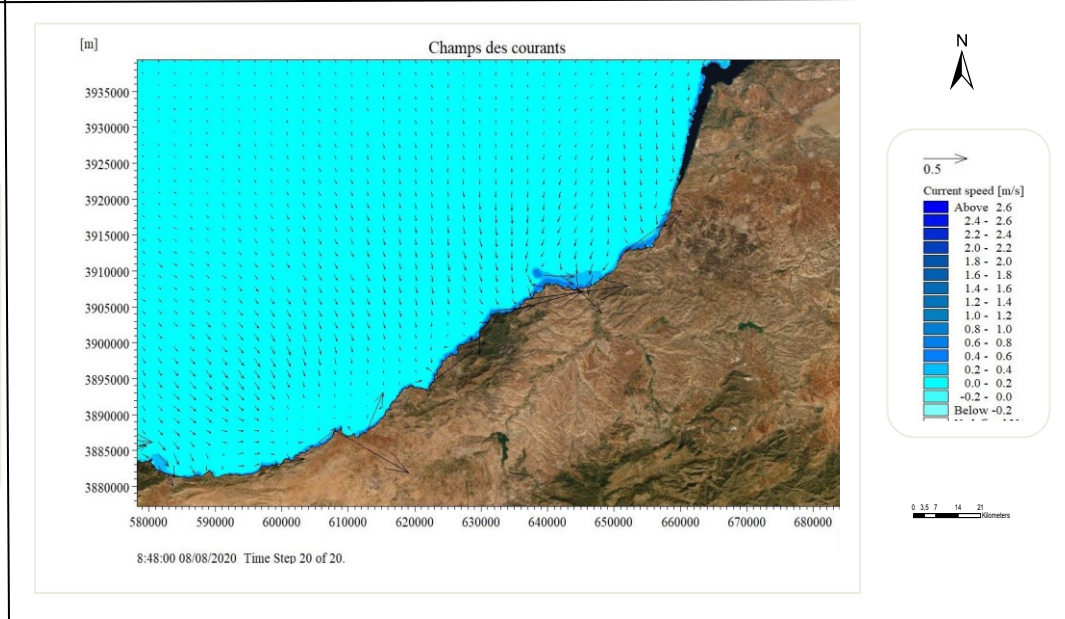
**Figure 9** : Carte des champs des courants le long de golfe de Ghazaouet (1972), MWD= 45°



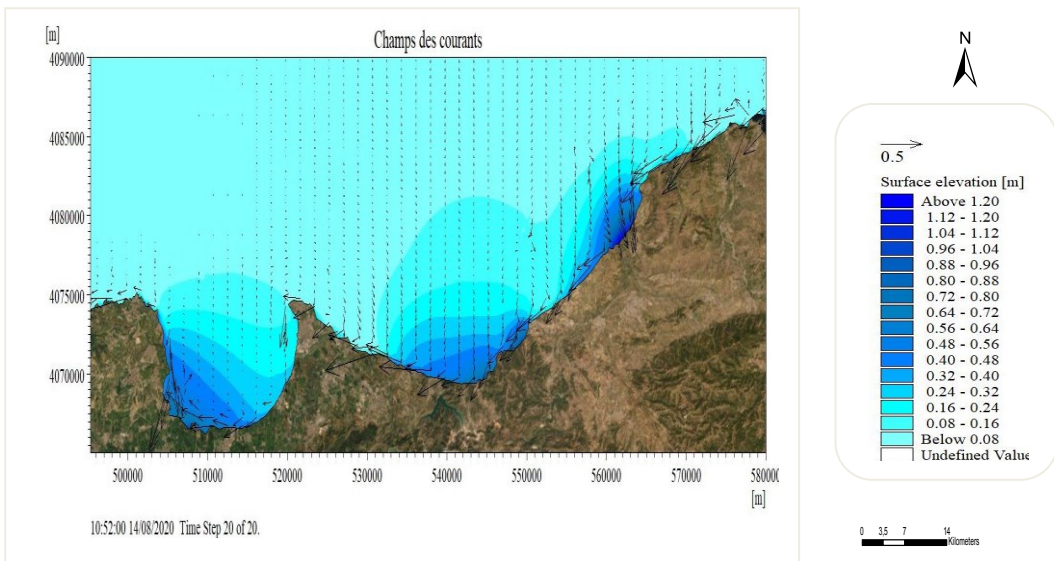
**Figure 10** : Carte des champs des courants le long de golfe de Ghazaouet(2019), MWD= 45°



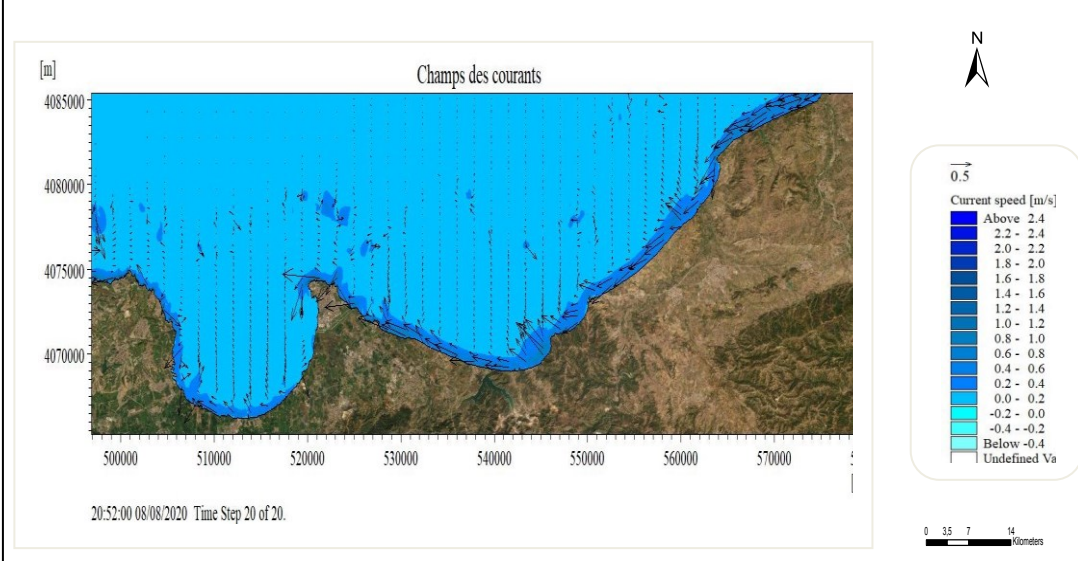
**Figure 11** : Carte des champs des courants le long de golfe de Ghazaouet(1972), MWD= 270°



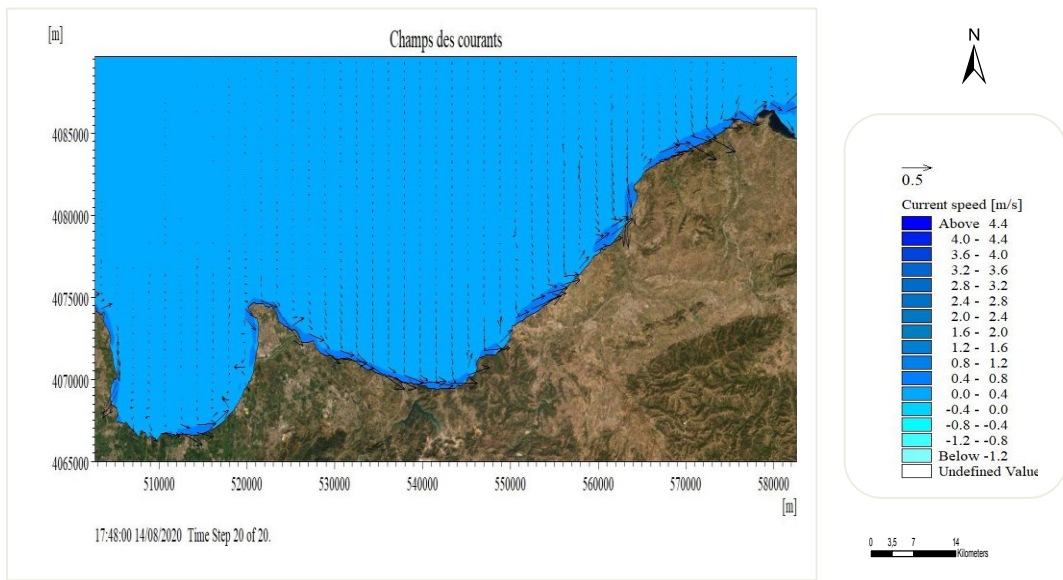
**Figure 12** : Carte des champs des courants le long de golfe de Ghazaouet(2019), MWD= 270°



