وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل

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

Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme D'Ingénieur d'État en Sciences de la Mer

Option : Gestion et Protection du Littoral

Thème :

Retour d'expérience sur les ouvrages de protection du littoral algérois et étude de la dynamique hydro sédimentaire local résultante

Présenté par :

- CHERIR Amani

Soutenu le 15/07/2024, devant le jury composé de :

Meme KERAGHEL M.	Maître conférence B- ENSSMAL	Présidente
Meme SALEM CHRIF Y.	Maître assistant - ENSSMAL	Promotrice
M. MEZOUAR K.	Professeur - ENSSMAL	Co-Promoteur
M. DAHMANI A.	Maitre conférence B- ENSSMAL	Examinateur

Année universitaire : 2023/2024

Remerciement

Au terme de ce travail, je remercie ***Dieu tout puissant*** *pour m'avoir donné le courage, la force, la patience et la volonté pour pouvoir terminer ce modeste travail.*

Je souhaite exprimer ma gratitude la plus sincère à ***mes parents*** *pour leur soutien inconditionnel tout au long de mes études. Leur amour, leurs encouragements constants, et leur foi inébranlable en mes capacités ont été des piliers essentiels de ma réussite. Merci pour les sacrifices que vous avez consentis, pour votre patience et pour avoir toujours été là pour moi.*

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à ***Madame SALEM CHERIF Y.*** *ma promotrice de mémoire, pour son soutien inestimable tout au long de ce projet. Ses conseils avisés, sa rigueur scientifique et son engagement constant ont été essentiels à la réalisation de ce travail. Sa patience et son expertise ont été des sources d'inspiration et de motivation. Merci de m'avoir guidé avec bienveillance et rigueur, et d'avoir toujours cru en mes capacités. Je la remercie chaleureusement pour sa disponibilité, son écoute et son encadrement précieux.*

Je remercie énormément mon Co-promoteur ***Mr MEZOUAR Kh.*** *Professeur à l'ENSSMAL, qui a bien voulu m'accompagner et me guider pour la réalisation de ce projet. Merci pour votre soutien et votre constante bienveillance malgré vos responsabilités administratives.*

Je voulais remercie également les membres du jury ***Mme KERAGHEL M.*** *et* ***Mr DAHMANI A.*** *Maitres de conférences à L'ENSSMAL pour avoir accepté de présider et d'examiner mon travail Par leurs conseils et remarques, ils vont certainement contribuer à améliorer la qualité de ce travail.*

J'exprime mes remerciements à l'ensemble de mes enseignants qui m'ont transmis leur savoir durant mon cursus universitaire au sein de l'ENSSMAL et aux mes collègues ***BENABID M. AIT HAMMA M. BELMOKHTAR W.*** *et* ***KOUAB.S*** *pour leur aide, leur soutien moral et leurs précieux conseils. Leur encouragement constant a été une source de motivation importante.*

Enfin, je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce présent mémoire.

Merci à tous

Dédicaces

À ma chère maman,

Merci pour ton amour inconditionnel, ta patience infinie et ton soutien constant. Tu es la lumière qui guide mes pas et la force qui m'encourage à aller de l'avant. Chaque jour, je suis reconnaissante d'avoir une mère aussi merveilleuse que toi.

À mon cher papa,

Merci pour ta sagesse, ta force et ton amour indéfectible. Tu es mon héros et mon modèle, et je suis reconnaissante pour tout ce que tu as fait et continues de faire pour moi. Ta présence dans ma vie est un cadeau inestimable.

À mon cher grand-père, (Baba Saidou)

Votre présence est une bénédiction qui m'encourage chaque jour. Vos invitations et votre soutien sont les raisons pour lesquelles je réussis aujourd'hui. Vous m'avez toujours traitée comme une princesse, et cet amour restera immortel dans mon cœur.

À mes princesses Oumaima, Sondos et Roumaissa, à mon héros Lokman et à mon ange Anas,

Merci d'être dans ma vie. Vous êtes ma source de bonheur et de force, et j'apprécie chaque moment passé avec vous. Votre amour et votre soutien me donnent la force et l'inspiration pour continuer.

À mes chers amis, Radia, Souzy, Abir, Redouane et Yaakoub

Merci pour votre précieuse amitié, votre soutien indéfectible et les moments inoubliables que nous partageons ensemble depuis cinq ans. Vous resterez toujours les meilleurs pour moi.

À mes chères copines de chambre, Souhila et Wissam

Merci pour tous les moments de partage, de rires et de complicité que nous avons vécus ensemble ..

Table des matières

Introduction Générale : **11**

I. Le Cadre général ..... Erreur ! Signet non défini.

I.1. La situation géographique : 14

a) La baie de Zemmouri : 14

b) La baie d'Alger : 14

c) La baie de Bouismail : 15

I.2. Climat Meto-oceanique : 17

I.2.1. Température : 17

I.2.2. Pluviométrie : 19

I.2.3. Vent : 22

I.2.4. Houles : 27

I.3. Hydrographie : 33

I .4. Ouvrages de protections : 38

Conclusion : 46

II. L'étude de l'évolution du trait de côte ..... Erreur ! Signet non défini.

II.1. Les logiciels utilisés pour étudier l'évolution côtière : 48

1. Google Earth Pro : 48

2. ArcGis10. 2 : 48

3. L'extension DSAS : 48

II.2. Les méthodes de détection des variations de la position du trait de côte : 49

1. Les approches directes : 49

2. Les méthodes indirectes : 49

II.3. Les méthodes statistiques de calcul de la mobilité du trait de côte sous l'extension DSAS : 49

A. La méthode des points extrêmes (End Point Rate - EPR) : 49

B. La méthode de la régression linéaire (Linear Regression - LRR) : 50

C. La méthode de la Mouvement de rivage net (Net Shoreline Movement NSM) : 50

D. La méthode de Shoreline Change Envelope (SCE) : 50

II.4. La démarche à suivre : 51

II.5. Les Résultats : 56

II .5.1. La baie d'Alger : 56

II.5.2. **La baie de Zemmouri :** 69

II.5.3. **La baie de Bouismail :** 77

III. Modélisation de la dynamique sédimentaire de la baie d'El-Djamila (Cas d'étude) Erreur ! Signet non défini.

III .1. Présentation de la modélisation 89

III.2. Description générale du MIKE 21 90

Les modules du modèle Mike21 90

1. Mike SW : Houles Spectrales : 90

2. Mike HD : Hydrodynamique : 90

3. Mike ST : Transport Sédimentaire : 90

III.3. Méthodologie de travail : 90

1. Maillage et bathymétrie de la baie El Djamila : 90

2. Scénarios de simulation : 90

III.4. Résultats des simulations : 90

1. Résultats et discussion des simulation pour période de retour annuelle : 90

2. Résultats et discussions des simulations pour la période de retour de 2ans : 92

3. Résultats et discussions des simulations pour la période de retour de 10 ans : 95

4. Résultats et discussions des simulations pour la période de retour de 50 ans : 98

Conclusion générale **100**

Références Bibliographiques **102**

Annexe **105**

Résumé : 9

Figure 37:Résultat cartographique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode EPR en (m/an) entre 2013 et 2023 (Sablatte)..... 58
Figure 38:Résultat graphique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode NSM en (m) entre 2013 et 2023 (Sablatte) 58
Figure 39:Résultat cartographique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode EPR en (m/an) entre 2007 et 2023 (Fort-l 'eau)..... 59
Figure 40:Résultat graphique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode NSM en (m) entre 2007 et 2023 (Fort-l 'eau) 60
Figure 41:Résultat cartographique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode EPR en (m/an) entre 2007 et 2023(Plage la sirène) ..... **Erreur ! Signet non défini.**
Figure 42:Résultat graphique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode NSM en (m) entre 2007 et 2023 (Plage la sirène)..... 61
Figure 43:Résultat cartographique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode EPR en (m/an) entre 2018 et 2023 (Bordj el-kiffan)..... 62
Figure 44:Résultat graphique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode NSM en (m) entre 2018 et 2023 (Bordj el-kiffan) 63
Figure 45:Résultat cartographique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode EPR en (m/an) entre 2018 et 2023 (Coco plage) ..... **Erreur ! Signet non défini.**
Figure 46:Résultat graphique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode NSM en (m) entre 2018 et 2023 (Coco plage)..... 65
Figure 47:Résultat cartographique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode EPR en (m/an) entre 2011 et 2023 (Bordj el-Bahri) ..... **Erreur ! Signet non défini.**
Figure 48:Résultat graphique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode NSM en (m) entre 2011 et 2023 (Bordj el-Bahri)..... 66
Figure 49:Résultat cartographique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode EPR en (m/an) entre 2011 et 2023(Plage Zerzouria)..... 67
Figure 50:Résultat graphique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode NSM en (m) entre 2011 et 2023 (Plage Zerzouria)..... 67
Figure 51: Résultat cartographique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode EPR en (m/an) entre 2006 et 2023(*Surcuf)* 69
Figure 52:Résultat graphique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode NSM en (m) entre 2006 et 2023..... 69
Figure 53:Résultat cartographique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode EPR en (m/an) entre 2003 et 2024 (Plage de la goéland) ..... **Erreur ! Signet non défini.**
Figure 54:Résultat graphique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode NSM en (m) entre 2003 et 2024 (Plage de la goéland)..... 71
Figure 55:Résultat cartographique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode EPR en (m/an) entre 2003 et 2023 (cap djent est)..... 73
Figure 56:Résultat graphique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode NSM en (m) entre 2003 et 2023 (Cap djent est) 73
Figure 57:Résultat cartographique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode EPR en (m/an) entre 2011 et 2023 (Cap djent ouest)..... 75
Figure 58:Résultat graphique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode NSM en (m) entre 2011 et 2023 (Cap djent ouest) 75
Figure 59:Résultat cartographique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode EPR en (m/an) entre 2006 et 2023(La côrne d'or)..... **Erreur ! Signet non défini.**

Liste de figures

Figure 1:Situation géographique de la Baie de Zemmouri 14
Figure 2:Situation géographique de la Baie d'Alger 15
Figure 3:la situation géographique da la baie de Bou Ismail 16
Figure 4:la situation géographique de la baie El-Djamila 16
Figure 5:Histogramme des températures 2010-2020(Benallo,2020) 17
Figure 6:Histogramme des températures 1988-2007 19
Figure 7:Histogramme des précipitations mensuelles de la station de Dar El Beida entre 2008 et 2019. (Benallou,2020) 20
Figure 8: Pluviométrie moyenne de la baie d'Alger 1990-2023 21
Figure 9: Pluviométrie moyenne de la baie de Bouismail 1988-2007 22
Figure 10:Rose du vent au large de la grande baie de Zemmouri. (Salem Cherif et al.,2019) 24
Figure 11:Rose du vent au large de la grande baie d'Alger (Dahmani et al.,2020) 25
Figure 12: Rose du vent au large de la grande baie de Bouismail (Salem Cherif et al.,2019) 26
Figure 13: Les roses de houles au large de la grande baie de Zemmouri. (Salem Cherif et al.,2019) ... 28
Figure 14:Les roses de houles au large de la baie d'Alger. (Dahmani et al., 2020)**Erreur ! Signet non défini.**
Figure 15:Les roses de houles au large de la baie de Bouismail. (Salem Cherif et al.,2019) ..... **Erreur ! Signet non défini.**
Figure 16:Réseau hydrographique de la grande baie de Zemmouri (Sallaye, 2021) 33
Figure 17:Bassins versants et réseau hydrographique de la wilaya d'Alger (Ziadi & Keraghel, 2024) 36
Figure 18:Carte du réseau hydrographique de la wilaya d'Tipasa (CNL TIPAZA, 2024) 37
Figure 19:défirent types des ouvrages de protection de la Baie de Zemmouri 38
Figure 20:Photos des ouvrages de protection de la baie de Zemmouri 39
Figure 21:différents types d'ouvrages de protection de la Baie d'Alger 40
Figure 22:Photos des ouvrages de protection de la baie d'Alger 41
Figure 23:Photos des ouvrages de protection de la baie d'Alger 42
Figure 24:défirent types des ouvrages de protection de la Baie de Bouismail 43
Figure 25:Photos des ouvrages de protection de la baie de Bouismail 44
Figure 26:Photos des ouvrages de protection de la baie de Bouismail 45
Figure 27:04 images satellitaire de la zone d'étude (Exemple de Surcuf de Zemmouri) au différent dates (2023,2019,2015,2011) Google Erth Pro 51
Figure 28:extrait des traits de cote de la zone 52
Figure 29:Création de la géo-data-base 53
Figure 30:L'ajout de la ligne de base dans la zone d'étude (plage la sériene la baie d'Alger) 53
Figure 31:Fenêtre de dialogue de la création des transects sur logiciel Arc GIS/extension Dsas 54
Figure 32:Création des transects sur logiciel Arc GIS/extension Dsas 54
Figure 33:Calculate rates (Barre d'outils du DSAS) 55
Figure 34:les étapes pour calculer les taux 55
Figure 35:Résultat cartographique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode EPR en (m/an) entre 2004 et 2024 (Kettani) 56
Figure 36:Résultat graphique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode NSM en (m) entre 2004 et 2024 (Kettani) 57

Figure 60:Résultat graphique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode NSM en (m) entre 2017 et 2024 (La côrne d'or) 77
Figure 61:Résultat cartographique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode EPR en (m/an) entre 2017 et 2024(Aine-Taguerait) ..... **Erreur ! Signet non défini.**
Figure 62:Résultat graphique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode NSM en (m) entre 2017 et 2024 (Aine-Taguerait) 79
Figure 63:Résultat cartographique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode EPR en (m/an) entre 2009 et 2024 (Bouismail) 80
Figure 64:Résultat graphique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode NSM en (m) entre 2009 et 2024 (Bouismail) 80
Figure 65:Résultat cartographique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode EPR en (m/an) entre 2009 et 2024 (Fouka) 81
Figure 66:Résultat graphique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode NSM en (m) entre 2016 et 2024 (Fouka) 82
Figure 67:Résultat cartographique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode EPR en (m/an) entre 2009 et 2024 (Douaouda) 83
Figure 68:Résultat graphique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode NSM en (m) entre 2008 et 2024(Douaouda) 83
Figure 69:Résultat cartographique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode EPR en (m/an) entre 2002 et 2023 (El Marsa-Mazafran) 85
Figure 70:Résultat graphique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode NSM en (m) entre 2002 et 2023 (El Marsa-Mazafran) 85
Figure 71:Résultat cartographique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode EPR en (m/an) entre 2009 et 2023(la baie el Djamila) 86
Figure 72:Résultat graphique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode NSM en (m) entre 2009 et 2023 (la baie el Djamila) 87
Figure 1:Carte bathymétrique de la baie de Bouismail 90

Liste des tableaux

Tableau 1:Températures enregistrées sur la période de 1999-2008 dans la région de la Baie d'Alger (ONM, 2012)..... **Erreur ! Signet non défini.**

Tableau 2:température mensuelle moyenne dans la zone de Tipaza (Période 1988-2007)..... 19

Tableau 3:La distribution des moyennes mensuelles des précipitations au niveau de la station de Dar El Beida (2008-2019) 20

Tableau 4:Précipitations mensuelles moyennes sur la période 1988-2002(Source ANRH).... 21

Tableau 5:Les caractéristiques des Oueds de la baie de Zemmouri. (Benallou,2020)..... 34

Tableau 6:les ouvrages de protection excitent dans la baie de Zemmouri 38

Tableau 7: les ouvrages de protection excitent dans la baie d'Alger 40

Tableau 8:Classification des valeurs de changement du trait de côte à partir des paramètre EPR 56

Tableau 10:Signification des symboles de l'equation3-10..... 90

Tableau 11:Signification des symbole pour l'equation 11..... 90

Tableau 12:Des inputs des simulations pour l'ensemble les périodes de retour (Annuelle, 2,10, et 50 ans)..... 90

Liste des abréviations :

BMC : Business Model Canvas.

CNL : Commissariat National du Littoral.

DSAS: Digital Shore line Analysis System.

EPR : End Point Rate.

GIEC : Groupe d'Experts intergouvernemental sur l'évolution du climat.

HD : Hydrodynamique.

HS : Hauteur Significatif.

SW : Spectral wave.

MNT : Modèle Numérique du Terrain.

NSM : Net Shorline Movement.

ONM : Organisation météorologique mondiale.

SIG : Système d'Informations géographiques.

Introduction Générale

Introduction Général

Les zones côtières constituent un enjeu majeur pour les pays ayant un littoral, et l'Algérie n'échappe pas à cette réalité. Le littoral algérois en particulier se heurte à des défis croissants en raison de l'érosion marine et de l''exploitation croissante de la bande côtière. L'importance de la gestion et de la protection des côtes réside dans la préservation des écosystèmes marins, la sauvegarde des infrastructures humaines et la réduction des risques liés aux catastrophes naturelles.

Dans ce projet d'étude l'objectif principal consiste à comprendre de quelle manière ces structures influencent l'évolution des cotes par les processus d'érosion et de sédimentation, ainsi que leur efficience sur le long terme, en mettant l'accent sur l'impact des ouvrages de défense côtière, et entend examiner les dynamiques hydro-sédimentaires au sein de la baie d'El Djamila. (Cas d'étude)

L'étude est divisée en trois chapitres, chacun abordant des aspects spécifiques du sujet Chapitre 01 : établit le contexte théorique et méthodologique de l'analyse de l'érosion et de l'accumulation des côtes. Il définit les concepts clés et présente les différentes approches utilisées pour étudier ces phénomènes.

Chapitre 02 : se concentre spécifiquement sur l'évolution historique du trait de côte de littoral algérois. En utilisant des outils de modélisation géospatiale comme Google Earth Pro et ArcGIS, les chercheurs quantifient les changements linéaires du rivage au fil du temps.

Enfin, la dernière partie du rapport effectue des simulations numériques pour étudier les tendances d'évolution de la baie d'El Djamila. Ces projections permettent d'évaluer l'efficacité des mesures de protection côtière actuellement en place et d'identifier les zones les plus vulnérables à l'érosion.

Chapitre I :
Le Cadre général

Chapitre I : Le cadre générale

I.1. La situation géographique :

a) La baie de Zemmouri :

La grande baie de Zemmouri se situe au sud du bassin occidental de la Méditerranée. Elle présente une ouverture importante vers le nord, formant une concavité, et s'étale sur environ cinquante kilomètres (53,7 km) le long du littoral. Ses limites sont définies à l'est par le Cap de Djinet (36°52' N et 3°45' E) et à l'ouest par le Cap Matifou (36°49'N et 3°15'E).