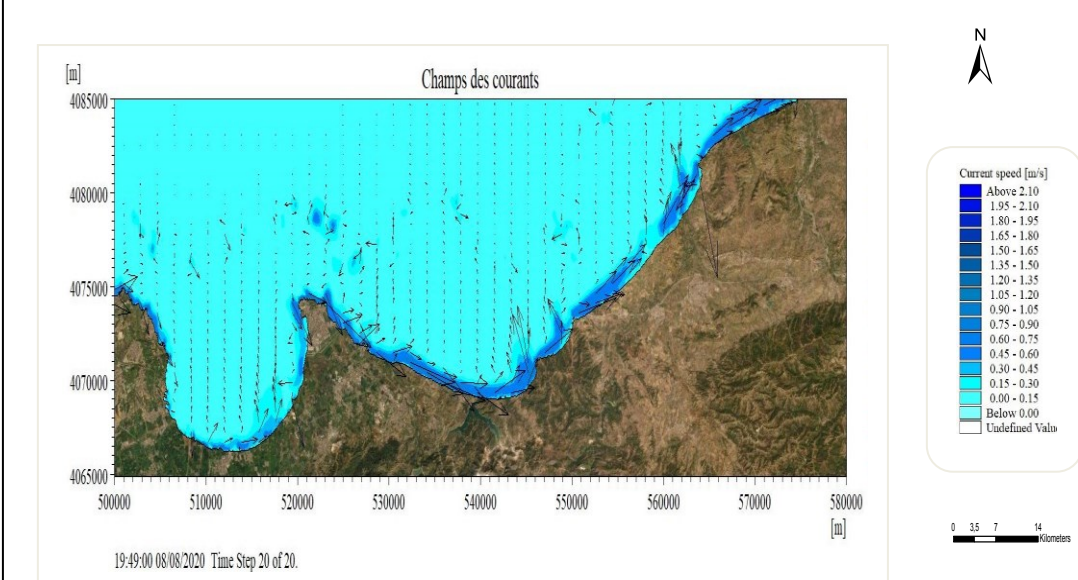
**Figure 13** : Carte des champs des courants de la baie d'Algiers vers cap Bengouf(1972), MWD= 45°



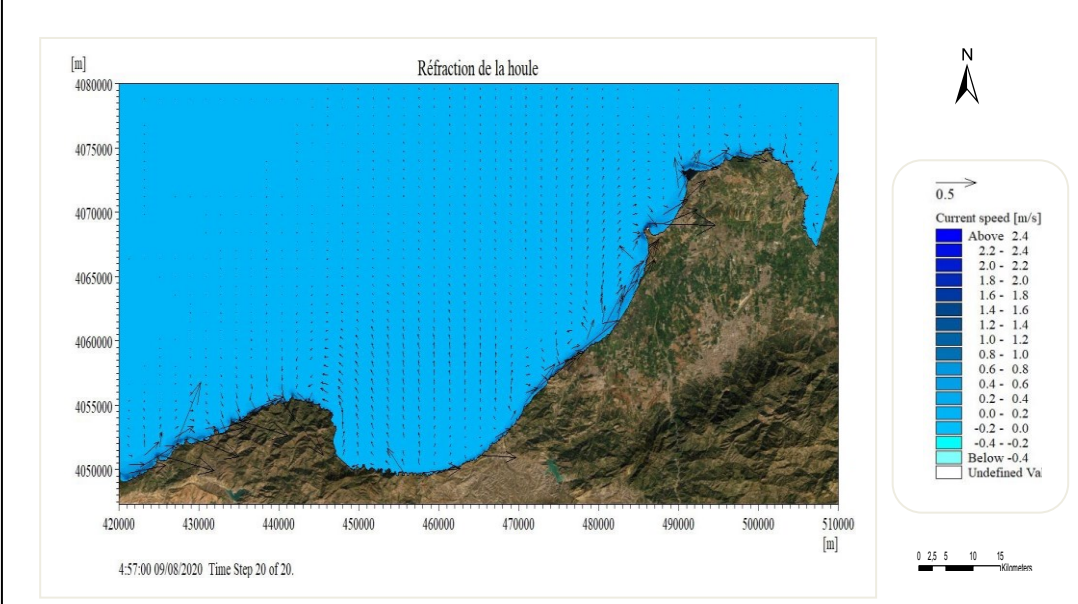
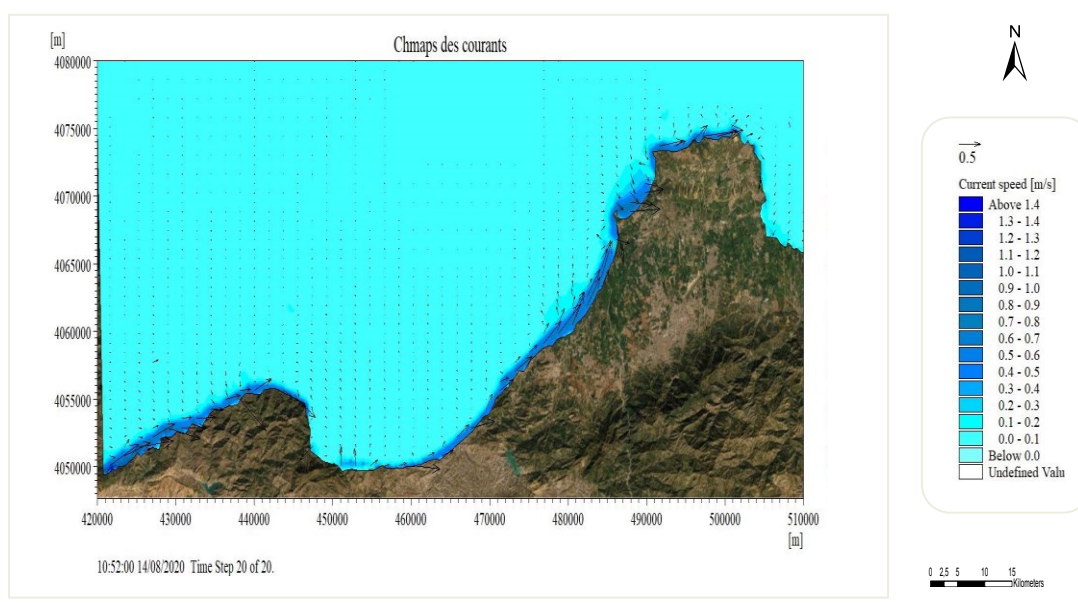
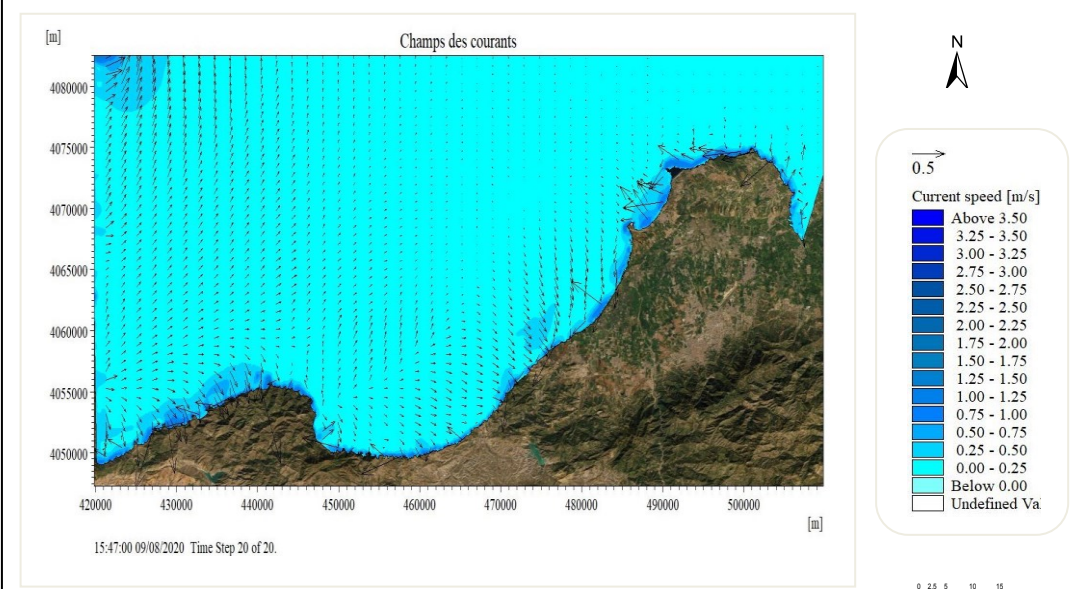
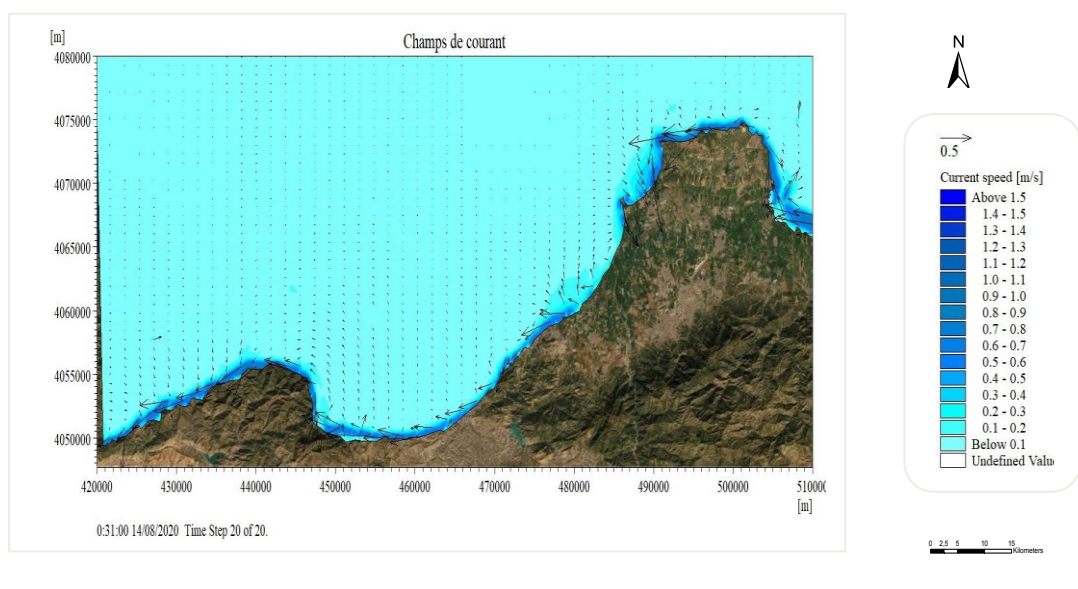
**Figure 14** : Carte des champs des courants de la baie d'Algiers vers cap Bengouf(2019), MWD= 45°

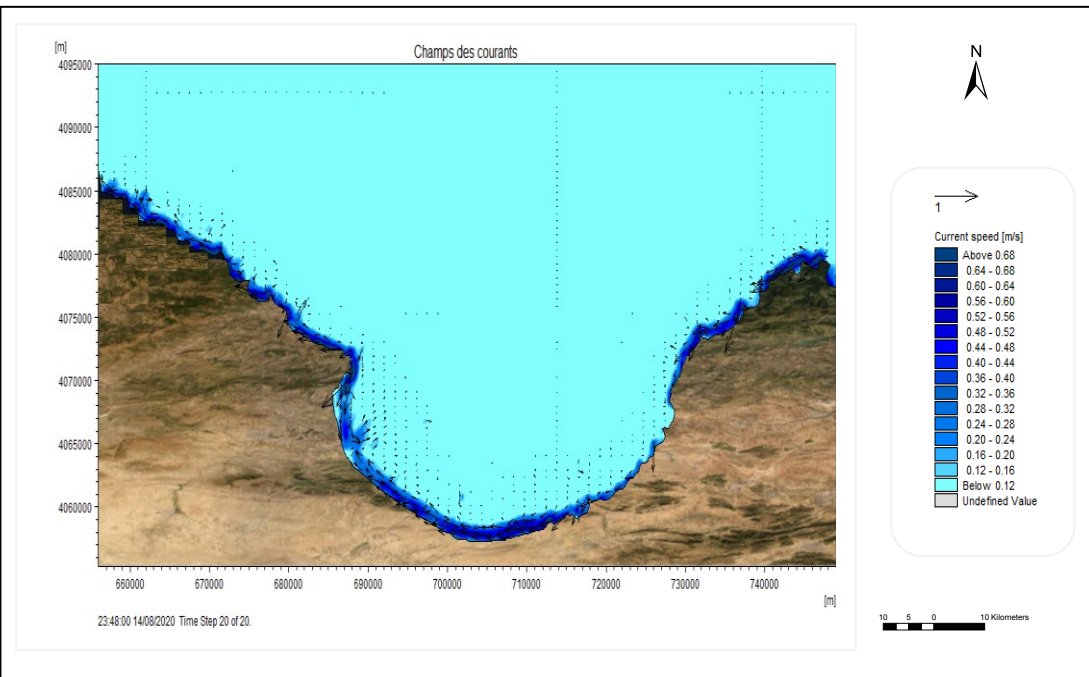


**Figure 15** : Carte des champs des courants de la baie d'Algiers vers cap Bengouf (1972), MWD= 315°

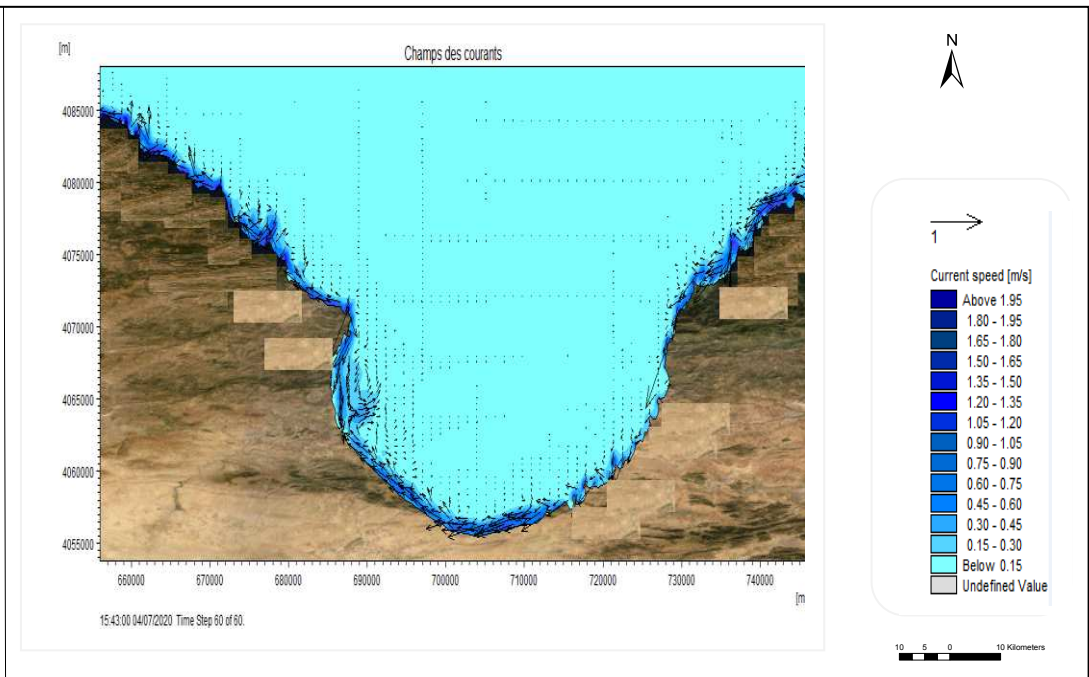


**Figure 16** : Carte des champs des courants de la baie d'Algiers vers cap Bengouf (2019), MWD= 315°

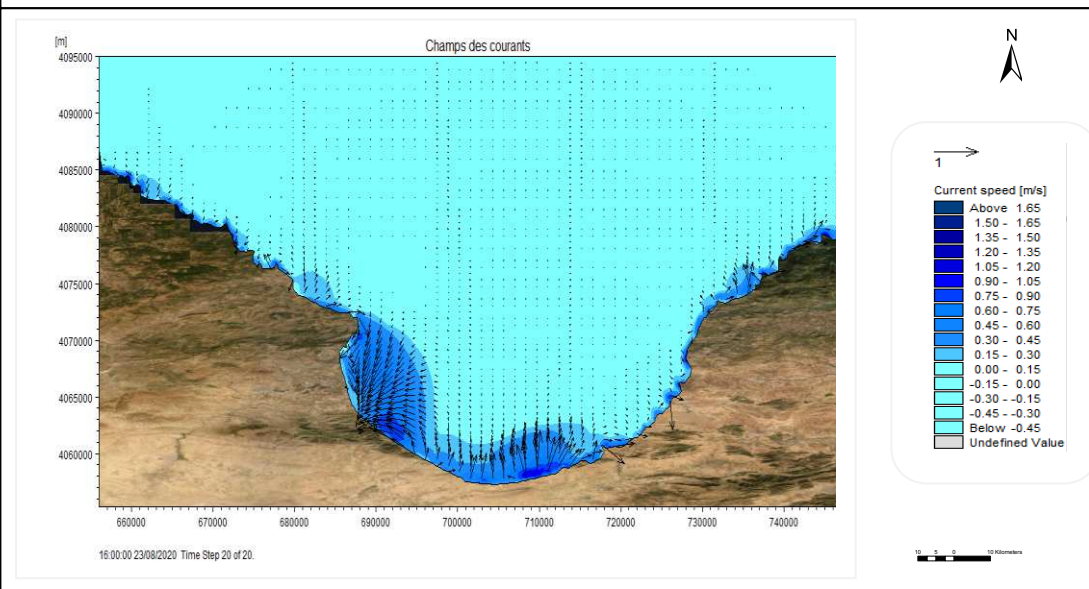




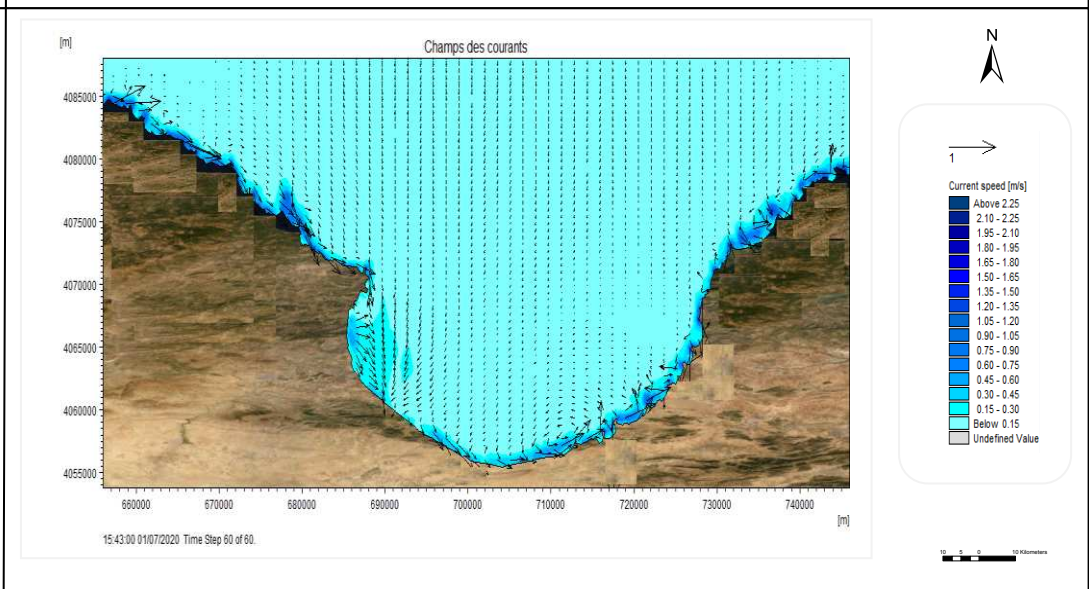