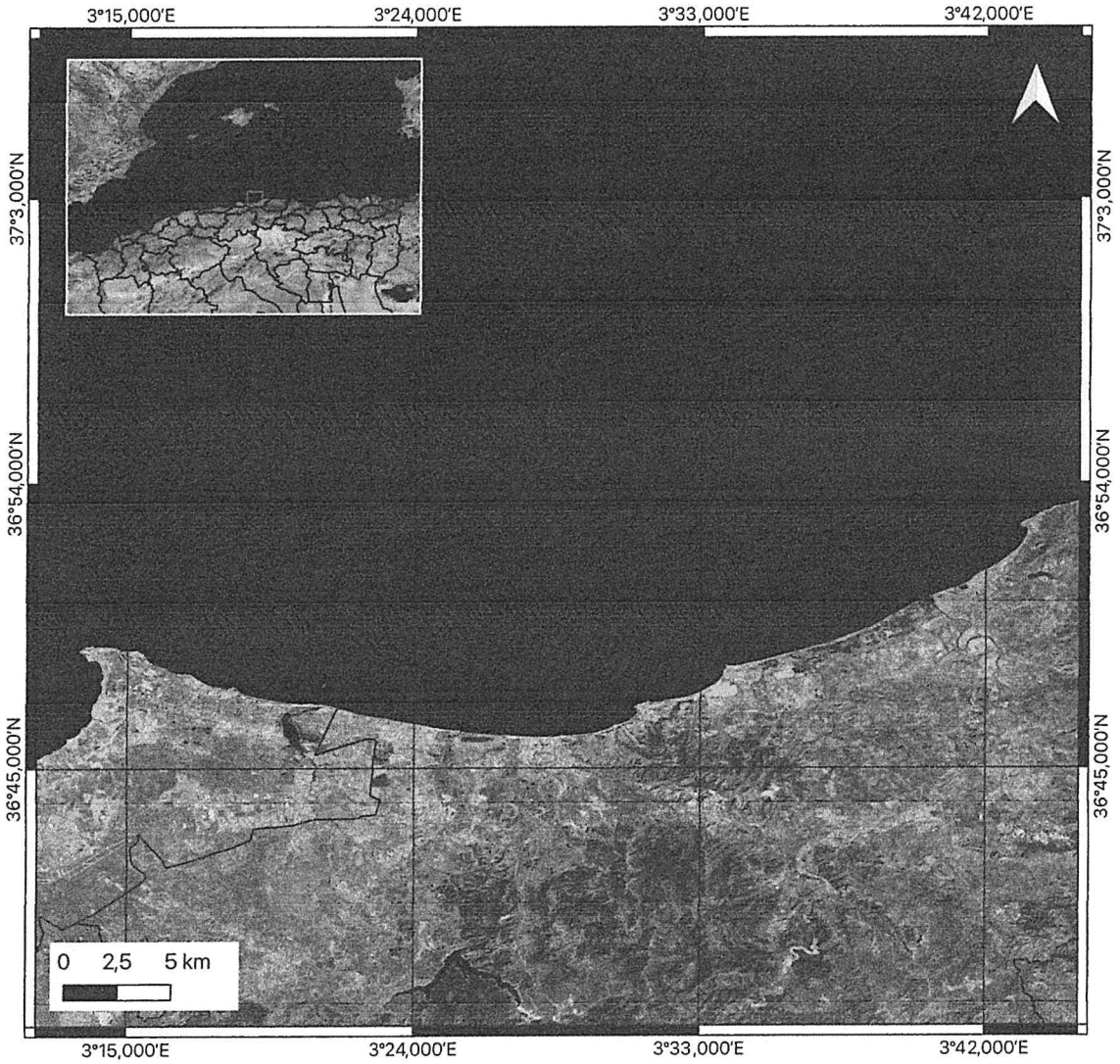


Figure 1:Situation géographique de la Baie de Zemmouri

b) La baie d'Alger :

La baie d'Alger est localisée au centre de la côte algérienne, formant une courbure semi-circulaire avec une superficie d'environ 180 kilomètres carrés. Elle est délimitée à l'ouest

par la Pointe Pescade (Rais Hamidou) et à l'est par le cap Matifou (Bordj El-Bahri), tandis que sa limite nord est définie par la mer Méditerranée, avec des coordonnées allant de 36°49'.35 à 36°49'.50 de latitude nord et de 03°.14'.50 à 03°.00'.40 de longitude est. **(Bachari,2009)**



Figure 2:Situation géographique de la Baie d'Alger

c) La baie de Bouismail :

La baie de Bouismail se trouve dans la région centrale du littoral algérien, elle englobe une partie du littoral de la wilaya d'Alger, et une partie de la wilaya de Tipaza. Ses coordonnées géographiques s'étendent de 2°25' à l'ouest à 2°55' à l'est. Cette localisation lui offre un emplacement stratégique le long de la mer Méditerranée.

La baie est limitée par de la pointe de Cap Caxine (Ras Acrata) à l'Est de Sidi-Fred, et par le Mont **Chenoua** à l'Ouest, par la plaine de la Mitidja au Sud et la mer méditerranéenne au Nord. (Figure 3). L'ouverture de la baie de Bouismail est d'environ 40 Km, et s'oriente du Sud-Ouest à Nord-Est. Cette baie couvre une surface de l'ordre de 350 Km^2. **(Braik, 1989, *in* Haddouche, 2003).**

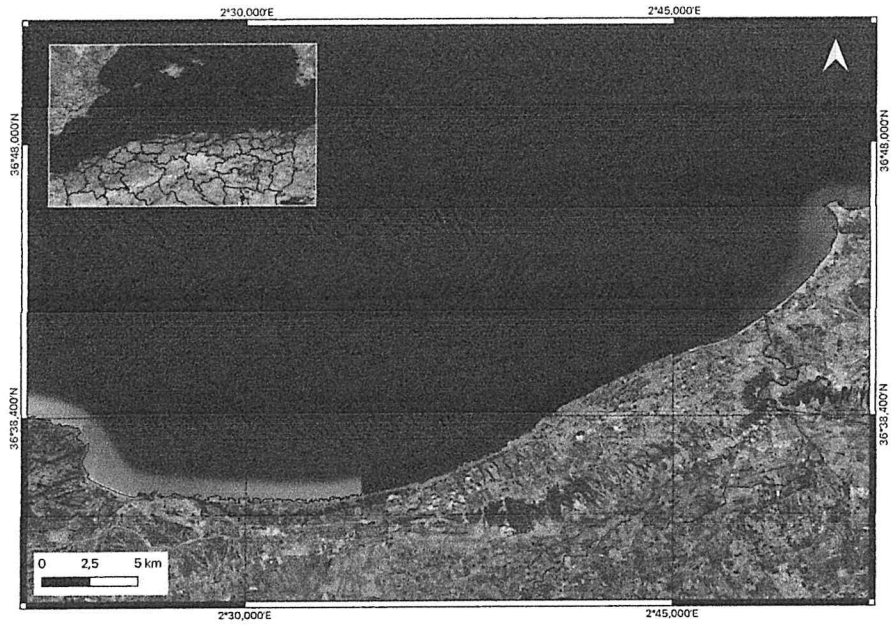


Figure 3:la situation géographique da la baie de Bou Ismail

La baie d'El Djamila se situe à une trentaine de kilomètres à l'ouest d'Alger, elle représente le quart oriental de la baie de Bou Ismail. C'est une baie relativement fermée, limitée à l'Ouest par la presqu'île de Sidi Fredj et à l'Est par Ras Acrata (Figure 4). Son rivage est orienté Sud-Ouest – Nord Est et ses coordonnées Lambert sont : 2°50'54.744'' Est et 36°45'43.092'' (port de Sidi Fredj) ;2°53'42.792'' Est et 36°48'5.796'' (Ras Acrata) **(Bachari,2009)**

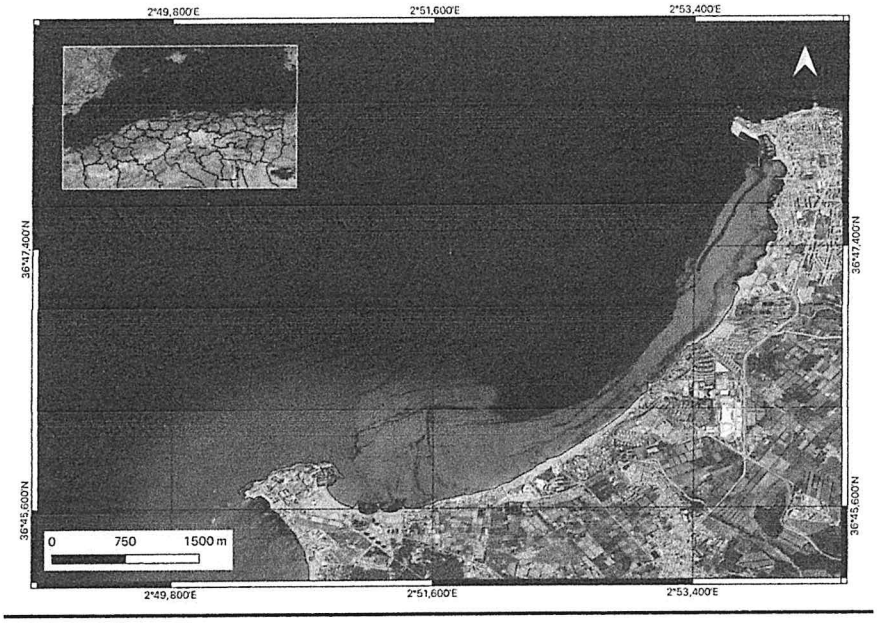


Figure 4:la situation géographique de la baie El-Djamila

I.2. Climat Meto-oceanique :

I.2.1. Température :

Les températures enregistrées sur la plaine littorale Algérienne se caractérise par un régime thermique de type Méditerranéen avec un été chaud et sec, et un hiver doux et humide. **(Benyettou & Boukilkha, 2017 ; Dahmani, 2023)**

a) La baie de Zemmouri :

L'étude des variations de température est basée sur le traitement des données de températures mensuelles calculées à partir des enregistrements réguliers effectués au niveau de la station de Dar El Beida, couvrant une période de 10 ans. **(Benallou,2020)**. Les résultats portés sur l'histogramme montrent :

- Une période hivernale relativement froide, avec une moyenne de -0,7°C, s'étendant de novembre à avril et enregistrant ce minimum moyen en février.
- Pendant une période estivale relativement chaude de 6 mois, des pics de température pouvant atteindre 42,2°C sont enregistrés en juin.

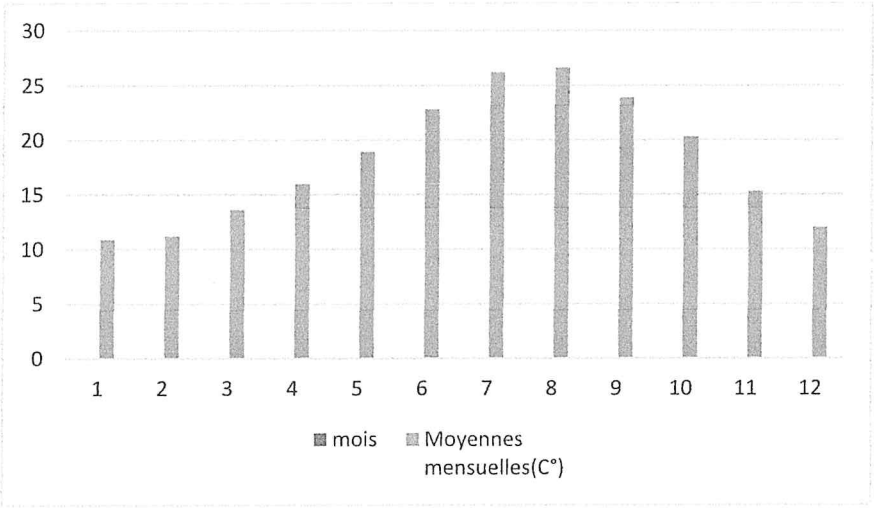


Figure 5: Histogramme des températures au niveau de la baie de Zemmouri 2010-2020**(Benallou,2020)**

b) La baie d'Alger :

L'analyse de la variation des valeurs de la température dans la zone d'étude (au niveau de la station de Dar el Beida) entre 1991 et 2020 (Figure 6) **(Dahmani, 2023)** nous a montré ce qui suit :

- La valeur maximale de la température est enregistrée durant le mois d'août (la saison estivale) avec une valeur de 47.5 °C, tandis que la température maximale moyenne est de 32.8°C.

- En revanche, La valeur minimale de la température est enregistrée durant le mois de janvier (la saison hivernale) avec une valeur de -03 °C, tandis que la température minimale moyenne est de 5.8°C.

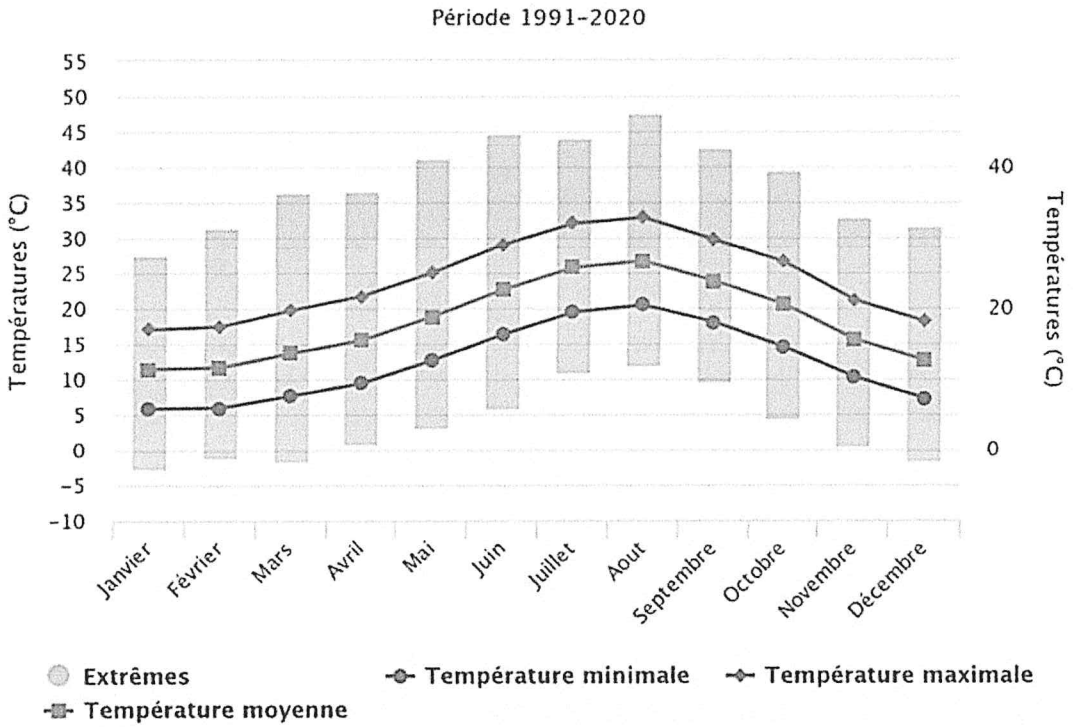


Figure 6 : Diagramme de température [°C] basé sur les données climatiques de la station de Dar El Beida entre 1991 et 2020 **(Info climat, 2021).**

c)La baie de Bouismail :

Les températures enregistrées à la station du barrage de Boukerdoune se caractérisent par un régime thermique de type méditerranéen. L'analyse des températures moyennes mensuelles du littoral présente une période estivale caractérisée par des températures relativement élevées avec 26,6°C pour le mois de Juillet et 26,5°C au mois d'Août. **(CNL ,2024)**

Quant au mois le plus froid c'est celui de janvier avec 11.0°C. La valeur maximale de la température est enregistrée durant les mois de juillet et d'Aout avec des valeurs dépassant 31°C, tandis que la température minimale est enregistrée durant le mois de Janvier qui avoisine 6,5°C, sachant que l'adoucissement des températures est sans doute lié à l'influence maritime.

Tableau 1:température mensuelle moyenne dans la zone de Tipaza **(Période 1988-2007)**

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Min(T°C)	**19,2**	15,0	11,5	9,2	6,5	7,8	**9,7**	11,3	14,9	19,7	21,4	21,6
Max(T°C)	27,9	25,1	18,1	15,3	15,5	15,5	17,6	19,1	23,7	27,9	31,9	31,3
Moyenne(T°)	23,5	20,0	14,8	12,3	11,0	11,6	13,7	15,2	19,3	23,8	26,6	26,5

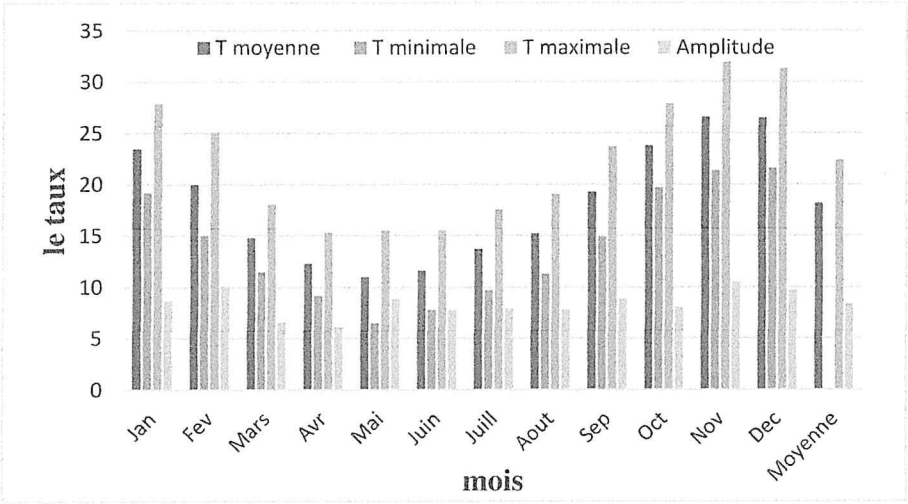


Figure 7:Histogramme des températures 1988-2007 **(CNL,2024)**

Il est à noter que l'amplitude thermique au niveau de la zone d'étude est plus importante durant le mois de juillet avec un écart de 10,5°C, et le mois d'Octobre avec 10,1 °C.

I.2.2. Pluviométrie :

Le littoral Algérois se situe dans une zone au climat méditerranéen, est caractérisée par des hivers pluvieux et des étés secs.

a) La baie de Zemmouri :

Les données statistiques recueillies à la station de Dar El Beida sur une période de 10 ans, de 2008 à 2019, ont été utilisées pour créer un histogramme illustrant les moyennes mensuelles des précipitations dans la zone d'étude, Ces analyses révèlent deux périodes distinctes dans la région :

- Une période hivernale pluvieuse, caractérisée par des précipitations concentrées entre septembre et mai, culminant en novembre avec 99,93 mm

- Une période estivale sèche, s'étendant de juin à août, avec un minimum enregistré en août à 0,85 mm

Tableau 2: La distribution des moyennes mensuelles des précipitations au niveau de la station de Dar El Beida (2008-2019) (Source : «https://rp5.ru/Temps_%C3%A0_Boumerd%C3%A8s

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Moyenne mensuelle	60.6	54.6	62.5	65.4	40.5	9.7	1.4	0.8	46.8	50.7	99.9	60.3

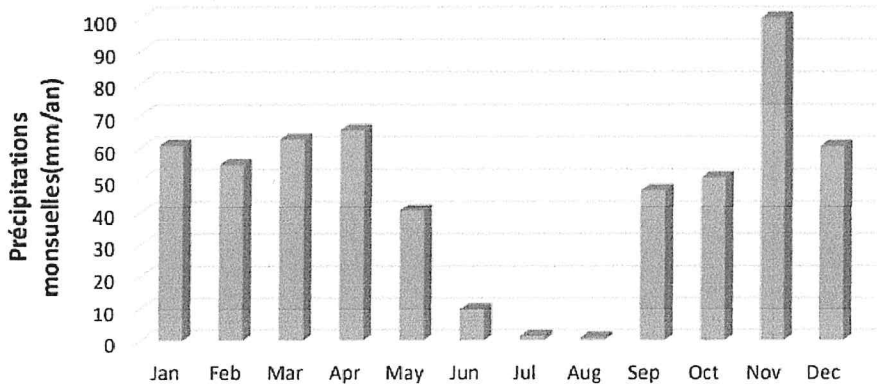


Figure 8:Histogramme des précipitations mensuelles de la station de Dar El Beida entre 2008 et 2019**. (Benallou,2020)**

b) La baie d'Alger :

Sur une période de 33 ans (1990-2023), les précipitations enregistrées au niveau de la baie d'Alger montrent un maximum pendant l'hiver, avec un taux considérable de pluie, et un minimum en août, durant la période sèche. Cette variation saisonnière est marquée par une diminution des précipitations au cours de l'été. (https://fr.tutiempo.net/climat/algerie.html)

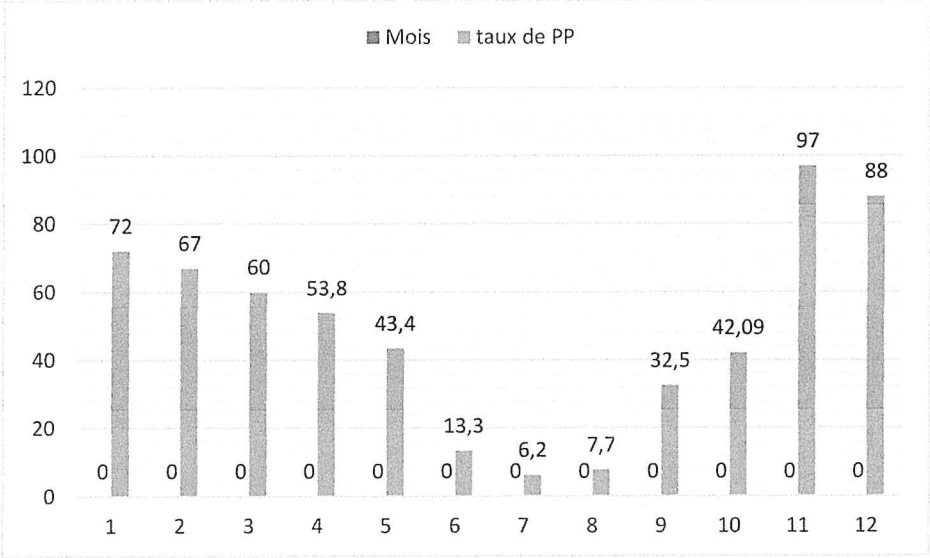


Figure 9: Pluviométrie moyenne de la baie d'Alger 1990-2023 (https://fr.tutiempo.net/climat/algerie.html)

c) La baie de Bouismail :

La pluviométrie moyenne annuelle du milieu étudié est de 533mm. Ce dernier reçoit plus de 98% de ses pluies entre Septembre et Mai. Les mois les plus arrosés sont Novembre, Décembre et Janvier avec une moyenne dépassant les 79mm, avec un pic au mois de décembre (84mm).

La période la moins pluvieuse est celle étalée du mois de Juin au mois d'Aout avec 1mm au mois de juillet.

Tableau 3:Précipitations mensuelles moyennes sur la période 1988-2002(Source ANRH; in CNL,2024)

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Total
P (mm)	29	40	79	84	80	66	54	57	36	4	1	3	533

La répartition saisonnière des pluies est de type HAPE, avec un maximum de pluie durant la période hivernale 230mm soit 43% des pluies moyennes annuellI.2es, vient après l'Automne avec 148mm presque identique au printemps (147mm) et seulement 8mm en été.

Tableau 5 : Régime moyen saisonnier de pluviométrie (période 1988-2007) (Source ANRH in CNL, 2024)

Saison	Moyenne de Pluviométrie (mm)	Pourcentage (%)
Hiver	**230**	**37,6**
Automne	**147**	**18,4**
Printemps	**8**	**6,1**
Eté	**148**	**37,9**

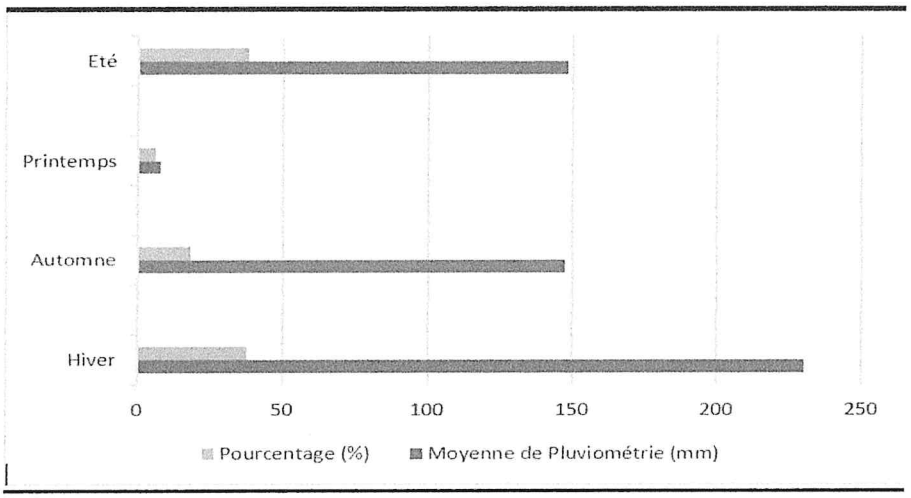


Figure 10: Pluviométrie moyenne de la baie de Bouismail 1988-2007 (CNL,2024)

I.2.3. Vent :

a) La baie de Zemmouri :

Les roses des vents de la baie de Zemmouri nous permettent d'analyser la fréquence d'apparition du vent par direction et par classe de vitesse, tant à l'échelle annuelle que saisonnière et de tracer les roses annuelle et saisonnières des vents. (Figure).

À l'échelle annuelle, les vents dominants proviennent principalement du nord et du nord-ouest, représentant environ 55% des occurrences. Ces vents se répartissent principalement en deux classes de vitesse :

Les vents légers de 0 à 10 km/h (18%) et les vents modérés de 10 à 20 km/h (27%), avec une minorité de vents plus forts de 20 à 30 km/h (10%). Les directions ouest et nord-est contribuent également, bien que dans une moindre mesure, avec environ 25% des occurrences annuelles combinées. Les vents provenant du sud et d'autres directions représentent environ 20% des occurrences, répartis sur plusieurs classes de vitesse.

En examinant les roses des vents saisonnières, nous observons des variations significatives :

Au printemps, les vents du nord et du nord-ouest restent dominants, représentant environ 55% des occurrences. Les vents modérés (10-20 km/h) sont les plus fréquents (30%), suivis des vents légers (0-10 km/h) à 20% et des vents plus forts (20-30 km/h) à 10%.

En été, les brises marines constantes renforcent la dominance des vents du nord et du nord-ouest, atteignant 75% des occurrences, principalement dans les classes de vitesse de 0 à 10 km/h (30%) et de 10 à 20 km/h (40%). Les vents plus forts restent rares en été, représentant moins de 10% des occurrences.

L'automne présente une dynamique similaire au printemps, avec les vents du nord et du nord-ouest représentant environ 65% des occurrences. Les vents modérés (10-20 km/h) et les vents forts (20-30 km/h) augmentent légèrement, atteignant respectivement 30% et 15%.

En hiver, la fréquence des vents forts augmente significativement. Les vents du nord et du nord-ouest représentent environ 55% des occurrences, mais avec une répartition notable dans la classe de vitesse de 20 à 30 km/h (20%). Les vents de l'ouest et du sud-ouest deviennent également plus fréquents en hiver, représentant 35% des occurrences avec des vitesses variant de 0 à 20 km/h.

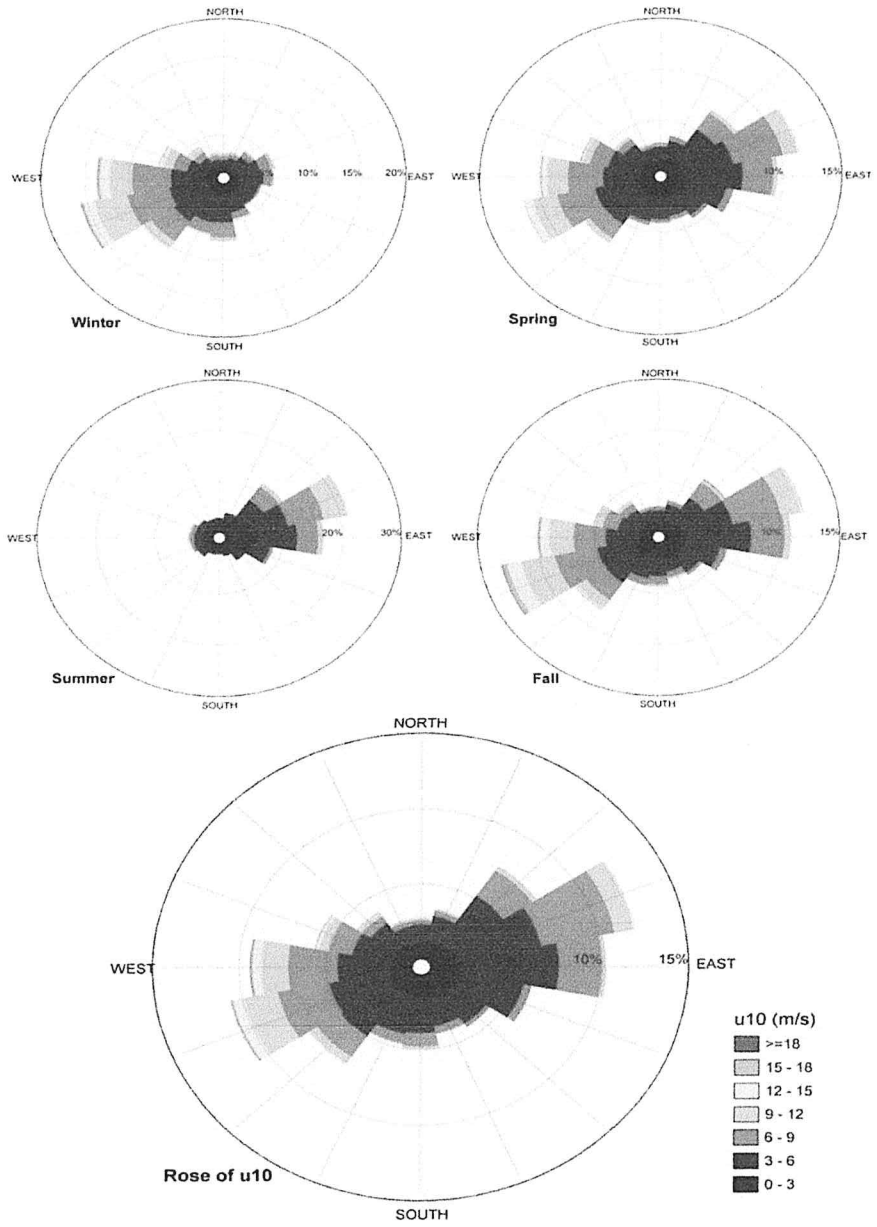


Figure 11:Rose du vent au large de la grande baie de Zemmouri. **(Salem Cherif et al.,2019)**

b) La baie d'Alger :

Le régime des vents au large de la baie d'Alger peut être résumés comme suit :

En été : Les vents dominants proviennent des secteurs nord-est (NE) et est (E), avec des fréquences respectives de 17% et 23% et la vitesse moyenne des vents est de 8 à 13 m/s.

En hiver : Les vents dominants proviennent des secteurs sud-ouest (SW) et ouest (W), avec des fréquences de 18% et 13% respectivement et les vitesses des vents varient de 15 à 18m/s.

Au printemps et en automne : Les vents les plus fréquents proviennent des secteurs nord-est (NE) et sud-ouest (SW), avec des fréquences respectives de 16% et 13% au printemps, et de 11% chacun en automne.

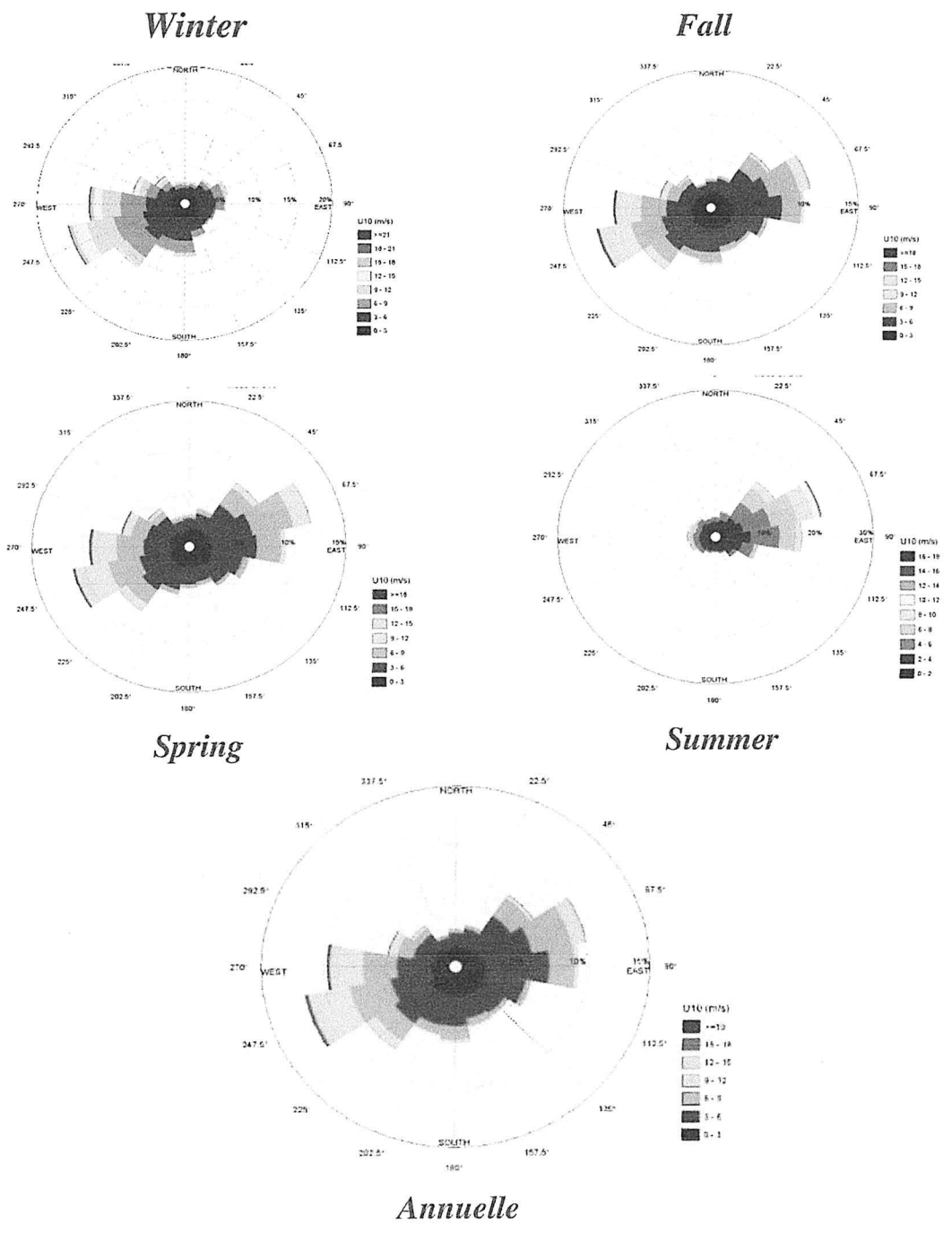


Figure 12:Rose du vent au large de la grande baie d'Alger **(Dahmani et al.,2020)**

c) La Baie de Bouismail :

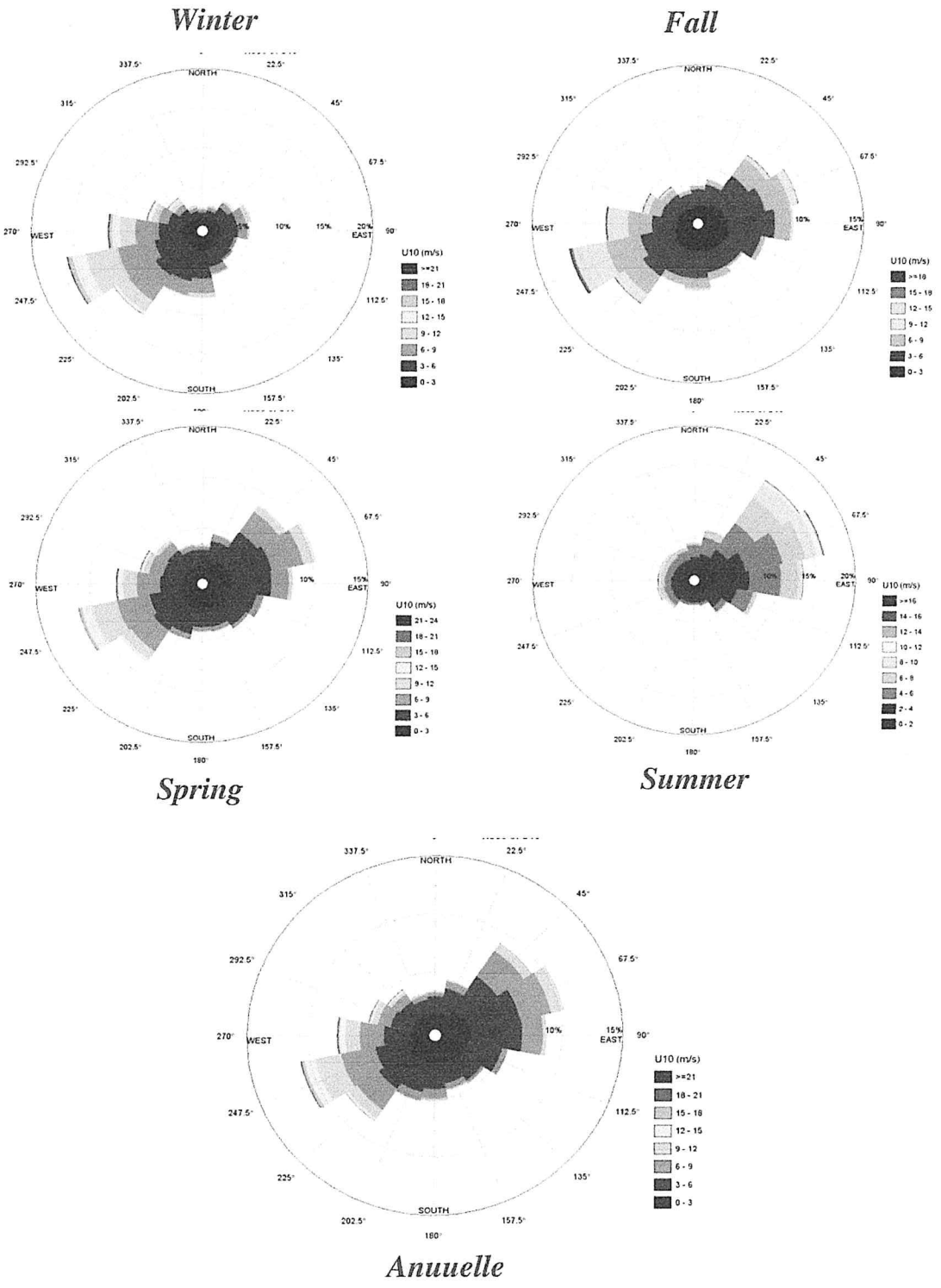


Figure 13: Rose du vent au large de la grande baie de Bouismail **(Salem Cherif et al.,2019)**

Les vents au large de la baie de Bouismail ont été représentées sous forme de roses des vents pour chaque trimestre. Les données montrent une prédominance des vents provenant des directions Sud-Ouest-Ouest et Nord-Est, avec des fréquences respectives de 25% et 18% pour les périodes hivernale et estivale. Les vents de ces directions sont généralement violents, avec des vitesses variantes entre 12 et 15 m/s. Les directions Nord-Est, Sud-Ouest-Ouest et Sud-Ouest sont également fréquentes au printemps et en automne, bien que moins fréquentes, avec des fréquences de 10% à 11%. La plupart de ces vents ont des vitesses comprises entre 8 et 12m/s

I.2.4. Houles :

a) La baie de Zemmouri :

La Houle est une onde qui se propage à la surface de la mer. Étant le facteur le plus important dans la dynamique sédimentaire des petits fonds, sa direction de propagation est liée à celle du vent et la profondeur **(Leclaire 1972 ; in Sallay.M ,2021)**

Les roses de la houle de la baie de Zemmouri révèlent une prédominance des houles provenant du secteur Nord-Est (NE), représentant plus de 40% des occurrences. Ces houles se situent principalement dans les intervalles de hauteur de 0-1 m et 1-2 m, avec environ 5% atteignant des hauteurs de 2 à 4 m.

Les périodes de ces houles varient majoritairement entre 6 et 8 secondes, avec une minorité entre 8 et 10 secondes. Le secteur Ouest (O) contribue également de manière significative avec un peu plus de 15% des occurrences, présentant des hauteurs similaires à celles du secteur NE et des périodes de 6 à 8 secondes et minoritairement de 8 à 10 secondes.

Les houles provenant du secteur Nord à Nord-Nord-Est (340N-35N) montrent des périodes importantes variant entre 8 et 10 secondes, 10 et 12 secondes, et parfois même supérieures, indiquant des houles générées par des systèmes météorologiques distants.