**Figure 21 :** Carte des champs des courants du golfe de Béjaia vers cap Sigli (1972), MWD=45°



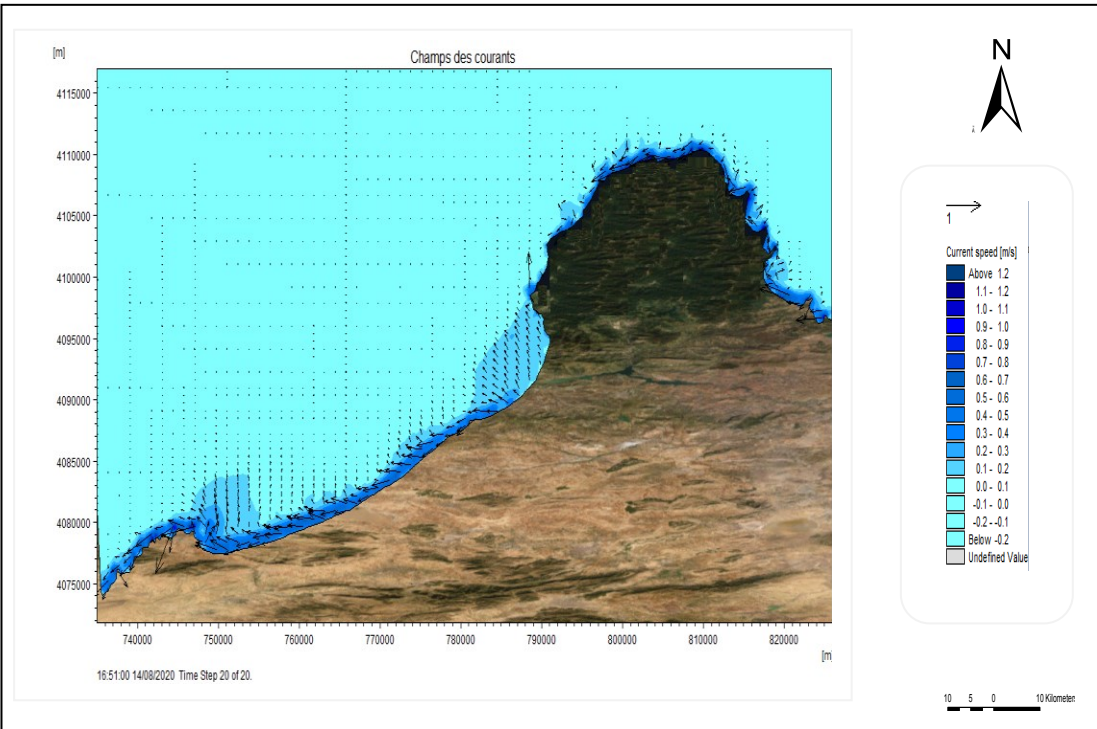
**Figure 22 :** Carte des champs des courants du golfe de Béjaia vers cap Sigli (2019), MWD=45°



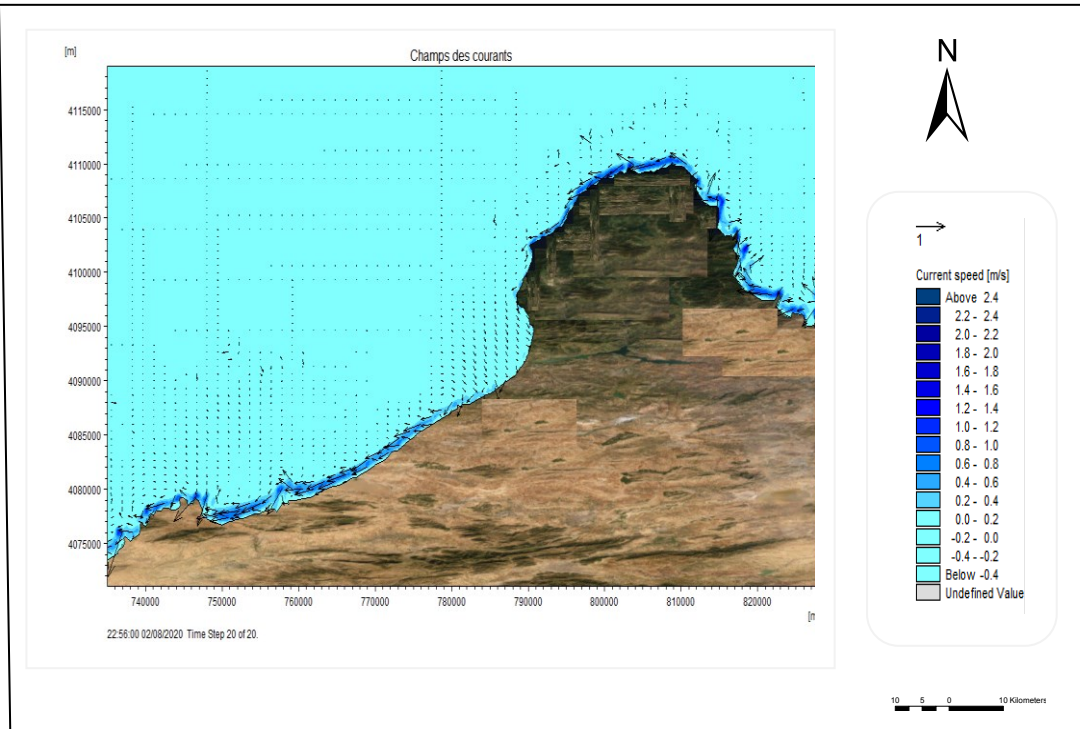
**Figure 23 :** Carte des champs des courants du golfe de Béjaia vers cap Sigli (1972), MWD=315°