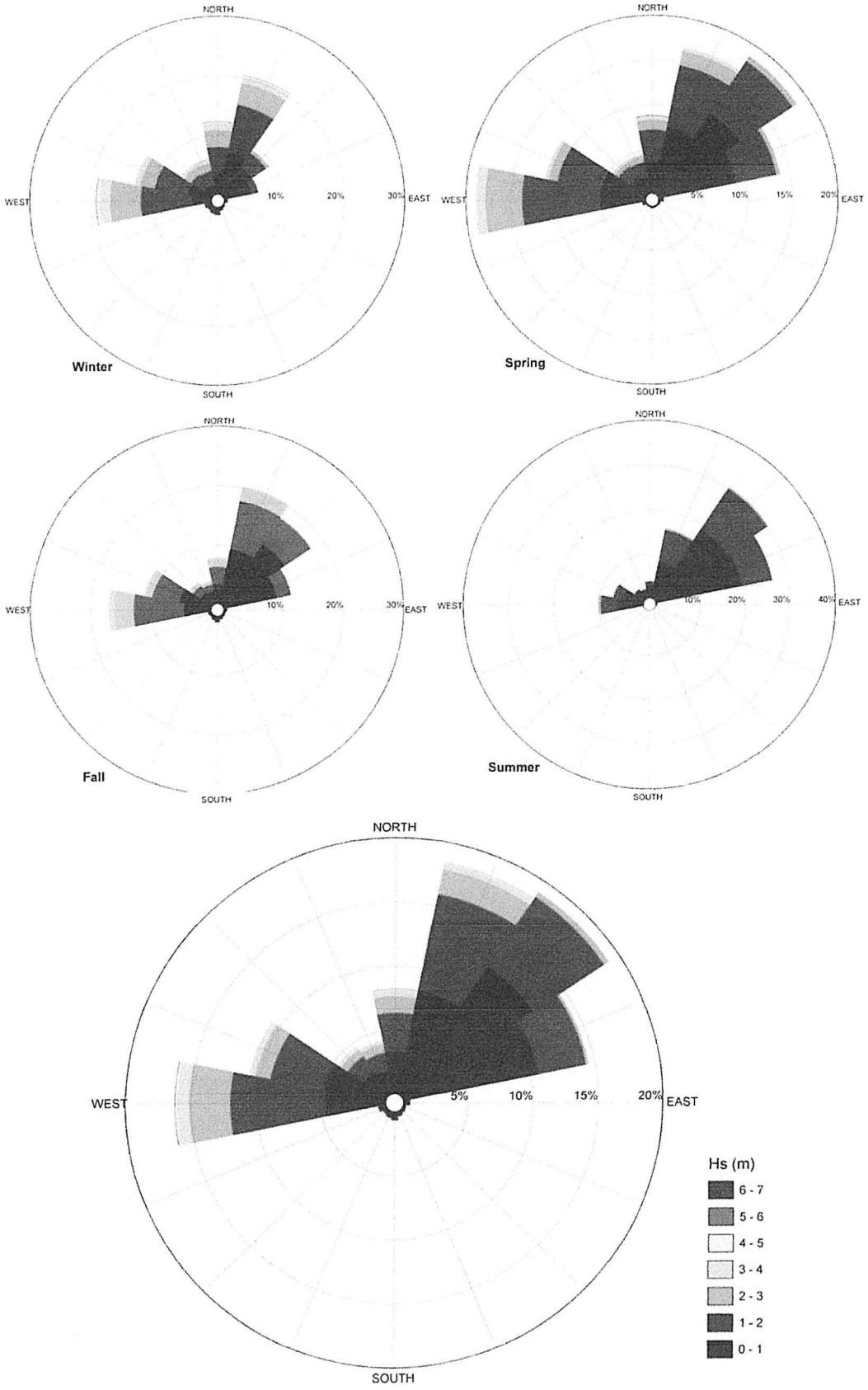


Figure 14: Les roses de houles au large de la grande baie de Zemmouri. **(Salem Cherif et al.,2019)**

b) La baie d'Alger

Dans toutes les études de zones côtières, l'étude de la houle est particulièrement importante pour ses impacts directs ou indirects sur la mobilité du littoral. La hauteur significative des vagues est définie comme étant la hauteur moyenne, différence de hauteur entre le creux et la crête, du tiers des ondes les plus élevées (Vanem, 2016).

Au large de la baie d'Alger, les principales directions annuelles sont l'Ouest, le Nord-Nord-Est (NNE), le Nord-Est (NE) et l'Est-Nord-Est (ENE), représentant respectivement 21%, 17%, 23% et 17% des observations.

• Pendant la période hivernale, les directions prédominantes sont Nord-Ouest avec 28%, le NNE avec 12% et le NE avec 10% des observations.

• Au printemps, environ 30% des houles proviennent de l'Ouest, 25% du NE, 18% du NNE et 15% de l'ENE.

• En été, les houles dominantes viennent du NE avec 35% et de l'ENE avec 30%.

• En automne, 27% des houles proviennent du NNE, 23% du NE, 18% du Nord-Ouest (NW) et 15% du Nord (N).

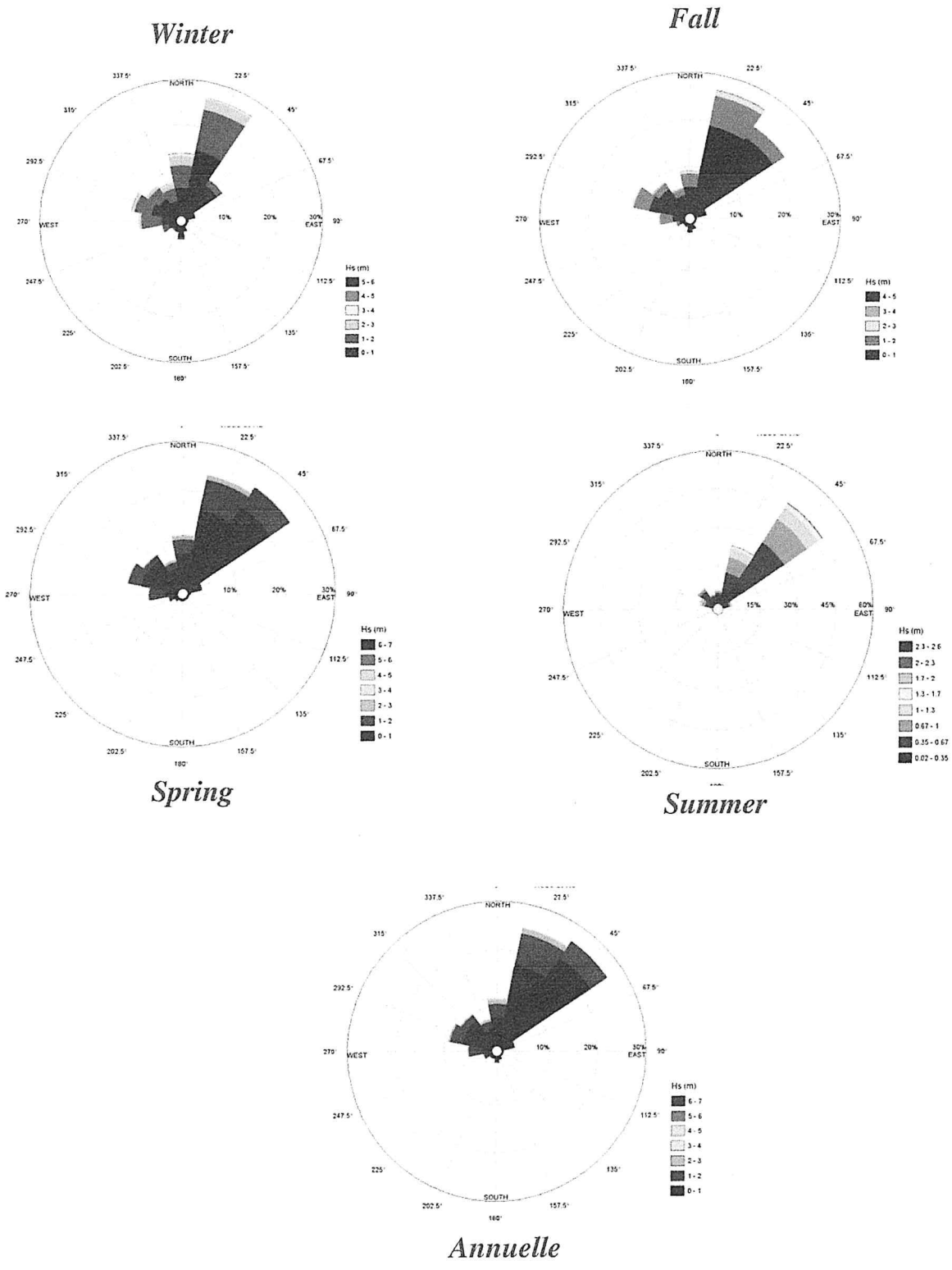


Figure 15 : Les roses de houles au large de la baie d'Alger. **(Dahmani et al., 2020)**

c)La baie de Bouismail :

Au large de la baie de Bouismail, les houles annuelles dominantes proviennent principalement des secteurs NE et NNE, avec plus de 40%, et des secteurs W, WNW avec environ 30%. Plus de 70% des hauteurs enregistrées de ces secteurs oscillent entre 0 m et 2,5 m, 1% des houles de secteur Ouest représentent des hauteurs allant de 2,5 m à 4 m.

Les roses saisonnières au large de la baie de Bou Ismail montrent que :

- En hiver, les houles les plus fréquentes viennent des secteurs W (18%) et NNE (22%), avec une hauteur significative maximale de 6,36 m
- Au printemps, les houles les plus fréquentes proviennent des secteurs W (23%), NE (25%) et NNE (21%), avec une hauteur maximale de 4 m de secteur Ouest
- En été, les houles les plus fréquentes viennent des secteurs NE (45%) et NNE (19%), avec une hauteur significative maximale entre 1,25 et 2,25 m
- En automne, les directions dominantes sont NNE (27%), NE (25%), W (20%) et WNW (16%), avec une hauteur maximale de 4 m de secteur Ouest.

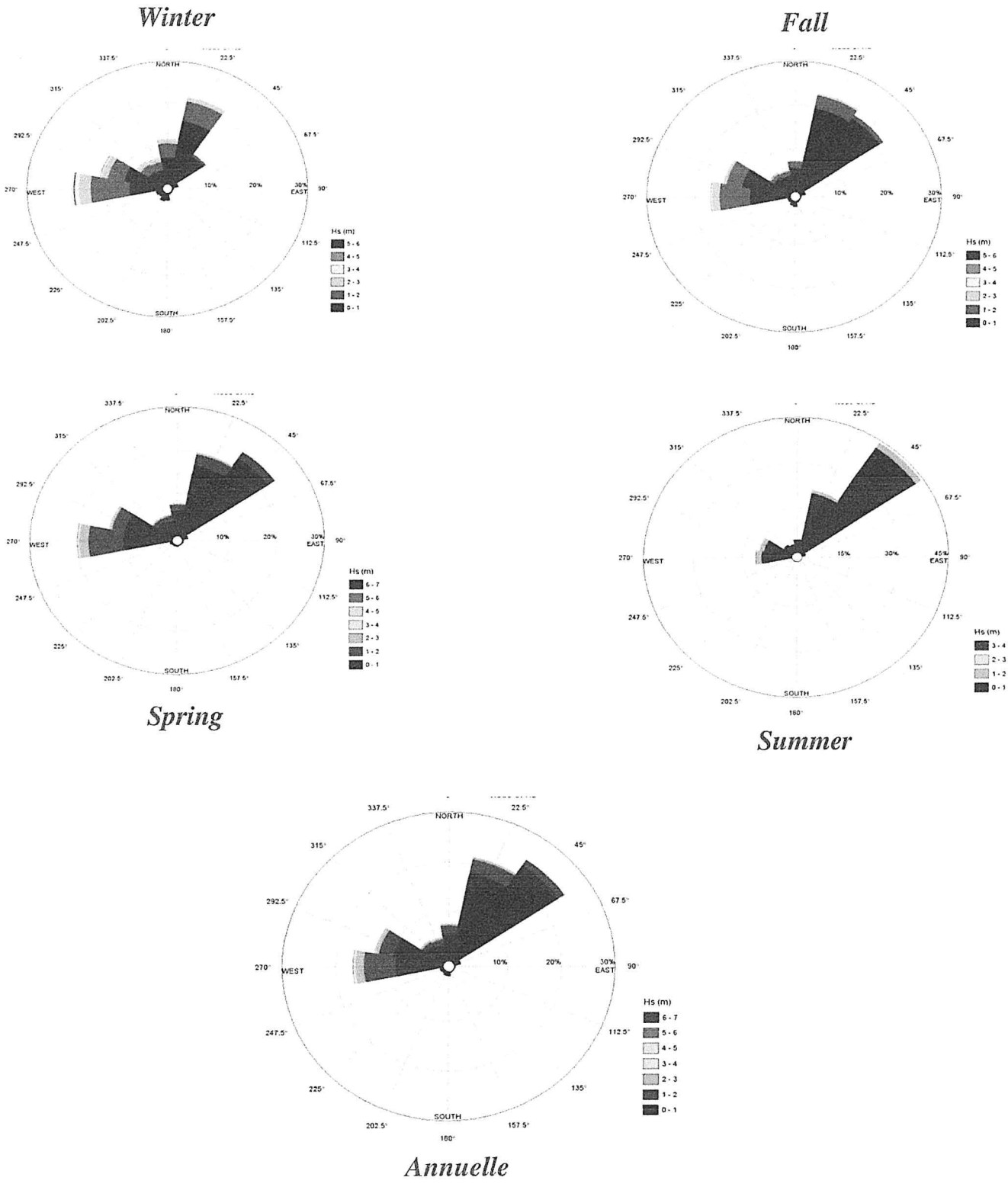


Figure 16:Les roses de houles au large de la baie de Bouismail. **(Salem Cherif et al.,2019)**

I.3. Hydrographie :

Le réseau hydrographique joue un rôle important dans l'érosion et le transport des sédiments vers la mer. En effet, les apports sédimentaires charriés par les oueds contribuent efficacement à l'évolution morpho dynamique des plages et à leur alimentation en sédiments. **(Sallaye, 2021)**

a) La baie de Zemmouri :

Les caractéristiques des grands oueds qui irriguent sont rapportées dans le Tableau 2. Nous avons concentré notre attention sur les réseaux hydrographiques qui alimentent la région d'est en ouest

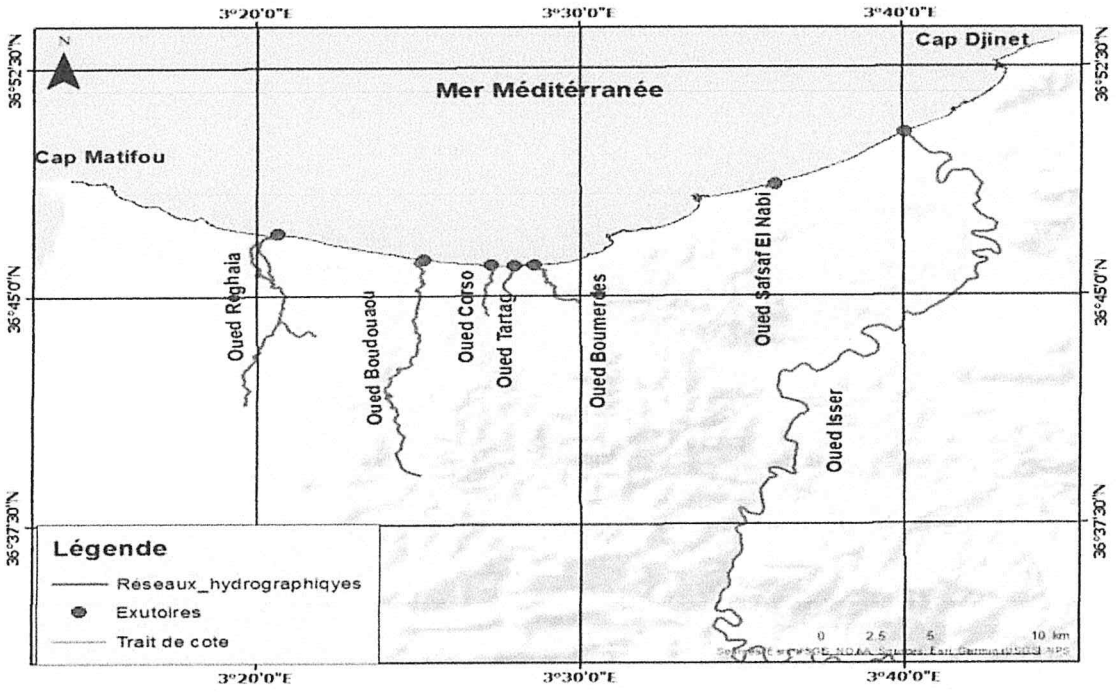


Figure 17:Réseau hydrographique de la grande baie de Zemmouri **(Sallaye, 2021)**

Tableau 4:Les caractéristiques des Oueds de la baie de Zemmouri. **(Benallou,2020)**

Nom de l'oued	Description
Oued Isser	L'oued principal de la région, avec un *transport solide important de 4,96 Mm3/an* et un taux d'érosion de 1200 m3/km2, coule du sud au nord de Béni Amrane à Sidi Ali Messaoud, puis vers l'est à Sidi Mustapha. Classé parmi les cinq principaux fleuves d'Alger pour sa dynamique érosive complexe, il contribue de manière significative au transport de matières solides. Géré par le Service hydrographique des Forces navales, il fait partie du réseau d'observation du niveau de la mer en Algérie, utilisé pour étudier l'impact des réseaux hydrographiques sur le risque hydrologique et la corrélation entre les caractéristiques du réseau et le débit maximal .
Oued Boumerdes	C'est l'Oued qui traverse la plage de Rocher Noir, il semble le plus important de houle qui drainent cette plage. Il reçoit de grands affluents provenant de bassin versant. Il est caractérisé par un transport solide de l'ordre de 0.02 Mm3\ans et un taux d'abrasion de 550 m3\km2.
Oued Boudouaou	L'Oued Boudouaou est un cours d'eau important situé dans la partie orientale de l'Atlas blidéen, qui draine une surface de 93 km2 et parcourt une distance de 22 km. Il prend sa source dans la confluence de l'Oued Keddara et de l'Oued El Haddad et se jette dans la mer Méditerranée par une vallée basse creusée dans les marnes bleues. Le débit moyen annuel de l'Oued Boudouaou est estimé à 27 Mm^3, tandis que son débit moyen annuel dans la Méditerranée est d'environ 37 Mm^3. Le taux d'érosion de l'Oued Boudouaou est de 1380 m3/km2 et il transporte environ 0,21 Mm3 de sédiments par ans
Oued Corso	L'aire de drainage de ce bassin s'étend sur 100 km^2, avec *un débit moyen annuel* estimé à *27 Mm^3*, et un écoulement annuel dans la Méditerranée évalué à 20 Mm^3. Il semble transporter un *volume de sédiments d'environ 0,11 Mm3/an*, et est caractérisé par un taux d'abrasion de 1150 m3/km2.
Oued Réghaia	Le fleuve traverse la partie orientale de la plaine de la Metidja, il croise la ride sahélienne au nord, où s'est formé le marais de Réghaia, pour ensuite heurter en aval un cordon dunaire qui modifie son trajet vers l'Est avant de se jeter en mer. Il possède un taux d'érosion de 210 m3/km2 et un *transport solide de l'ordre de 0,02 Mm3/an*. Son bassin versant occupe une superficie de 86 km2 et le cours d'eau principal a une longueur de 20 km

b) La baie d'Alger :

La baie d'Alger se caractérise par la présence de deux apports principaux, Oued El Harrach et Oued El Hamiz. En plus de ces deux apports, d'autres formes de contributions à la baie d'Alger peuvent être identifiées. Ces incluent des apports marins provenant de la

Méditerranée, des activités humaines le long de la côte, des rejets industriels ou urbains, et des variations naturelles telles que les courants marins et les marées. Ces différents facteurs contribuent à la dynamique et à la qualité environnementale de la baie d'Alger, influençant son écosystème et son développement urbain. **(Dahmani ,2023)**

Oueds	El Harrach	El Hamiz
Communes traverses	Mohamadia –Moradia-HuseinDey-El Harrach - SidiMoussa – Birtouta – Saoula – OuledChbel- OuledFayt – BirMouradRais-Kkouba – Guide Constantine- Echefa – Blida …	Rouiba – Dar El Beida – OuedEssemar – Bordj el bahri – El hamiz – Eucalyptus –Bab Ezouar – Bordj el kifan – AinTaya …
Orientations	Nord –Est	Nord-Ouest
I. Caractéristiques géométriques		
Superficies (Km²)	378	86
Périmètre (km)	110	48
II. Caractéristiques topographiques		
Altitude minimal (m)	0	0
Altitude maximal (m)	280	30
Altitude moyenne (m)	140	15
Indice de pente globale Ig m/Km	4.122	0.435
Dénivelée Spécifique(Ds)	80.14 Relief faible	4.03 Relief très faible
III. Caractéristiques hydrographiques		
Longueur du talweg principal (Lp) Km	25	12.22
Pente du cours d'eau principal (p %)	0.15	0.2
Densité de drainage Dd (km/km²)	0.78	0.99

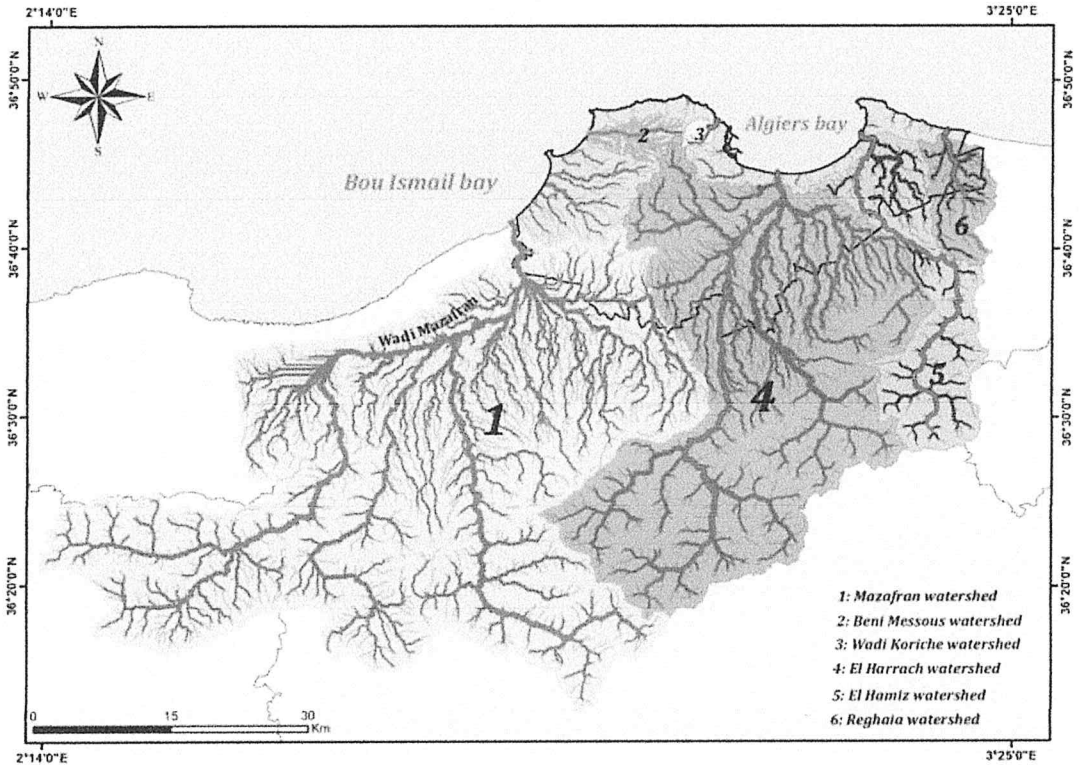


Figure 18:Bassins versants et réseau hydrographique de la wilaya d'Alger (**Ziadi & Keraghel, 2024**)

c)La baie de Bouismail :

La baie est le réceptacle d'oued à régime irrégulier : Mazafran, Nador et Béni-messous. (**Khaouni, 2003**). Les écoulements de surface ainsi que l'abondance des matériaux qui arrivent en mer contribuent efficacement à l'évolution de la morphogénèse littorale en général et à celle de la morphodynamique des côtes.