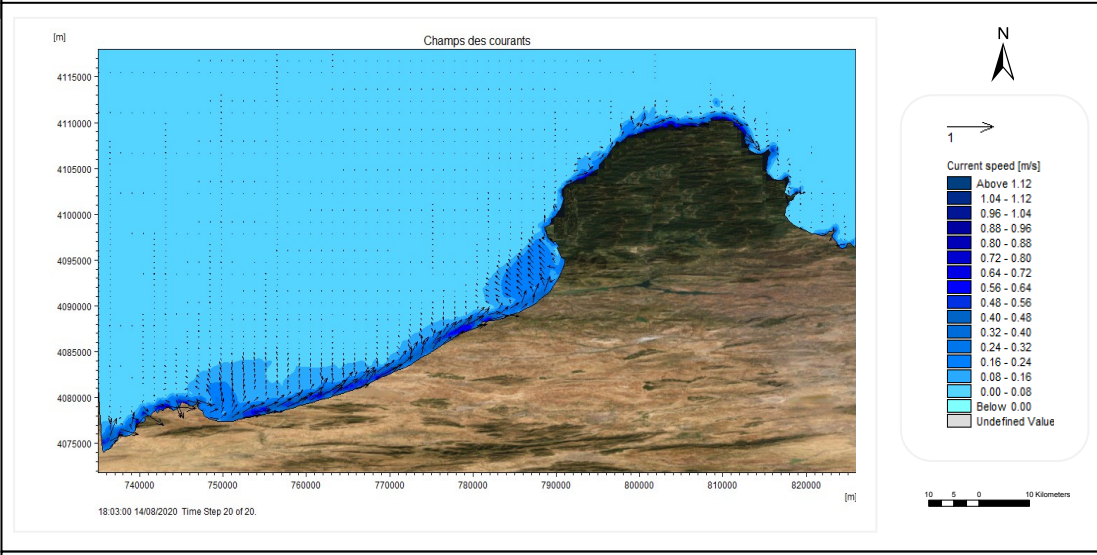
**Figure 24 :** Carte des champs des courants du golfe de Béjaia vers cap Sigli (2019), MWD=315°



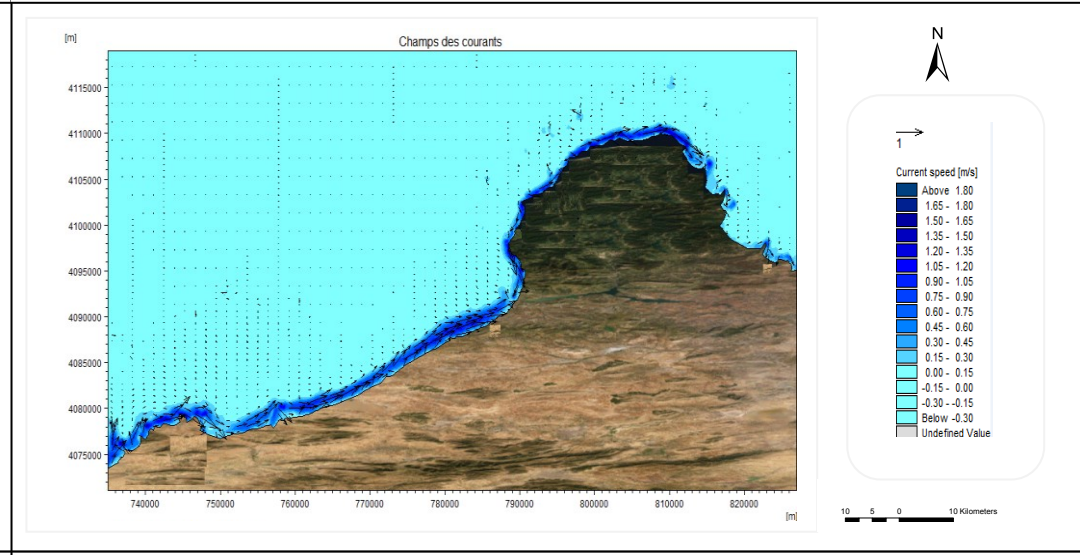
**Figure 25 :** Carte des champs des courants de la baie de Jijel vers cap Bougarouni (1972), MWD=45°



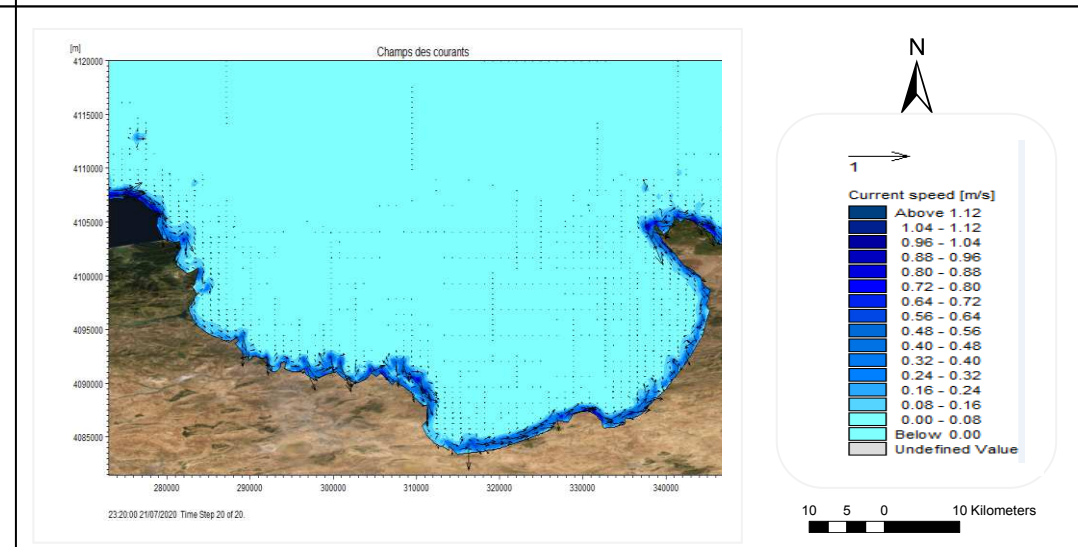
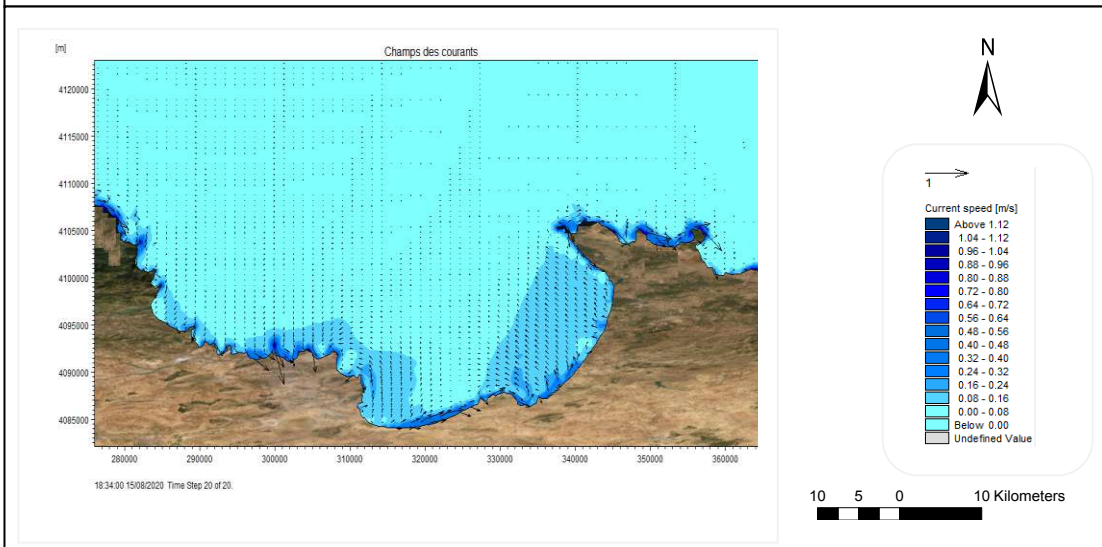
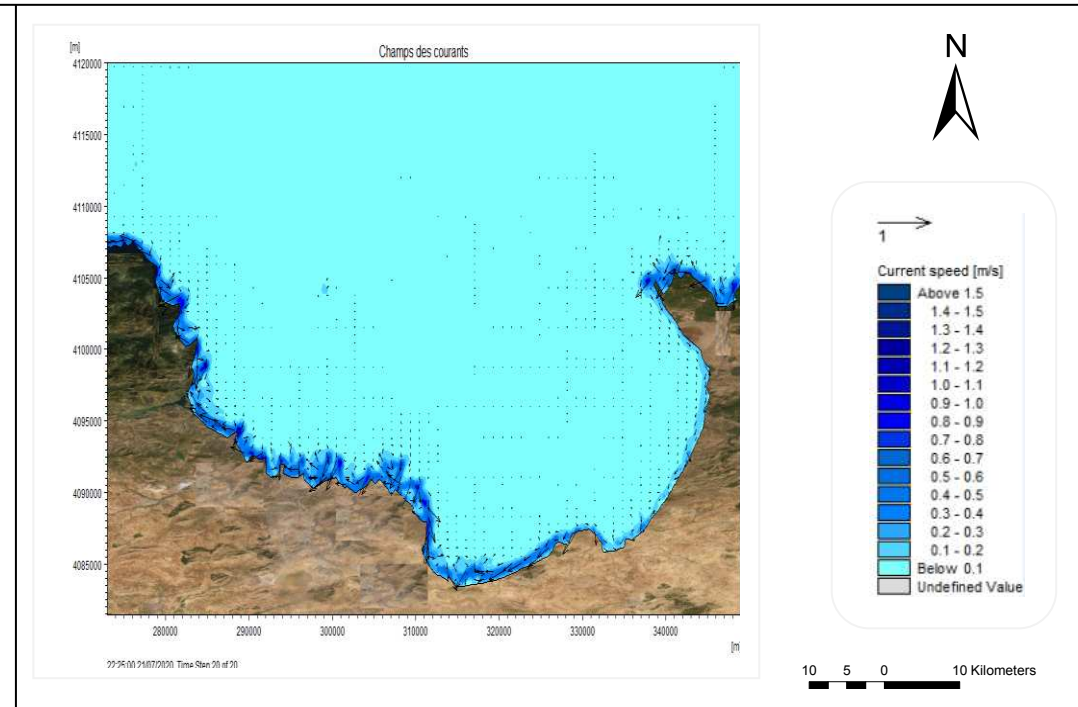
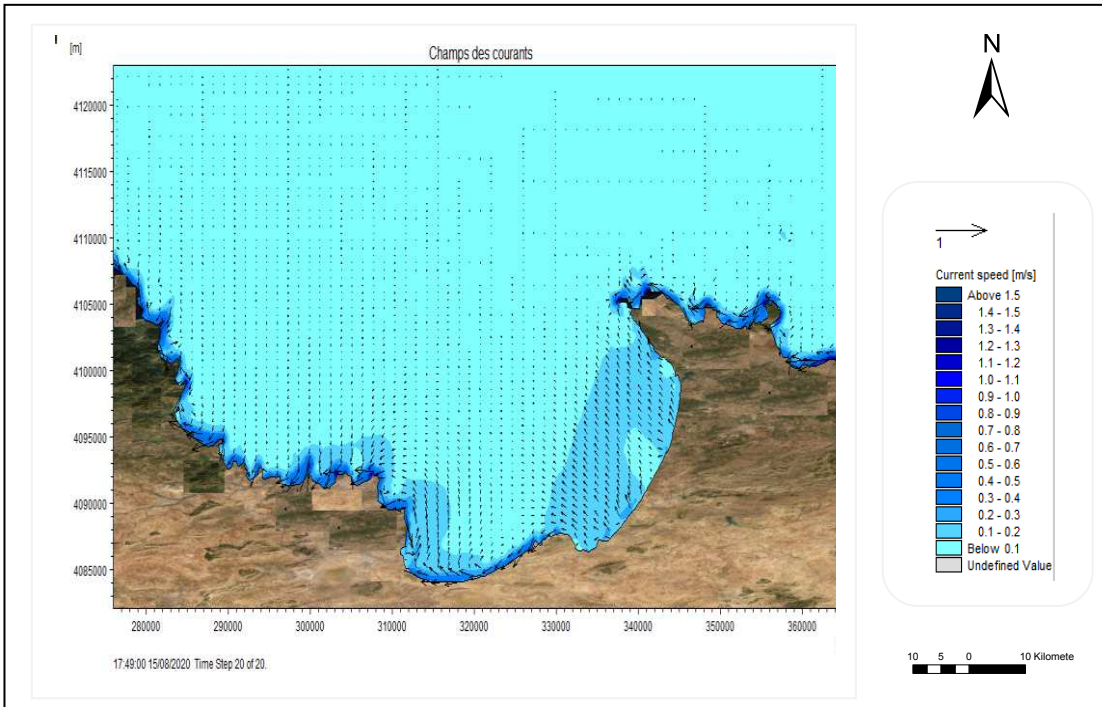
**Figure 26 :** Carte des champs des courants de la baie de Jijel vers cap Bougarouni (2019), MWD=45°