La wilaya de Tipaza est organisée en deux principaux bassins hydrographiques de part et d'autre du Mont Chenoua, l'un côtier, drainant les eaux du versant nord directement vers la mer ; l'autre fluvial, alimentant les oueds Hachem et Nador.

Le bassin cotier s'étend sur environ 4.800 ha et se compose de six (06) sous- bassins dont les plus importants sont ; Oued Damous, Oued Messelmoune, Oued El Hachem, Oued Nador, Sahel et ancien lac Halloula. Enfin l'Oued Mazafran qui constitue sa limite avec la Wilaya d'Alger. Les caractéristiques géomorphologiques, la densité du réseau hydrographique et l'importance de la pluviométrie confèrent à la region des ressources en eau appréciables.
Le détail des sous bassins de notre zone d'étude est comme suit :

- **Bassin versant de l'oued Nador :**

Il est situé du côté de Chenoua, couvrant une surface de 244 km2, avec un apport moyen de l'oued Nador de l'ordre de 36 Hm3/an.

- **Bassin versant du sahel**

Ce bassin est l'un des plus importants des bassins de la zone d'étude après celui de Mazfran, il s'étend sur une aire de 496km2, traversé par de nombreux cours d'eau et de chaabats, avec un apport moyen de 45 Hm3/an environ.

- **Bassin versant de Mazafran**

Il couvre une étendue de près de 1 900 Km2, sur la partie Est de la zone d'étude, il est formé des sous B.V de l'oued Djer, l'Oued Bouroumi, l'Oued Chiffa, des piémonts et de la Mitidja. L'écoulement moyen de l'Oued Mazafran est de 185 Hm3/an selon les données de l'ANRH, reprises par le Plan d'Aménagement de la Wilaya. **(CNL TIPAZA, 2024)**

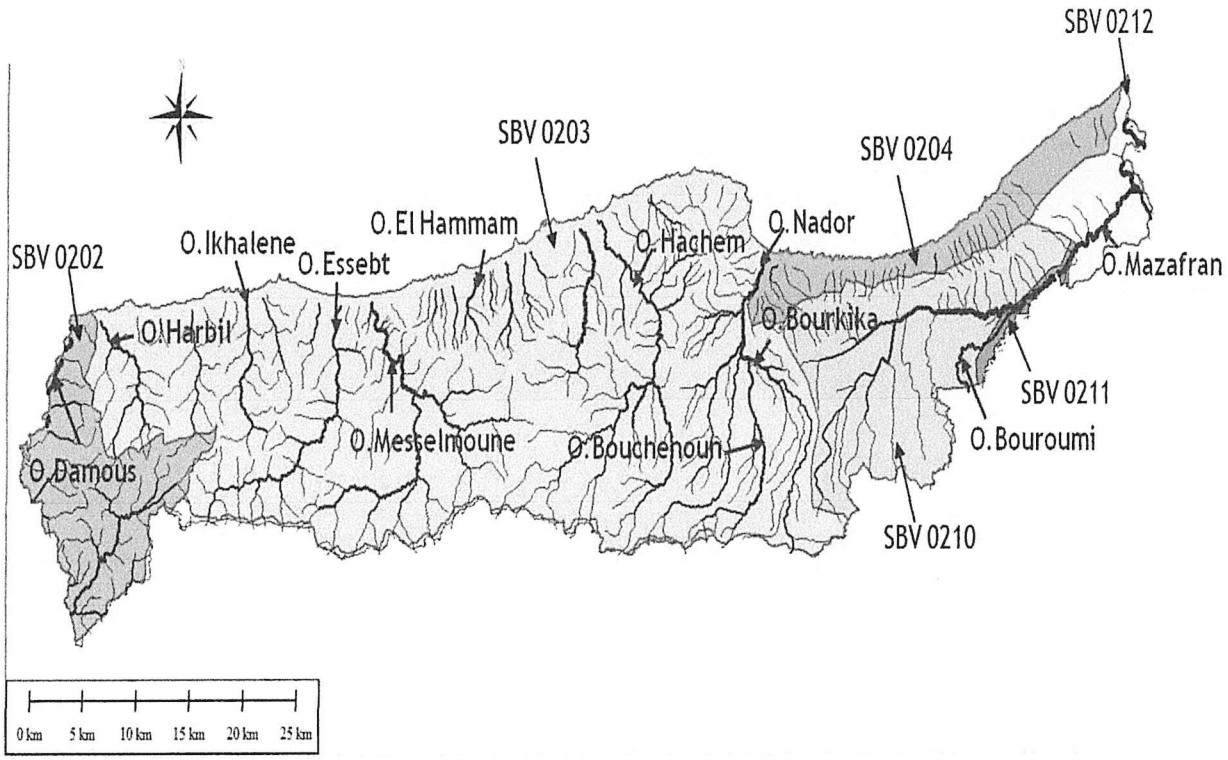


Figure 19:Carte du réseau hydrographique de la wilaya d'Tipasa **(CNL TIPAZA, 2024)**

I .4. Ouvrages de protections :

Les ouvrage de protections sont des outils visant à stabiliser ou à restaurer une plage qui subis un problème d'érosion; sur les côtes centres algéroises nous observons des séries d'ouvrages; ces derniers sont recensés dans cette section.

a) La Baie de Zemmouri :

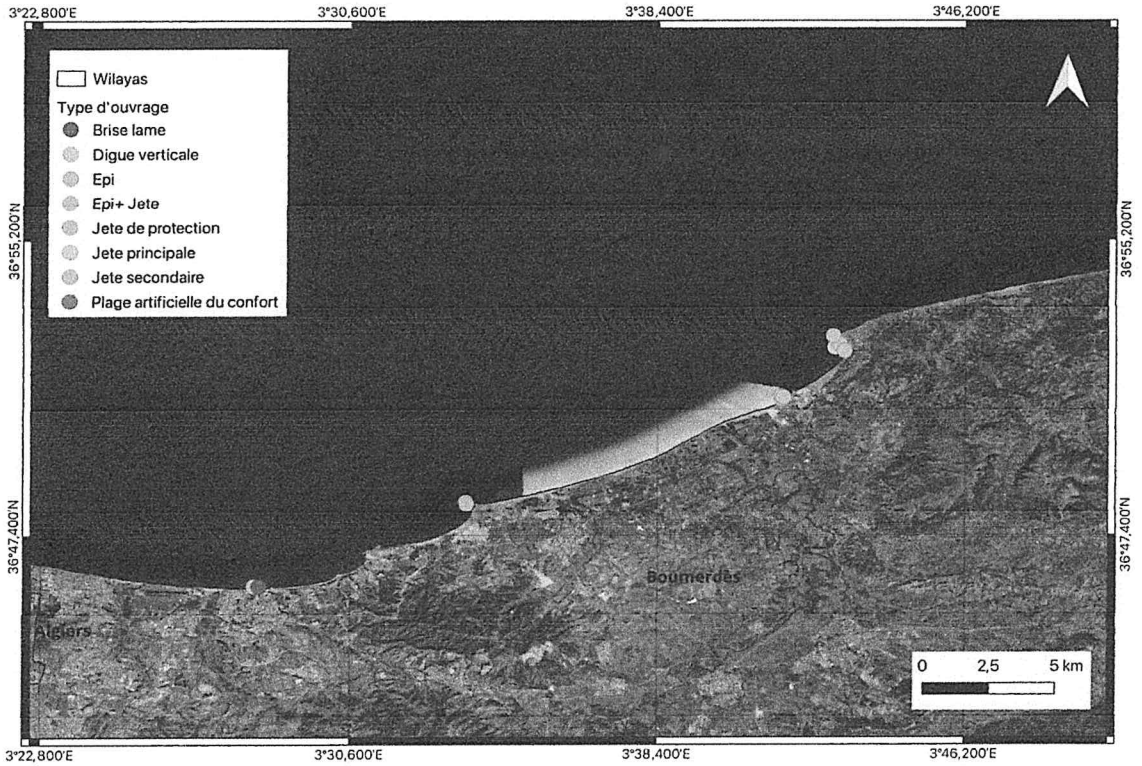
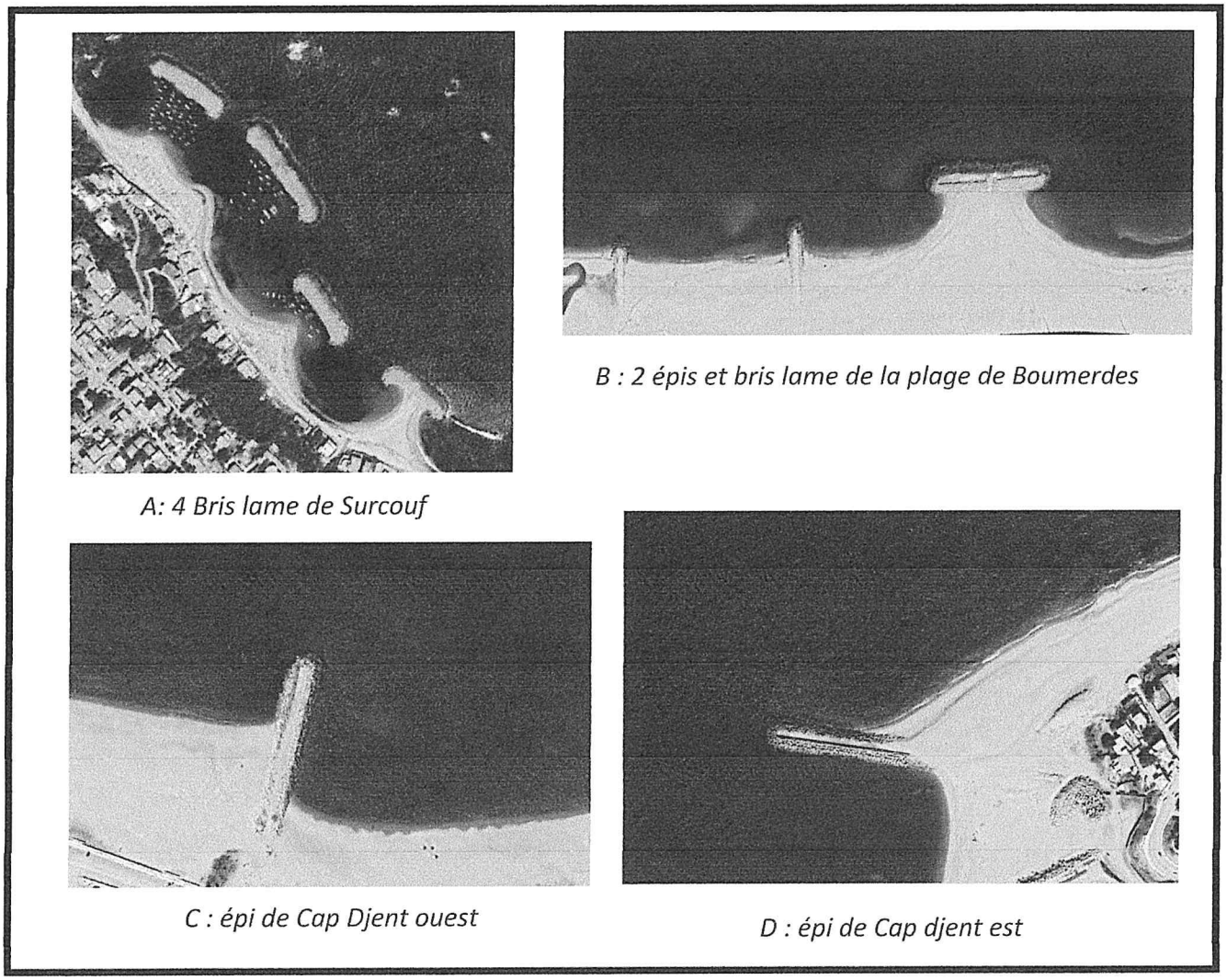


Figure 20:défirent types des ouvrages de protection de la Baie de Zemmouri

Tableau 5:les ouvrages de protection excitent dans la baie de Zemmouri

Type de l'ouvrage	Lieux de l'emplacement	Date
Bris lame 02	Plage Aine Taya (Surcuf)	2/2012
Bris lame 02	//	3/2006
Epi 02	Plage la goéland	
Bris lame	//	/
Épi	Plage cap djnat ouest	08/03/2014
Épi	Plage cap djnat est	4/2009



A: 4 Bris lame de Surcouf

B : 2 épis et bris lame de la plage de Boumerdes

C : épi de Cap Djent ouest

D : épi de Cap djent est

Figure 21: Photos des ouvrages de protection de la baie de Zemmouri **(Google Earth 2024)**

b) La Baie d'Alger :

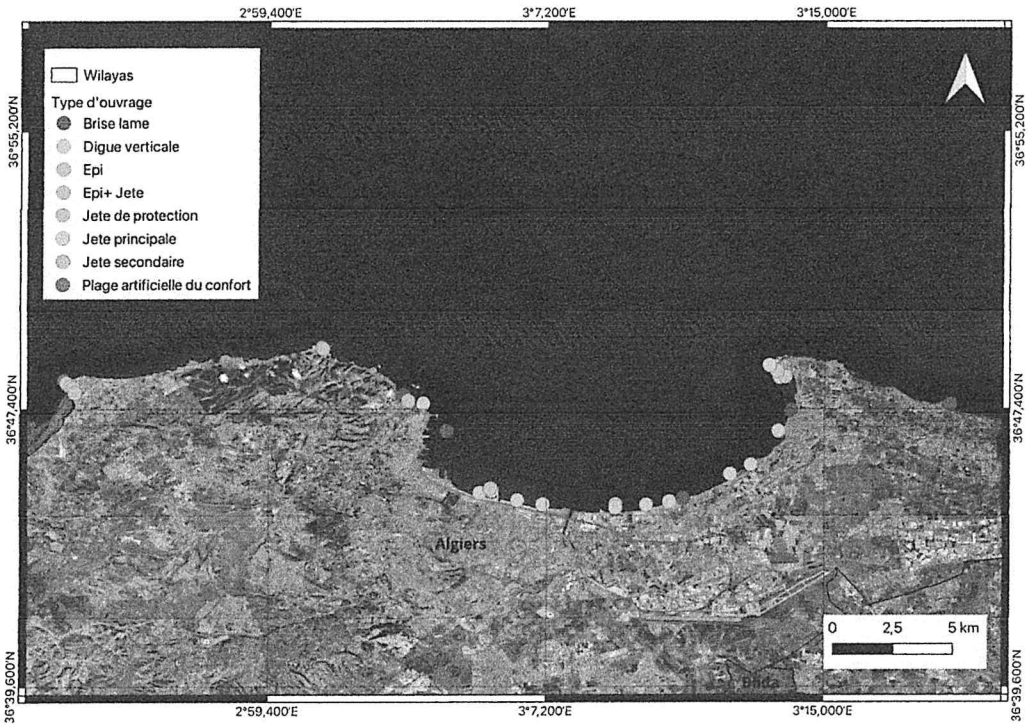
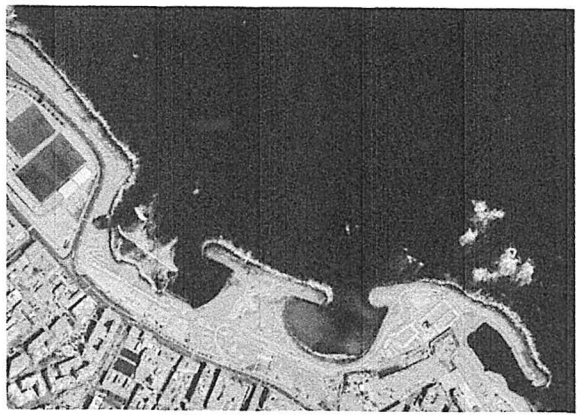


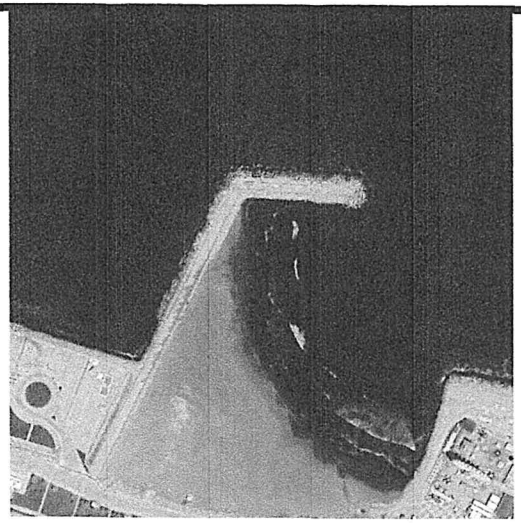
Figure 22:différents types d'ouvrages de protection de la Baie d'Alger

Tableau 6: les ouvrages de protection excitent dans la baie d'Alger

Type de l'ouvrage	Lieux de l'emplacement	Date
Bris lame	Kettani	03/2013
Bris lame	Kettani	05/2004
Jeté	Kettani	01/2014
Épi	Kettani	12/2016
Jeté	Nouvelle plage de Sablettes	10/2015
Jeté 02	Plage de Sablettes	7/2014
Jeté	-	07/2013
Jeté	Proche de marina	11/2022
Jeté	Plage lidon	05/2012
Bris lame 03	Plage de fort -l'eau	09/2007
Bris lame	Plage la sirène	09/2007
Jeté	Nouvelle Sablettes (Bordj-Elkifan)	09/2018
Jeté	Bhd express	09/2018
Jeté	Coco plage	09/2020
Bris lame	Bordj Elbahri	09/2020
Épi+ petit jeté	Bateau Algérie	04/2023
Jeté	Plage zerzouria	/



A: 2 Bris lame, jeté et épi de Kettani



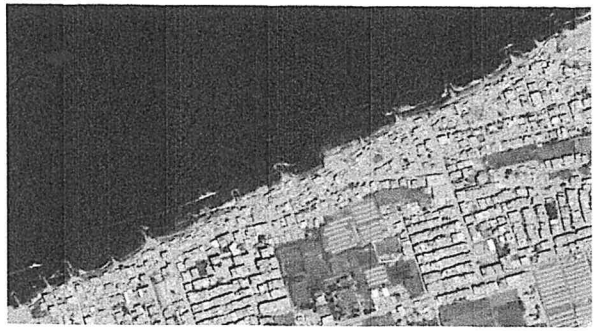
B : Jeté de Sablatte



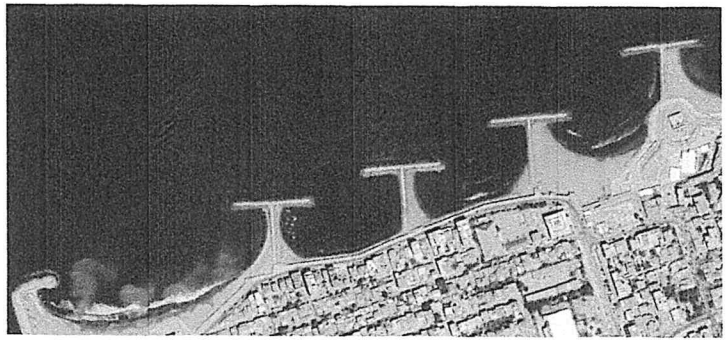
C: 2 Jeté de Sablatte



D : Jeté de nouvelle plage de Sablatte



E : Groupe des épis dans la plage sirène



F : 4 Bris lame et jeté de Fort-l 'eau

Figure 23:Photos des ouvrages de protection de la baie d'Alger **(Google Earth 2024)**

c)La Baie de Bouismail

Tableau 8 : les ouvrages de protection excitent dans la baie de Bouismail + El-Djamila