**Figure 27 :** Carte des champs des courants de la baie de Jijel vers cap Bougarouni (1972), MWD=315°



**Figure 28 :** Carte des champs des courants de la baie de Jijel vers cap Bougarouni (2019), MWD=315°



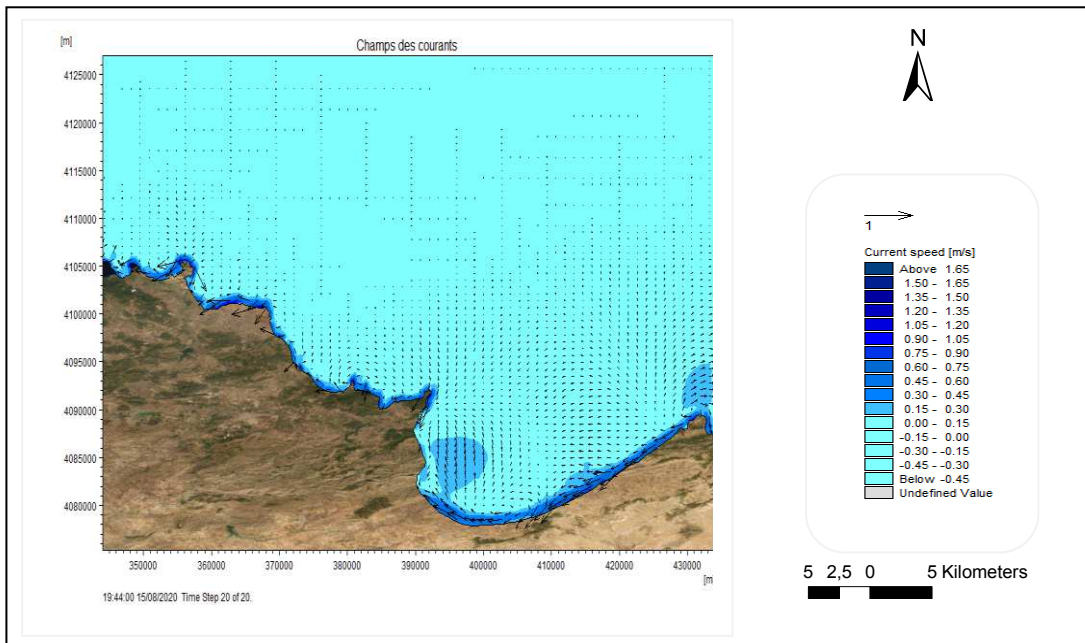


Figure 33 : Carte des champs des courants du golfe d'Annaba vers la baie de Sidi Akkèche (1972), MWD=45°

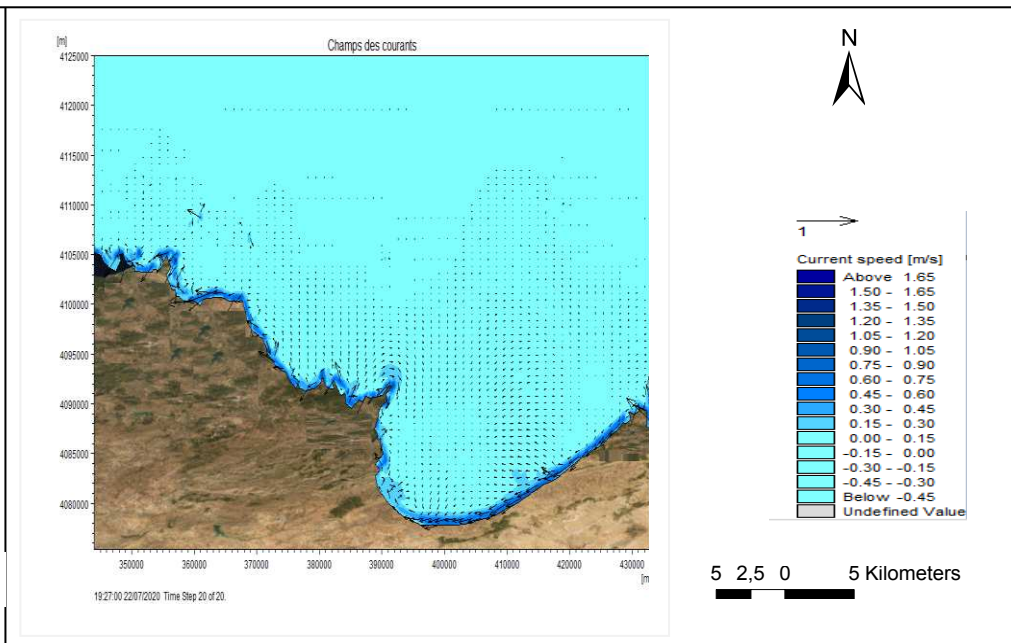


Figure 34 : Carte des champs des courants du golfe d'Annaba vers la baie de Sidi Akkèche (2019), MWD=45°