Type de l'ouvrage	Lieux de l'emplacement	Date
Épi	La jeunesse (plage)	08/2004
Bris lame (03)	Plage sidi Fredj (est)	01/2002
Épi	Plage sidi Fredj (ouest)	01/2002
Jeté de protection	El Marsa	/
Epi	Palm Beach	1/2002
Bris lame(03)	Palm Beach	08/2014
Bris lame	Palm Beach	6/2018
Épi	Azur plage	07/2022
Bris lame (02)	Azur plage	07/2016
Bris lame(03)	Mazafran	01/2008
Épi	Mazafran	09/2021
Épi	Plage familiale (Douaouda)	08/2008
Jeté de protection	Site d'échouage (Fouka marine)	07/2016
Épi	Bouismail	09/2009
Bris lame (03)	Bouismail	09/2009
Bris lame	La p'tite	09/2009
Bris lame	Plage Aine Taguerait	7/2019
Épi	La corne d'or	4/2006

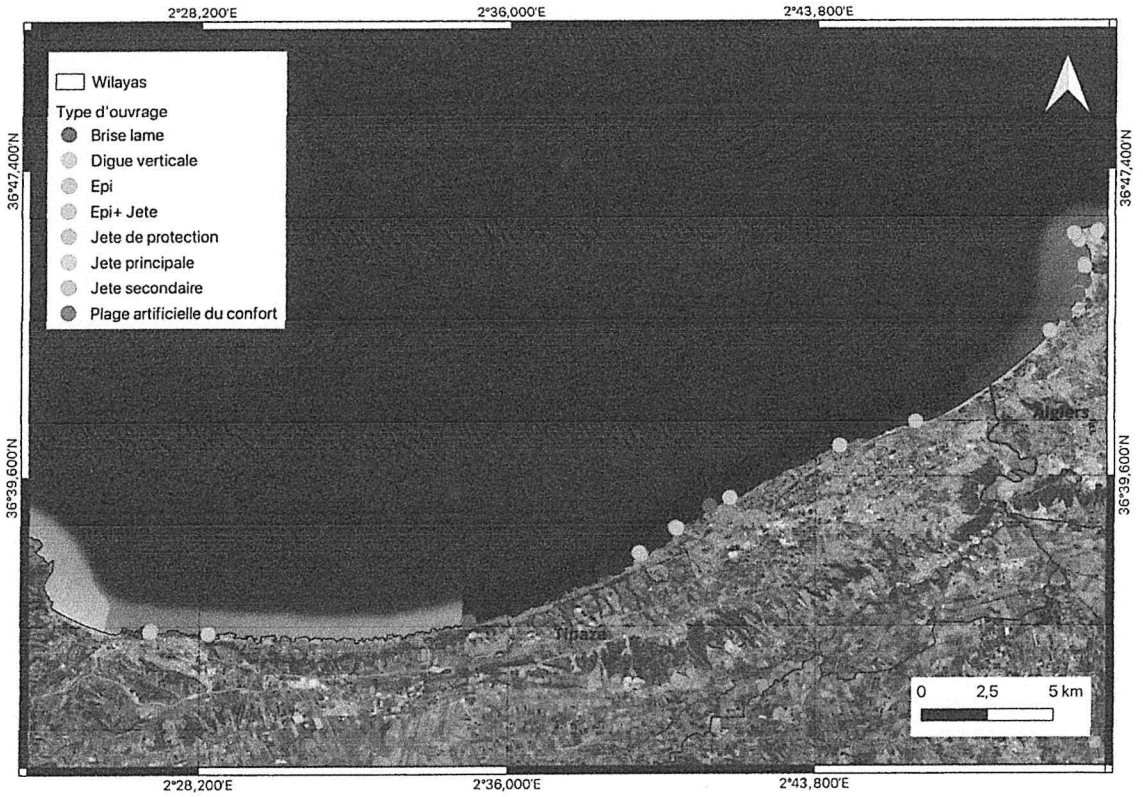


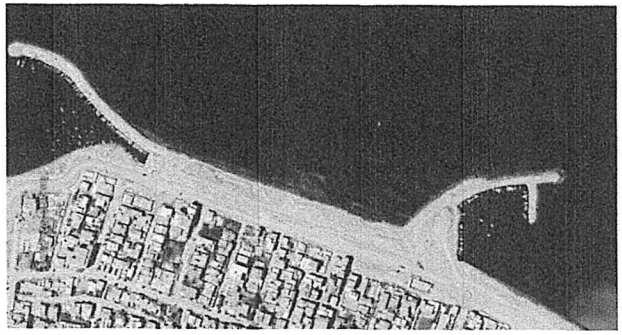
Figure 25:défirent types des ouvrages de protection de la Baie de Bouismail



G : Jeté de proche Marina



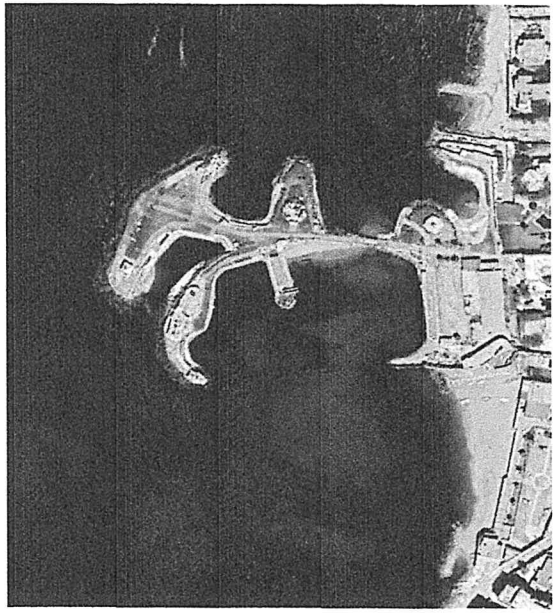
H : 2 jetés de Bordj Elkifan



I : 2 Jeté de coco plage



K : 2 épis, jeté de plage Zerzouria



J : Bris lame, épi de Bordj el Bahri

Figure 24:Photos des ouvrages de protection de la baie d'Alger **(Google Earth 2024)**

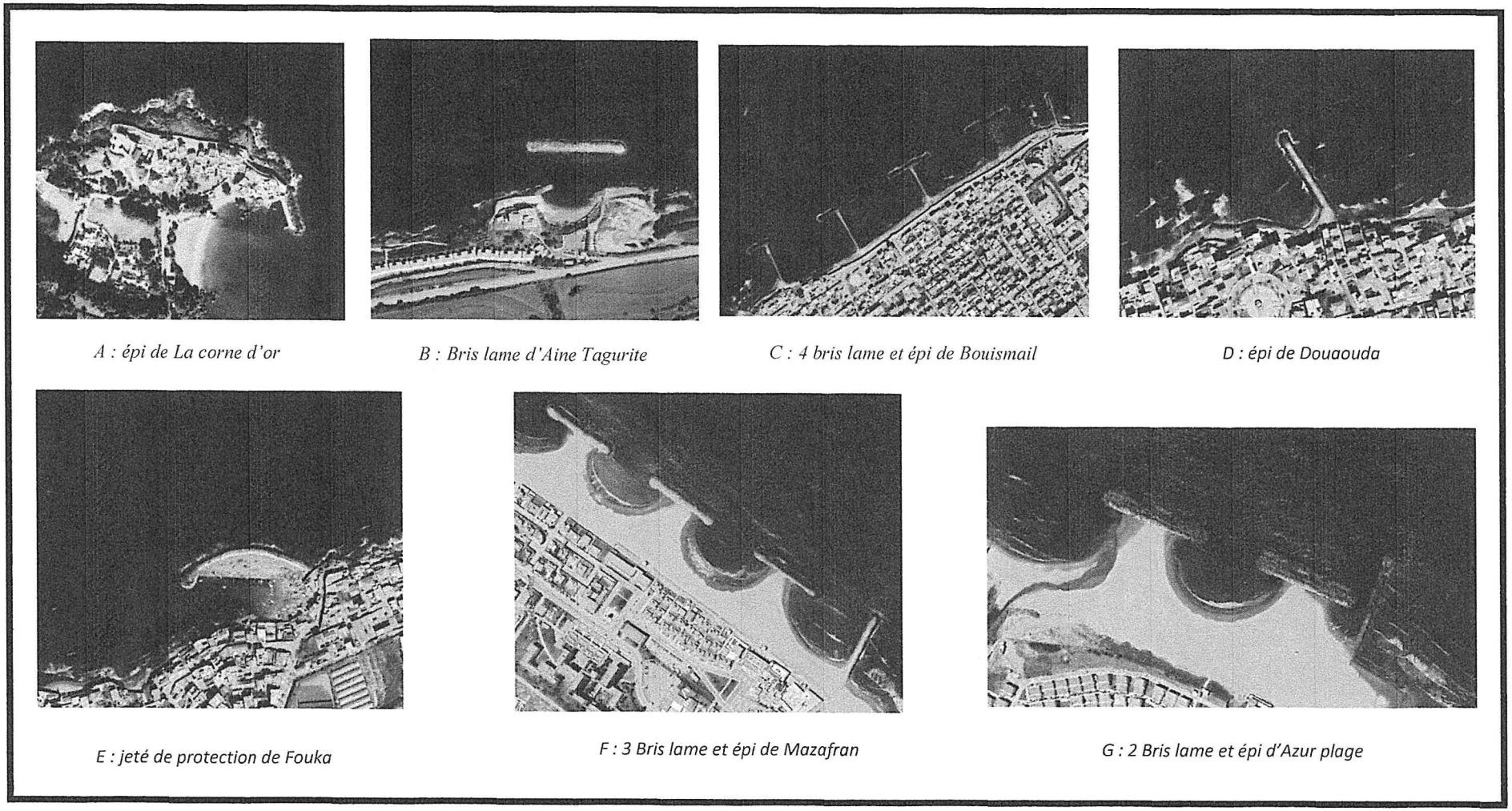
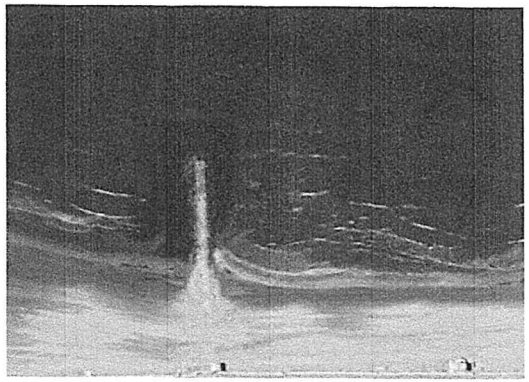
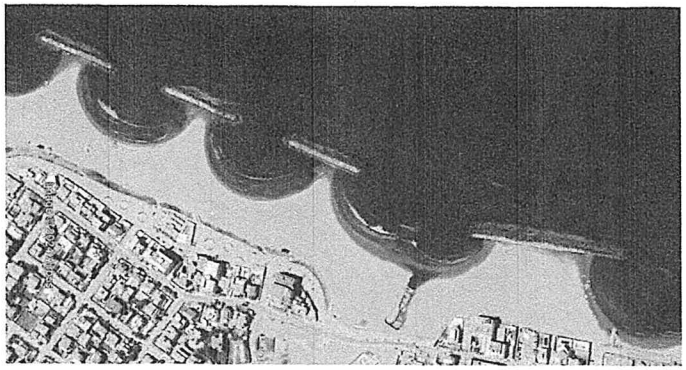


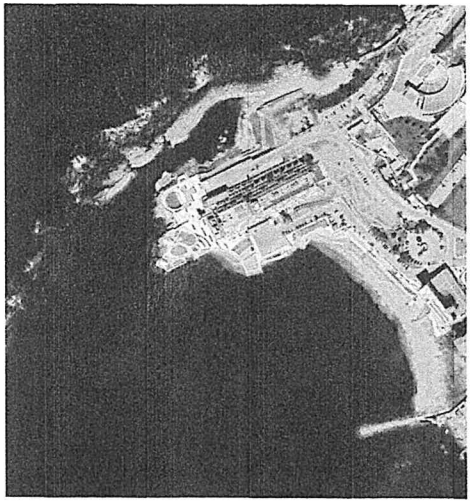
Figure 26: Photos des ouvrages de protection de la baie de Bouismail **(Google Earth 2024)**



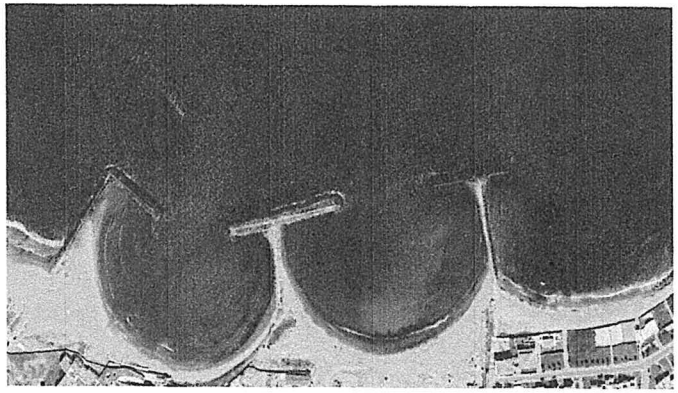
I : épi de CRF



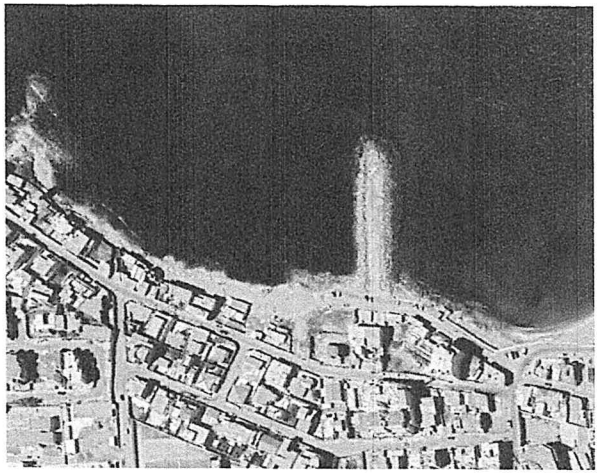
H : 4 Bris lame de palm Beach



J : épi de sidi Fredj ouest



K : 3 Bris lame de sidi Fredj est



L : épi de la madrague

Figure 27:Photos des ouvrages de protection de la baie de Bouismail**(Google Earth 2024)**

Conclusion :

A la fin de ce chapitre; nous retenons que la zone d'étude se définit par des paramètres physiques qui sont normalement favorables a la stabilité de la cote sableuse; par la présence des oueds principalement mais à cause des perturbations climatiques récentes dues aux changement climatiques les apports sont amoindris du fait de la diminution dans la pluviométrie au cours de ces dernières années en plus de la forte activité anthropiques, d'où la batterie des protections construite sur le littoral centre algérois.

Chapitre II :

L'étude de l'évolution du trait de côte

Chapitre II : l'étude de l'évolution du trait de côte

Introduction :

Notre objectif principal dans ce chapitre est de suivre l'évolution du trait de côte et comment est-il affecté par l'existence des ouvrages de protection.

Pour suivre cette cinématique, nous allons recourons à un protocole méthodologique efficace pour l'extraction et l'analyse de l'évolution du linéaire côtier de notre zone d'étude.

II.1. Les logiciels utilisés pour étudier l'évolution côtière :

Pour notre étude, nous avons utilisée Google Earth Pro pour avoir les cartes suivant les différentes années et digitaliser les traits de cote et aussi le logiciel « Arc GIS » pour la modélisation des traits de côte combiné à l'extension « Dsas » (Digital shore line analyses system) pour le calcul de leur évolution afin d'appréhender les phénomènes (l'érosion et l'accumulation) et leur influence sur la frange littorale de notre zone d'étude.

1. Google Earth Pro :

Un système de visualisation de données géospatiales en trois dimensions. Il combine une interface utilisateur facile à interpréter avec des images haute résolution et des performances impressionnantes. Google Earth Pro offre également une diffusion plus rapide des données, la possibilité de numériser des lignes, des points et des polygones et une interface avec les systèmes de positionnement global. (Wuthrich, Dennis)

2. ArcGis10. 2 :

Est une suite de logiciels d'information géographique, ou logiciels SIG (Système d'information géographique) qui permet de rassembler, stocker, représenter, manipuler, analyser et cartographier des informations géographiques référencées provenant de diverses sources, que nous utilisons dans plusieurs domaines qui nous citons : Gestion et installation des réseaux ,Télécommunication, Etudes urbaines Affaires et marketing ,Santé ,Ressources naturelles ,Hydrologie ,Environnement ,Aménagement du territoire. (**MLLE KERAGHEL MEHDIA**)

3. L'extension DSAS :

Digital Shore line Analyses System (DSAS), est un outil gratuit, qui s'ajoute comme extension à ArcGIS dédiée à l'étude de l'évolution du trait de côte et calcule les statistiques

sur le taux de changement pour une série temporelle de vecteurs de traits de côte. **(Keraghel,2023)**

II.2. Les méthodes de détection des variations de la position du trait de côte :

Parmi les techniques mises en œuvre pour étudier la mobilité d'une ligne de référence donnée, Nous distinguons les méthodes de terrain privilégiant l'observation directe et les méthodes basées sur Concernant l'observation indirecte.

1. Les approches directes :

Elles sont basées sur des mesures topographiques périodiques (hebdomadaires, bihebdomadaires, mensuelles, semestrielles, annuelles) à l'aide de matériels de levés allant des appareils à principe optique (niveau de chantier, théodolites, ...) aux appareils électroniques utilisant le laser (tachéomètre électronique, Lidar) ou le positionnement par satellites en mode différentiel (récepteur DGPS). Les mesures peuvent concerner uniquement la ligne de référence ou le profil de plage et doivent être raccordées à un même système de référence relatif ou absolu pour faciliter la comparaison entre différents levés.

2. Les méthodes indirectes :

Les méthodes d'observation indirecte s'appuient sur l'analyse graphique de documents essentiellement cartographiques et photographiques pour mesurer et cartographier les positions successives des indicateurs du trait de côte. Elles ont bénéficié des progrès technologiques réalisés au cours des deux dernières décennies dans le domaine du traitement numérique de l'information géographique. En effet, si dans les années 1960 – 1970, les techniques reposaient exclusivement sur des méthodes manuelles (mesures directes sur des photographies aériennes ou des cartes, photo-interprétation analytique), les années 1980 ont vu l'introduction de techniques de photogrammétrie analytique dans les études de cinématique littorale. De nos jours, les méthodes de photogrammétrie numérique et surtout de photo-interprétation assistée par ordinateur couplée aux SIG s'imposent. **(Ibrahima Faye, 2010 ; in Aidani , 2021)**

II.3. Les méthodes statistiques de calcul de la mobilité du trait de côte sous l'extension DSAS :

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

La méthode des points extrêmes n'utilise que deux positions connues de la ligne de référence (la position la plus ancienne et la plus récente). La distance mesurée entre ces deux emplacements extrêmes du trait de côte durant la période d'étude est divisée par le nombre d'années écoulées pour obtenir la vitesse d'évolution annuelle du littoral. L'avantage de cette méthode réside dans sa simplicité. Toutefois, lorsque l'on dispose de positions intermédiaires entre les deux dates extrêmes de la période d'étude, les taux estimés par cette technique n'intégreront pas les éventuelles variations temporelles dans l'évolution du littoral (accélération, ralentissement ou inversion de tendance). Ainsi, ils peuvent être moins significatifs que ceux obtenus par les méthodes régressives qui utilisent toutes les positions disponibles et nécessitent donc plusieurs traits de côte.

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

Dans le cas de la régression linéaire simple, au niveau de chaque point, les mesures de distances entre toutes les positions successives de la ligne de référence sont utilisées pour calculer par les moindres carrés une droite de régression ajustée aux différents emplacements de la ligne de référence. La pente de la droite de régression correspond au taux d'évolution. La régression linéaire est la méthode la plus robuste pour estimer les tendances historiques de l'évolution du trait de côte d'après **FENSTER et al. (1993)**.

Néanmoins, dans la mesure où toutes les positions sont utilisées pour résoudre l'équation de la droite d'ajustement, les taux d'évolution obtenus peuvent être biaisés par les points excentrés liés aux traits de côte extraits de données acquises immédiatement après une tempête. Il en est de même si les linéaires côtiers analysés sont groupés et ne sont pas répartis de façon homogène dans le temps. **(THIELER et al. 2003)**

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

Elle indique la distance entre les traits de côte les plus anciens et les plus récents pour chaque transect.

NSM= distance entre les rives les plus anciennes et les plus jeunes

$$EPR=\frac{NSM}{temps\ entre\ le\ rivage\ le\ plus\ ancien\ et\ le\ plus\ récent}$$

D. La méthode de Shoreline Change Envelope (SCE) :

L'enveloppe de changement du littoral (SCE) indique une distance (en mètres), pas un taux. La valeur SCE représente la plus grande distance entre tous les rivages qui coupent un transect donné.

Cela représente la variation totale de mouvement de rivage pour toutes les positions du rivage disponibles et n'est pas lié à leurs dates. **(Himmelstoss. 2009)**

II.4. La démarche à suivre :

Etape01 : faire la digitalisation des traits de cote dans ce cas est de tracer une ligne fictive qui sépare la mer de la terre et définit le trait de côte au différent année para pour l'existences de l'ouvrage de protection la digitalisation se fait grâce l'aide de l'outil « Add Path » du logiciel « Google Erth Pro » pour extraire les différents traits de cote correspondants à chaque date et enregistré au format KML.

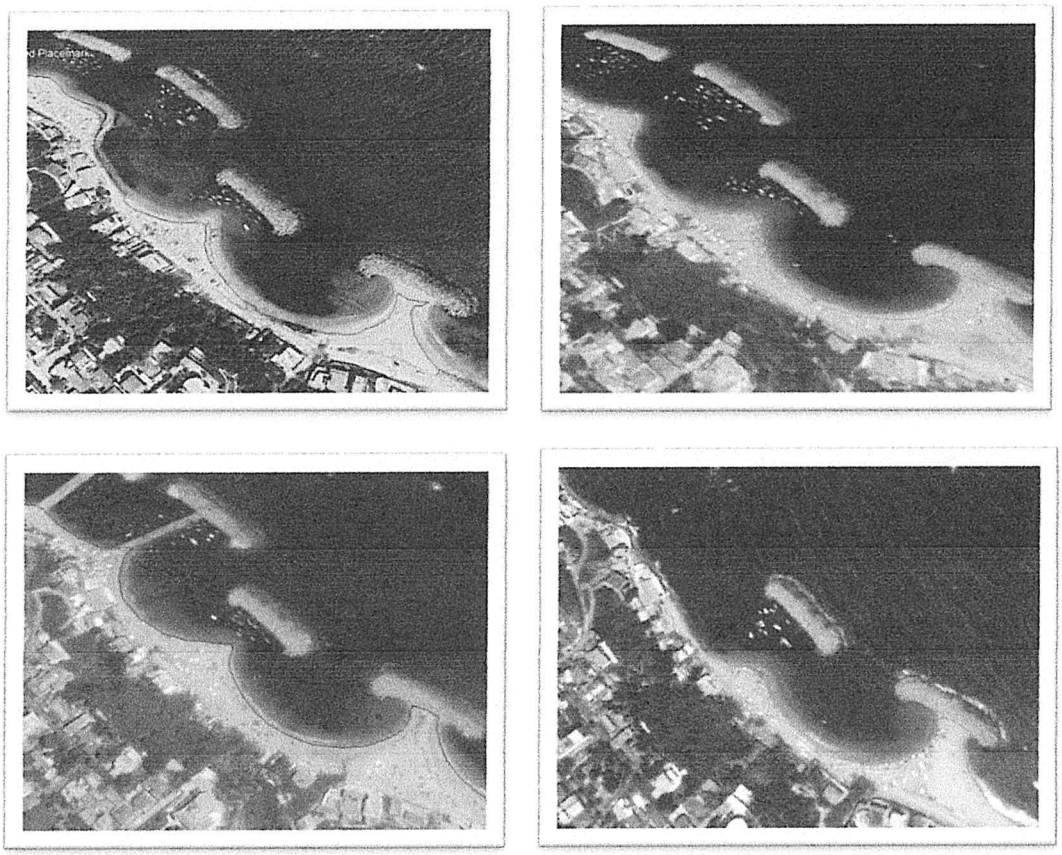


Figure 28: 04 images satellitaire de la zone d'étude (Exemple de Surcouf de Zemmouri) au différent dates (2023,2019,2015,2011) Google Earth Pro.

Etape02 : On entre ces images satellitaires au logiciel « ArcGIS », ouvrir l'outil «kml to layer » depuis Arc Tolbox (Conversion Tools>>From Kml>>Kml to layer).

Etape03 : ouvrir Arc Cataloge et crée « New Shapefile » avec système coordonnée projeté (WGS84_UTM) et le même type de géométrie (une ligne) et l'aide de l'outil « Editor » extrait les traits de cote de la zone en fonction du les dates prise comme référence pour l'étude.

Etape04 : Création de la géo-data-base : Création d'une base de données (géo-data-base personnelle) sous Arc Catalog dans laquelle toutes les données seront créées et stockées.

(Arc Catalog >>New>>Personnel Geodatabase).

Etape05: **Création du trait de côte :** Cette base de données permet de créer et regrouper toutes les classes d'entités (traits de côte) qui ont le même système de coordonnée projeté (WGS84_UTM) et le même type de géométrie (une ligne) puis on fusionne ces traits de côte dans une seule classe d'entité qui s'appelle (Merge) qui a le même système de coordonnée projeté (WGS84_UTM) et le même type de géométrie (une ligne) en utilisant Arc Toolbox (l'outil Append).

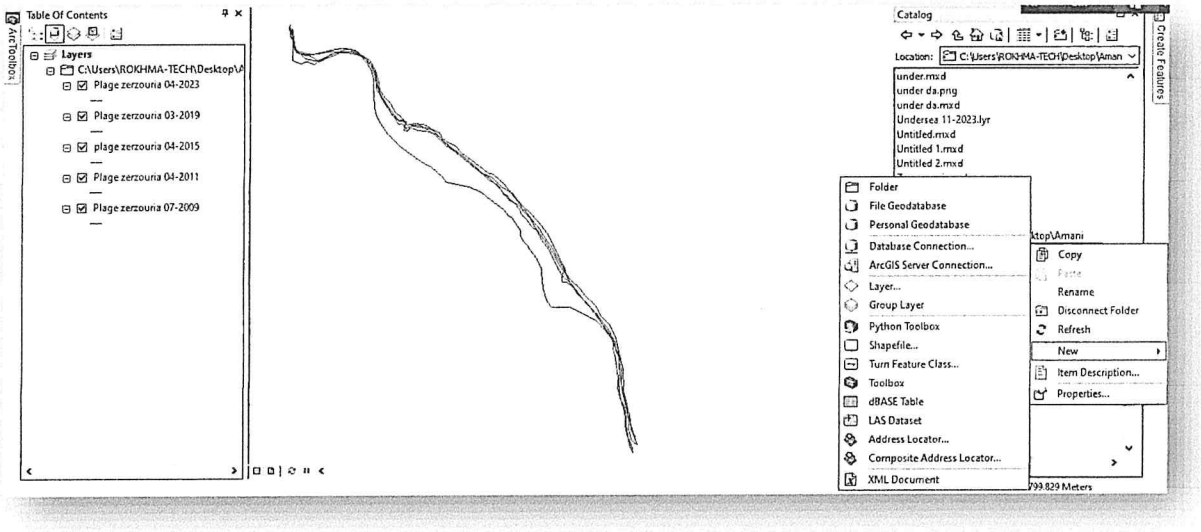


Figure 29:extrait des traits de cote de la zone

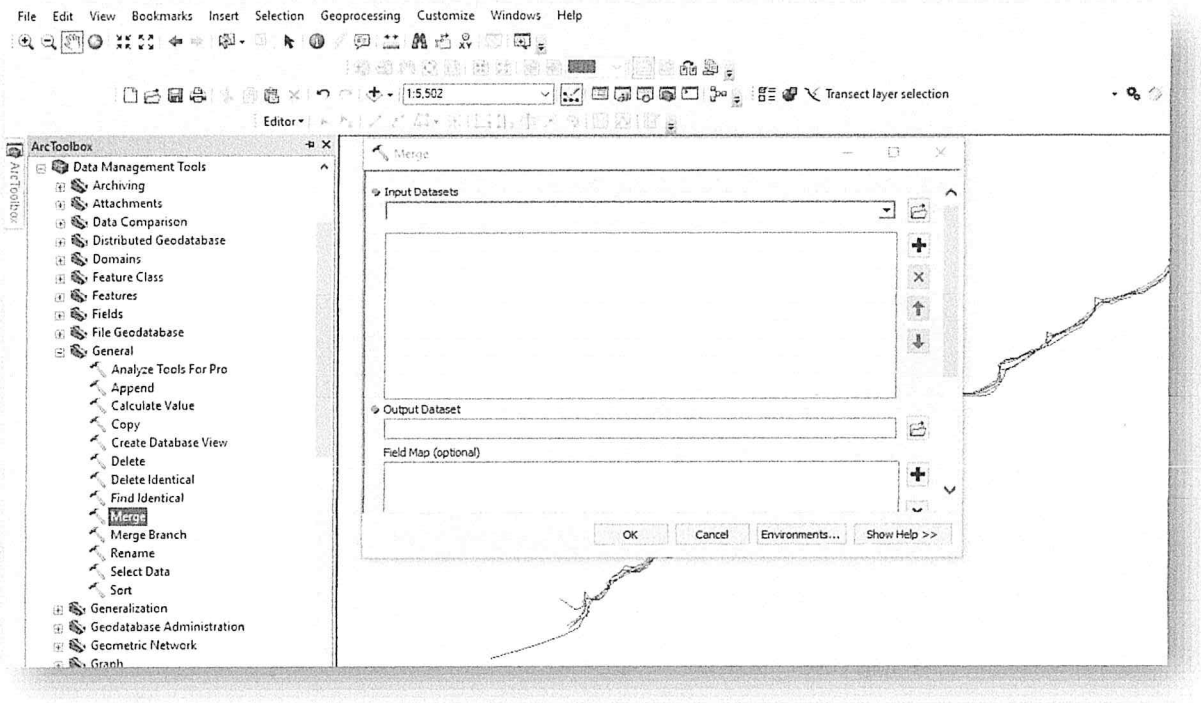


Figure 30:Création de la géo-data-base

Etape 06 : Création de la couche « Baseline » : La ligne de base considérée comment étant une ligne de référence pour Dsas et elle est très nécessaire dans le but de la génération des transects, ainsi que pour le calcul statistique de l'évolution des traits de côte. Elle représente une classe d'entité sous Arc Gis qui elle a le système de coordonnée projeté (WGS84_UTM) et le type de géométrie (une ligne).

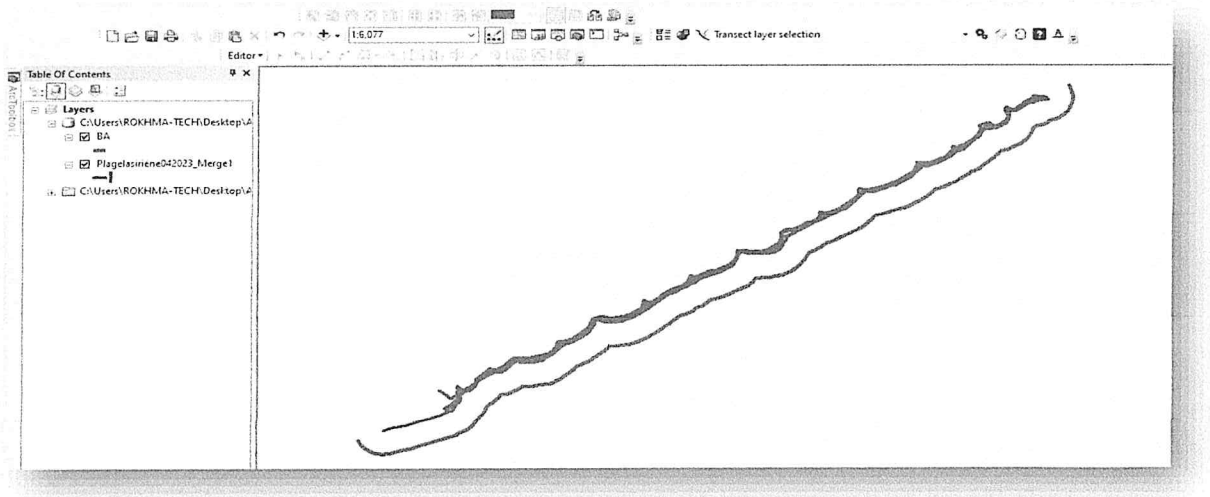


Figure 31:L'ajout de la ligne de base dans la zone d'étude (plage la sériene la baie d'Alger)

Etape07 : Création des transects : Ces transects ont été réalisés grâce à la fenêtre de dialogue du Dsas, les traits de côte et la ligne de base ; ils sont caractérisés par une longueur de 200 m et une distance 05 m qui séparé 2 transects successifs.

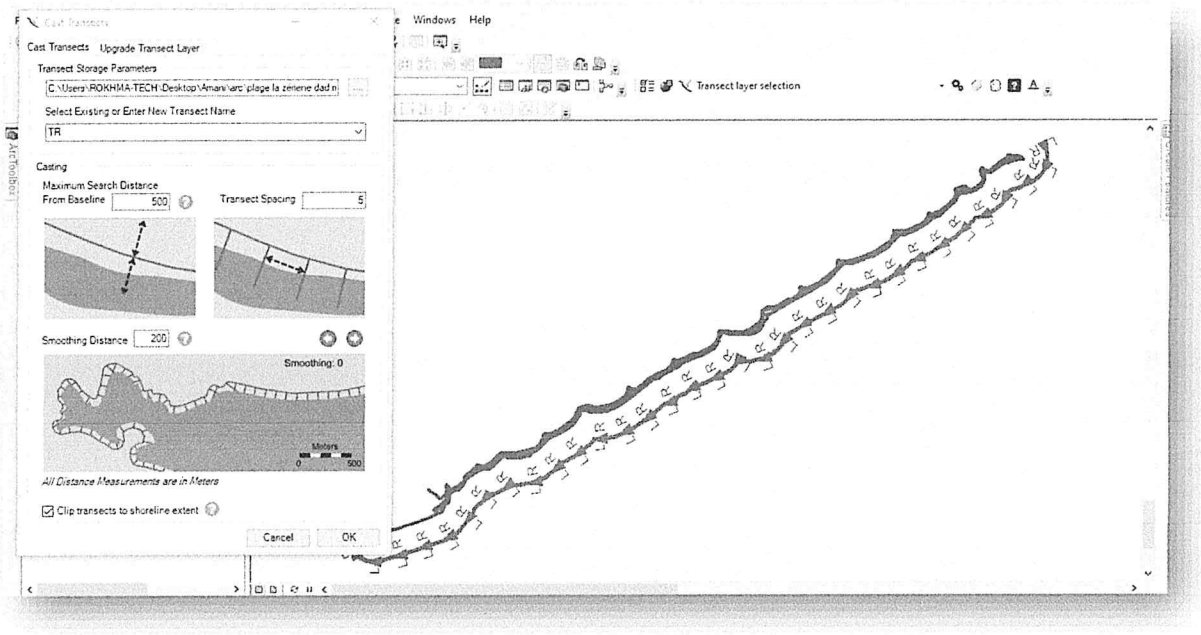


Figure 32:Fenêtre de dialogue de la création des transects sur logiciel Arc GIS/extension Dsas

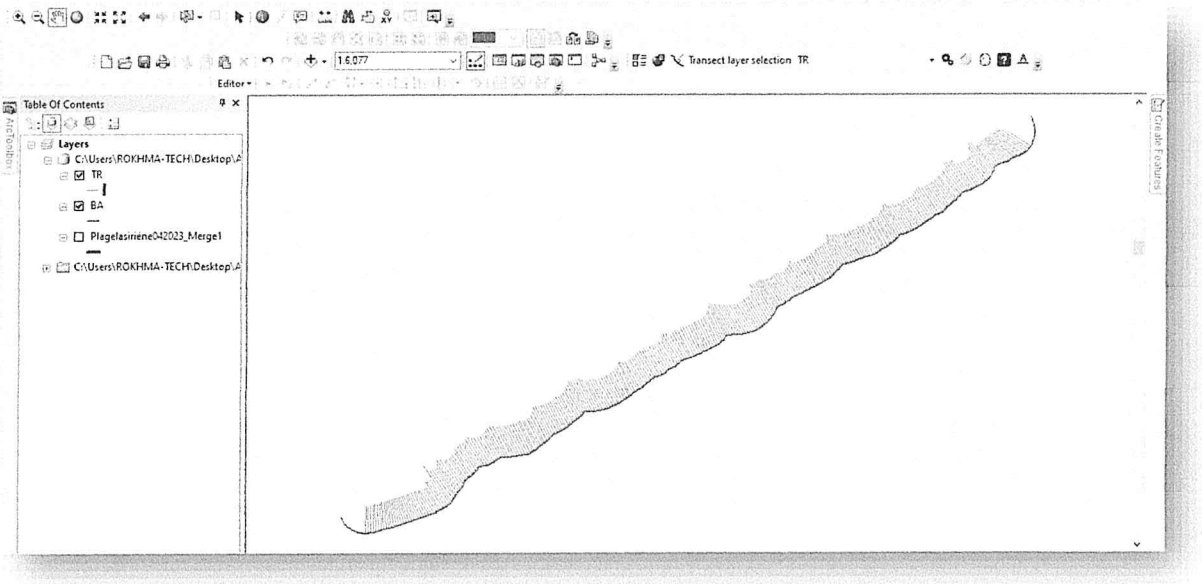


Figure 33:Création des transects sur logiciel Arc GIS/extension Dsas.

Etape08 : Lancement de calcul : Les taux de changements de rivages sont calculés en utilisant des méthodes NSM, EPR.

Fonctionnalité :

- Sélectionner les statistiques à calculer
- Préciser l'intervalle de confiance
- Seuil d'intersection du littoral
- Déterminer le taux d'affichage de sortie
- Rapport de synthèse creat.

Les étapes suivent pour lancement de calcule :

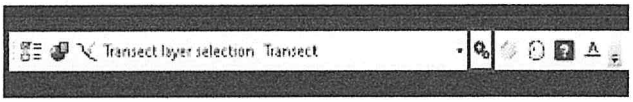


Figure 34:Calculate rates (Barre d'outils du DSAS)

- Cochez « Select all » afin de calculer les 5 paramètres possibles.
- Dans « Outputs », sélectionnez la visualisation graphique du paramètre EPR ou bien NSM.
- Cliquez sur « Calculate » afin de lancer le calcul.

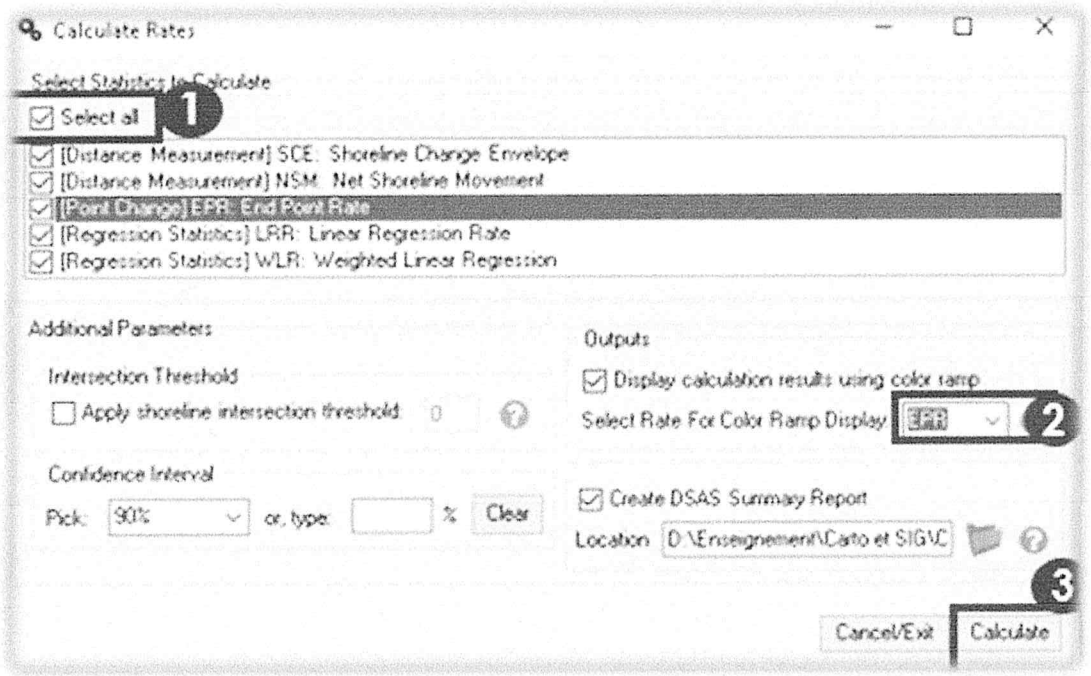


Figure 35:les étapes pour calculer les taux

Les résultats obtenus ont ensuite fait l'objet de classification, pour l'EPR, puis cartographier ; quant a l'NSM, il a été exprimé par la génération des graphes.