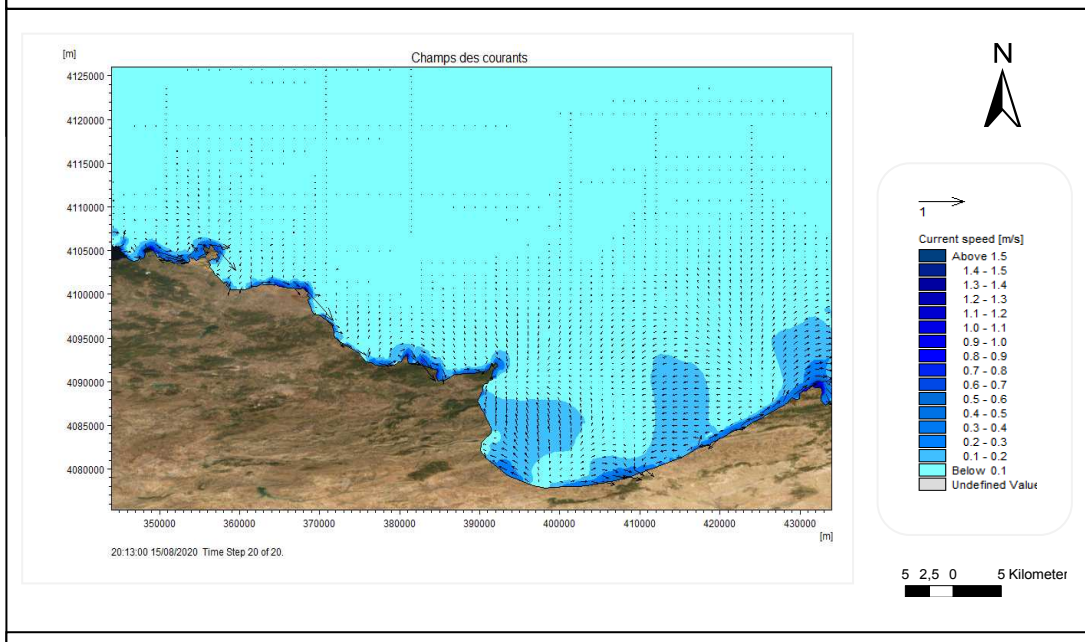


Figure 35 : Carte des champs des courants du golfe d'Annaba vers la baie de Sidi Akkèche (1972), MWD=315°

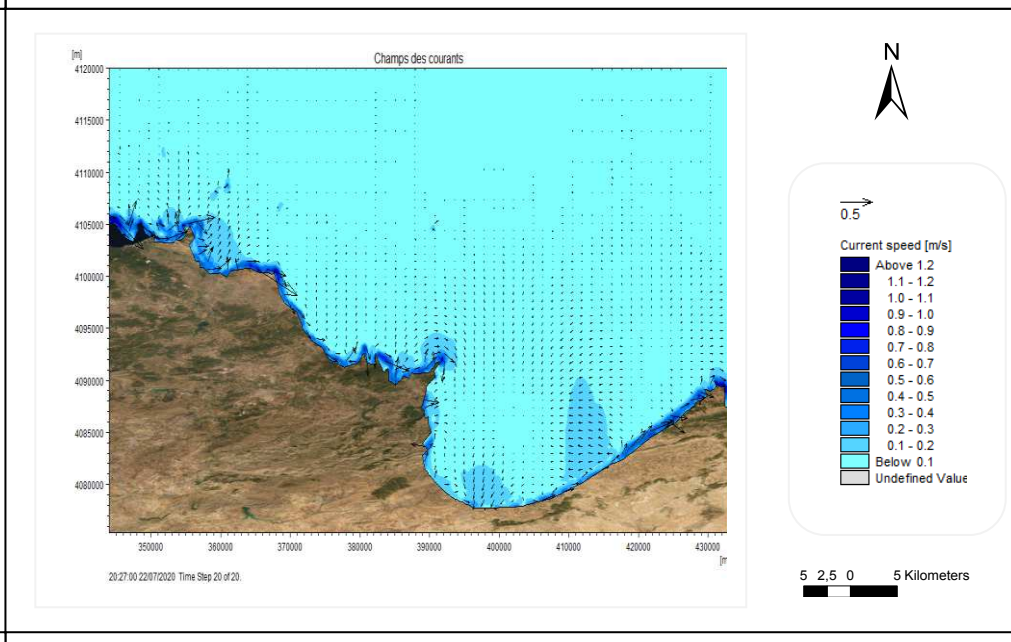
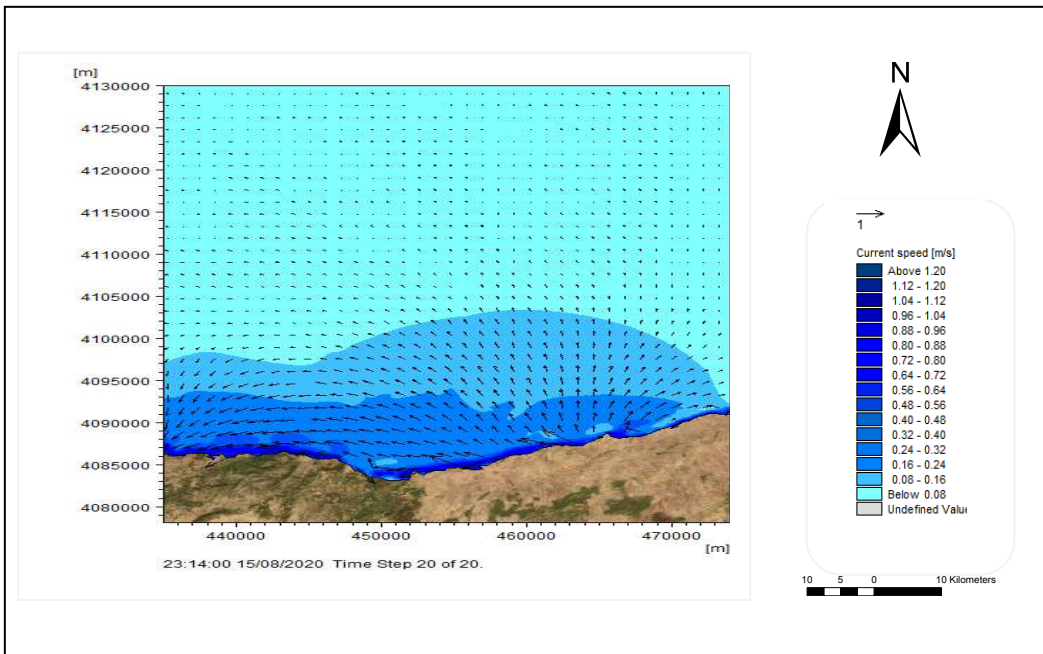
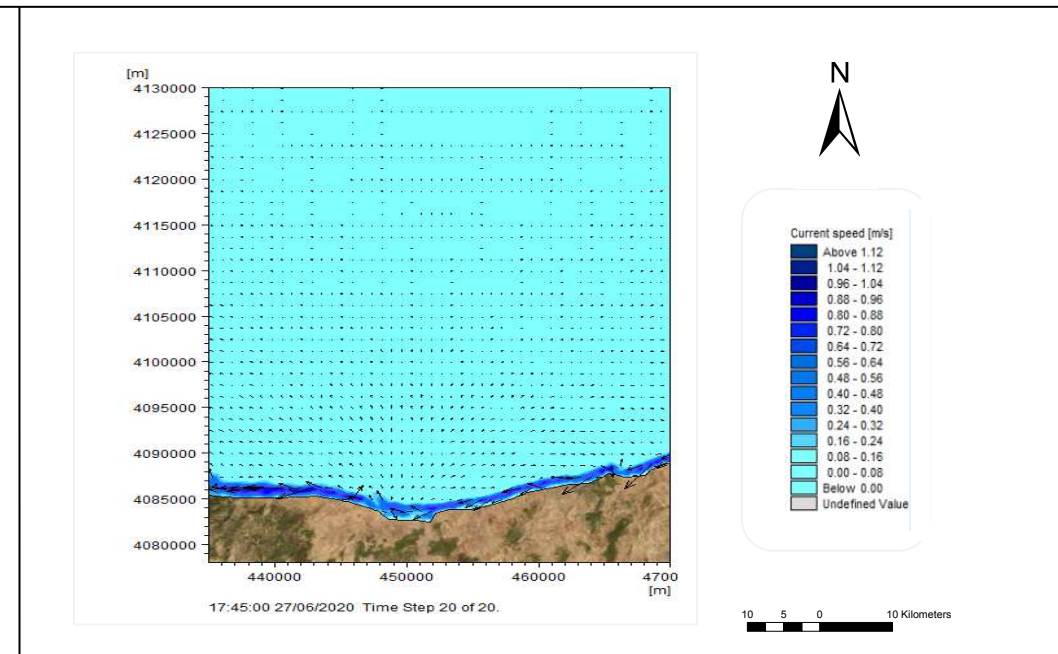


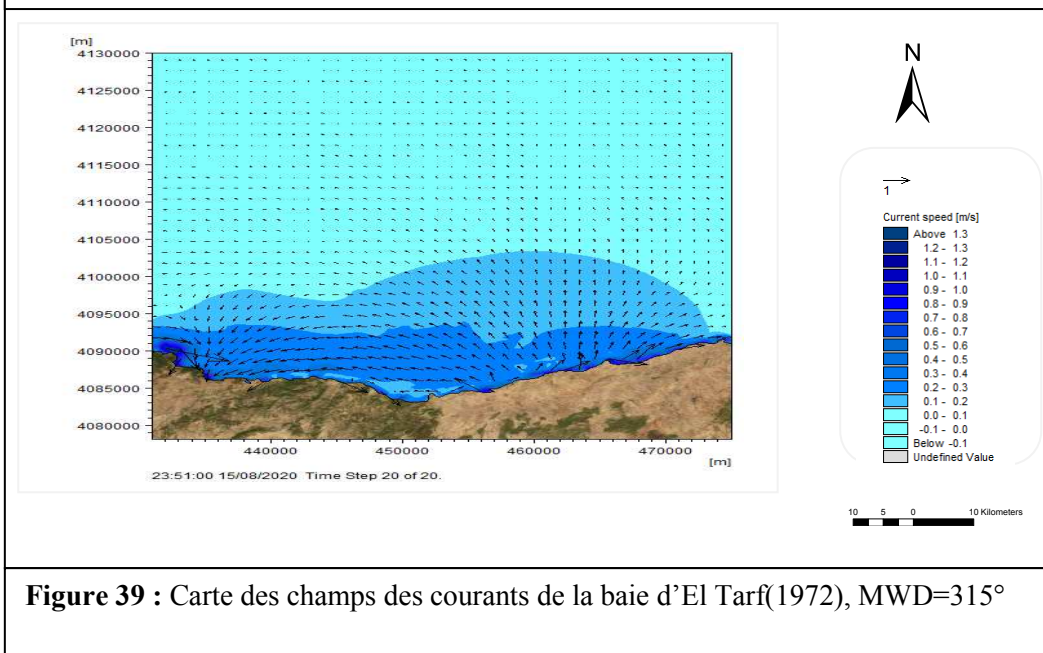
Figure 36 : Carte des champs des courants du golfe d'Annaba vers la baie de Sidi Akkèche (2019), MWD=315°



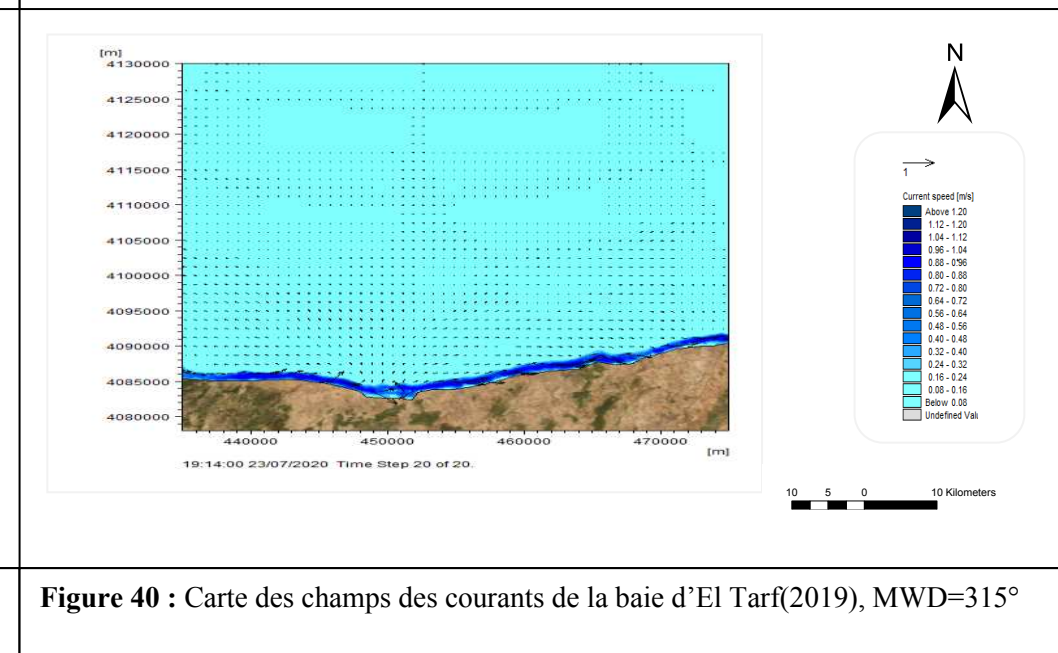
**Figure 37 :** Carte des champs des courants de la baie d'El Tarf(1972), MWD=45°



**Figure 38 :** Carte des champs des courants de la baie d'El Tarf(2019), MWD=45°



**Figure 39 :** Carte des champs des courants de la baie d'El Tarf(1972), MWD=315°



**Figure 40 :** Carte des champs des courants de la baie d'El Tarf(2019), MWD=315°

**BEHLOUL Eldjida**

**BELHOUT Rachida**

**Analyse multiscalaire et multifactorielle et l'évolution du comportement géomorphologique du littoral Algérien entre 1972 et 2019.**

215 Pages, 101 figures, 6 Photos et 15 tableaux.

**Résumé :**

Le littoral Algérien comprend une série de sous-système rempli d'importantes fonctions écologiques, sociales et économiques accompagné d'une concentration démographique.

L'étude comparative entre 1972 et 2019 établit par une simulation numérique (Mike 21), a permis de faire ressortir différents plans de propagation des houles et des courants où l'évolution différentielle et le fonctionnement géomorphologique sont marqués par une forte variabilité spatio-temporelle sur des bathymétries complexes établis par les SIG.

La dégradation de la frange côtière Algérienne peut être expliquée par la combinaison des contraintes naturelles et contraintes anthropiques, pour assurer son développement durable il convient de définir un ensemble de solution de protection qui réduise au maximum les effets négatifs des phénomènes d'érosion et ceux d'accrétion.

**Mots clés :** Accrétion, baie, bathymétrie, courant, développement socio-économique, dérive littorale, érosion, évolution différentielle, géomorphologie, golfe, houle, littoral Algérien, Mike21, modélisation numérique, protection, réfraction, SIG, spatio-temporel.

**Multiscalar and multifactorial analysis and evolution of the geomorphological behaviour of the Algerian coastline between 1972 and 2019**

**Abstract:**

The Algerian coastline comprises a series of sub-systems fulfilling important ecological, social and economic functions with a demographic concentration.

The comparative study between 1972 and 2019 established by a numerical simulation (Mike 21), has allowed to highlight different swell and current propagation plans where the differential evolution and the geomorphological functioning are marked by a strong spatio-temporal variability on complex bathymetries established by GIS.

The degradation of the Algerian coastal fringe can be explained by the combination of natural and anthropic constraints. To ensure its sustainable development, it is advisable to define a set of protection solutions which reduces as much as possible the negative effects of erosion and accretion phenomena.

**Keywords:** Accretion, bay, bathymetry, current, socio-economic development Algerian, littoral drift, erosion, differential evolution, geomorphology, gulf, swell, Algerian coastline, Mike21, numerical modeling, protection, refraction,,GIS, spatio-temporal.

**تحليل متعدد الحسابات و متعددة العوامل وتطور السلوك الجيومورفولوجي للساحل الجزائري بين عامي 1972 و 2019.**

**تلخيص :**

يتألف الساحل الجزائري من سلسلة من النظم الفرعية التي تؤدي وظائف بيئية واجتماعية واقتصادية مهمة مصحوبة بتركيز ديموغرافي.

أتاحت دراسة المقارنة عامي 1972 و 2019 التي تم إنشاؤها بواسطة محاكاة عددية (Mike21)، إبراز مستويات مختلفة من انتشار الأمواج والتيارات البحرية حيث يتميز التطور التفاضلي والأداء الجيومورفولوجي بتغير مكاني وزماني قوي على مقاييس الأعماق البحرية المعقدة التي تم إنشاؤها بواسطة نظم المعلومات الجغرافية (SIG).

يمكن تفسير تدهور الحافة الساحلية الجزائرية من خلال الجمع بين مختلف الضغوطات الطبيعية والبشرية، لضمان تنميتها المستدامة، من الضروري تطوير مجموعة من حلول الحماية التي تقلل من الآثار السلبية لظواهر الانجراف والتراكم.

**الكلمات المفتاحية :** التراكم، الخليج، قياس الأعماق، التيار، التنمية الاجتماعية والاقتصادية، الانجراف الساحلي، التعرية، التطور التفاضلي، الأمواج، الساحل الجزائري، Mike21، النمذجة العددية، الحماية، الانكسار، نظم المعلومات الجغرافية، المكاني والزمني.