Tableau 7:Classification des valeurs de changement du trait de côte à partir des paramètre EPR

	Taux de changement de trait de cot (m/an)	Classification des trais de cot
1	<-3	Erosion très élevée
2	-3 à -2	Erosion élevée
3	-2 à -1	Erosion modérée
4	-1 à -0.5	Erosion faible
5	-0.5 à 0.5	Stable
6	0.5 à 1	Accrétion faible
7	1 à 2	Accrétion modérée
8	2 à 3	Accrétion élevée
9		Accrétion très élevée

II.5. Les Résultats :

II .5.1. La baie d'Alger :

a) Kettani 2004-2024 :

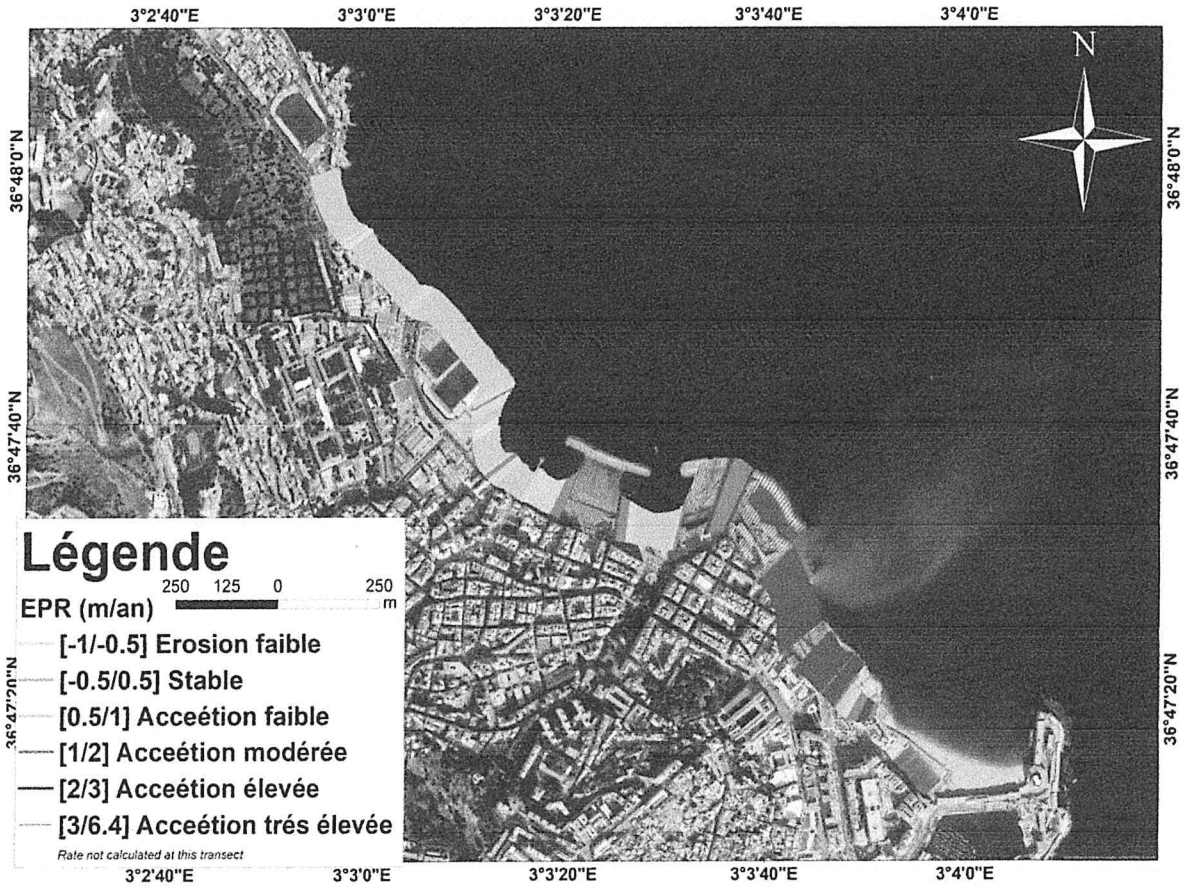


Figure 36:Résultat cartographique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode EPR en (m/an) entre 2004 et 2024 (Kettani)

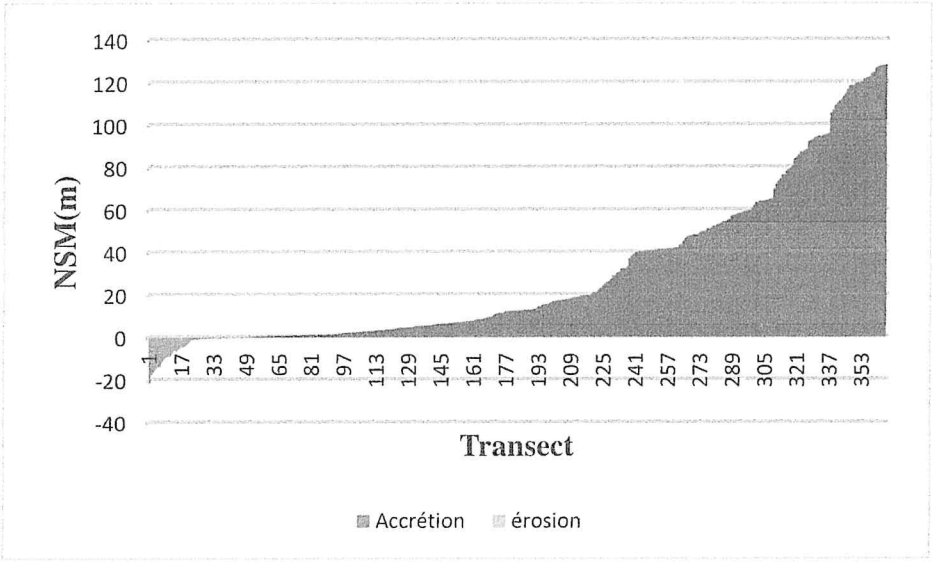


Figure 37:Résultat graphique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode NSM en (m) entre 2004 et 2024 (Kettani)

Commentaire :

D'après la figure 35 qui montre les vitesses en (m/an) et la figure 36 qui montre les variations de la distance en mètre entre le trait de côte de l'année 2004 et celui de l'année 2024 dans la zone d'étude (Kettani au la baie d'Alger).

Cette zone d'étude fait apparaitre une érosion d'une fois et une accumulation de l'autre fois avec une tendance variable sur un littoral de longueur 2.5km et une durée 20 ans, on observe, généralement une accumulation sédimentaire très importante que l'érosion sur ce site d'étude avec une moyenne de l'ordre 29.63 m dans une durée 20 ans, Le taux moyen général de vitesse de l'accumulation de cette zone d'étude est très important et présente la valeur 1.54m/an, au niveau de l'ouvrage de protection il y'a une accumulation très élevée avec maximum de valeur 6.46m/an ,de l'autre coté la zone est stable .

Cause :

La plage de Kettani a connu une accrétion significative entre 2004 et 2024, avec une moyenne de 1,54 m/an et des valeurs maximales atteignant 6,46 m/an. Plusieurs facteurs ont contribué à ce phénomène. La présence d'ouvrages de protection, tels que des digues et des brise-lames (MK21), a favorisé l'accumulation de sédiments. De plus, l'absence de tempêtes majeures pendant cette période a contribué à la stabilité et à l'accrétion de la plage. Enfin, les

périodes de calme hydrodynamique durant les mois estivaux ont permis l'accumulation progressive des sédiments transportés par les courants côtiers.

b) Sablatte 2013-2023 :

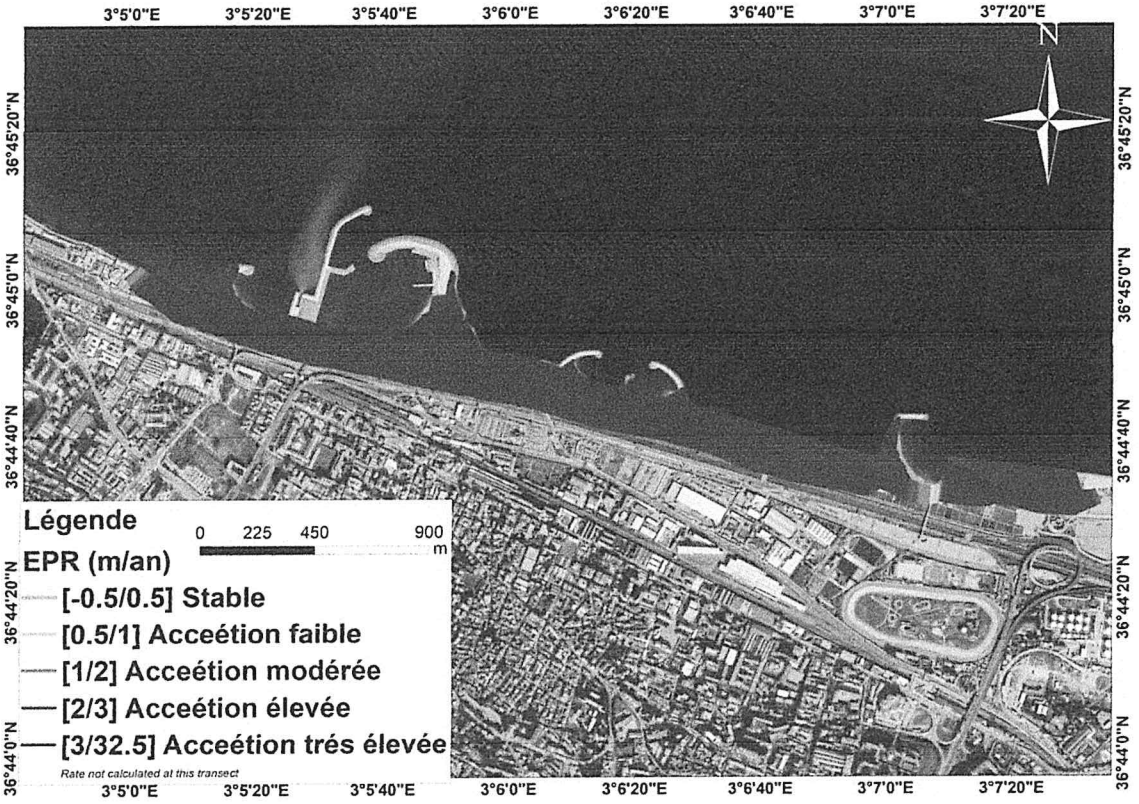


Figure 38:Résultat cartographique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode EPR en (m/an) entre 2013 et 2023 (Sablatte)

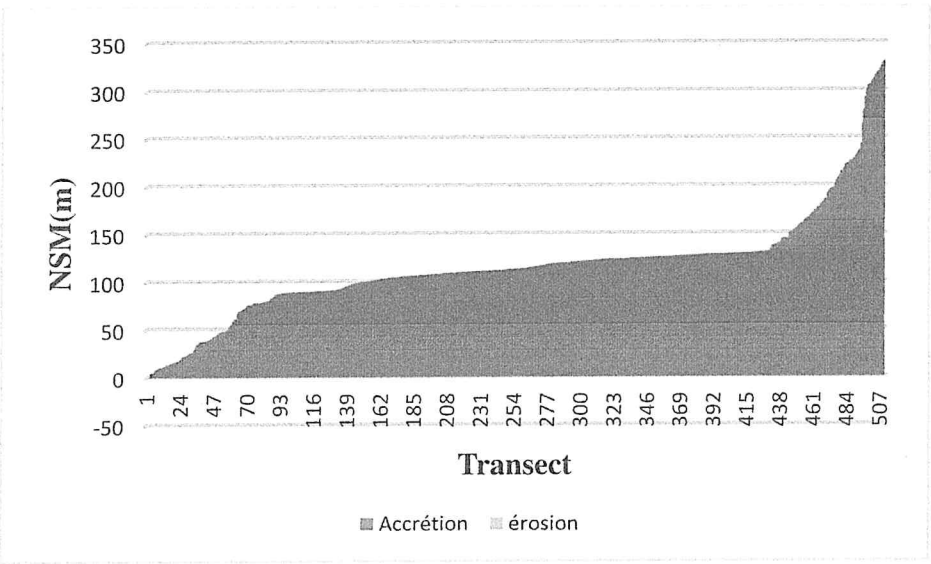


Figure 39:Résultat graphique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode NSM en (m) entre 2013 et 2023 (Sablatte)

Commentaire :

D'après la figure 37 qui montre les vitesses en (m/an) et la figure 38 qui montre les variations de la distance en mètre entre le trait de côte de l'année 2004 et celui de l'année 2024 dans la zone d'étude (Sablatte au la baie d'Alger).

Cette zone d'étude fait apparaitre une accrétion totale pendent 10 ans, accumulation sédimentaire sur ce site d'étude avec une moyenne de l'ordre 115.3 m et le taux moyen général de vitesse de l'accumulation de cette zone d'étude est très important et présente la valeur 11.41m/an.

Cause :

Entre 2013 et 2023, la plage de Sablatte a connu une accrétion totale avec une moyenne de 11,41 m/an. Cette augmentation significative de la largeur de la plage est due à plusieurs facteurs. La construction d'infrastructures de protection, telles que les épis et les jetées en plus d'un probable rechargement favorisant ainsi l'élargissement de la plage par le piégeage des sédiments, De plus, la faible fréquence de tempêtes destructrices durant cette période a permis de maintenir les sédiments en place. Enfin, des périodes prolongées de conditions météorologiques stables ont favorisé l'accrétion continue, permettant à la plage de s'étendre régulièrement.

c) Fort-l 'eau 2007-2023 :



Figure 40:Résultat cartographique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode EPR en (m/an) entre 2007 et 2023 (Fort-l 'eau)

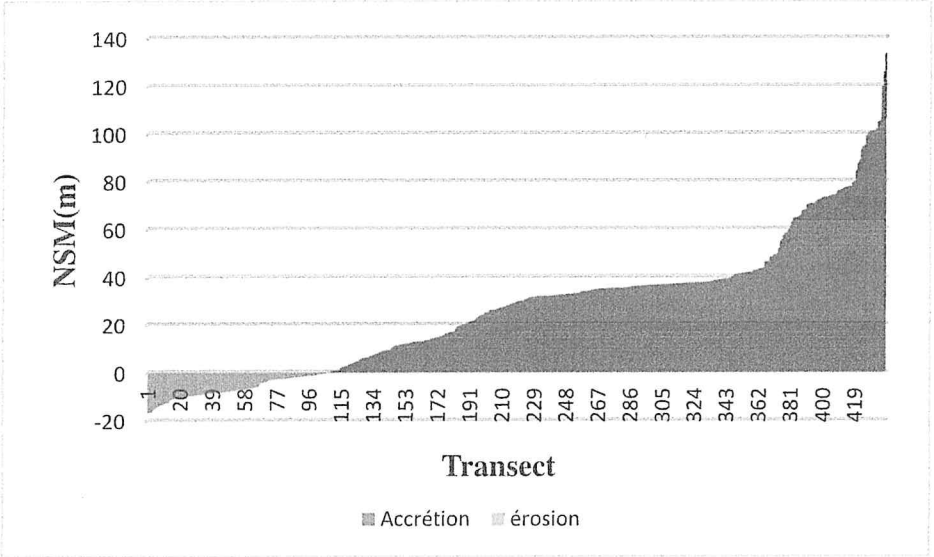


Figure 41:Résultat graphique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode NSM en (m) entre 2007 et 2023 (Fort-l 'eau)

Commentaire :

D'après la figure 39 qui montre les vitesses en (m/an) et la figure 40 qui montre les variations de la distance en mètre entre le trait de côte de l'année 2007 et celui de l'année 2023 dans la zone d'étude (Fort-l 'eau au la baie d'Alger).

Cette zone d'étude connu des changements importants au cours des dernières années. La partie centrale de la zone d'étude ou l'ouvrage de protection excitent a connu une accrétion de moyenne 2.31 m/an et max de valeur 8.23 m/an tandis que les extrémités ont connu une érosion de moyenne de -1.02 m/an, avec une moyenne de l'ordre 26.52 m pendent 16 ans.

Cause : Entre 2007 et 2023, la plage de Fort-l 'Eau a connu une dynamique contrastée, avec une accrétion centrale autour des ouvrages de protection à un rythme de 2,31 m/an, mais une érosion aux extrémités à un taux de -1,02 m/an. Cette situation résulte principalement de l'effet des ouvrages de protection (MK21) qui ont redistribué les sédiments, favorisant l'accumulation au centre tout en laissant les extrémités exposées à l'érosion par les courants. Les tempêtes localisées ont amplifié cette érosion aux extrémités non protégées. De plus, les périodes de fortes houles en hiver ont contribué à l'érosion, tandis que les périodes estivales plus calmes ont favorisé l'accrétion centrale, stabilisant ainsi cette zone de la plage.

d)Plage la sirène 2007-2023 :

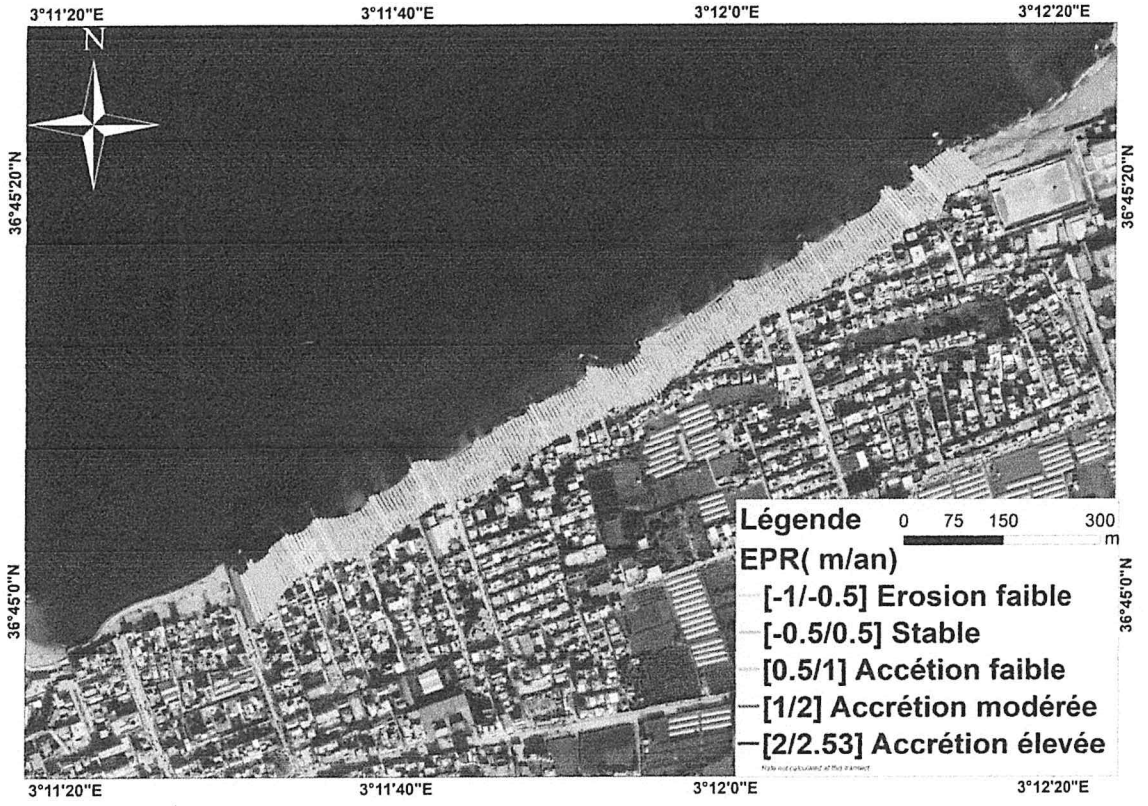


***Figure 42**:Figure 42 : Résultat cartographique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode EPR en (m/an) entre 2007 et 2023(Plage la sirène)*

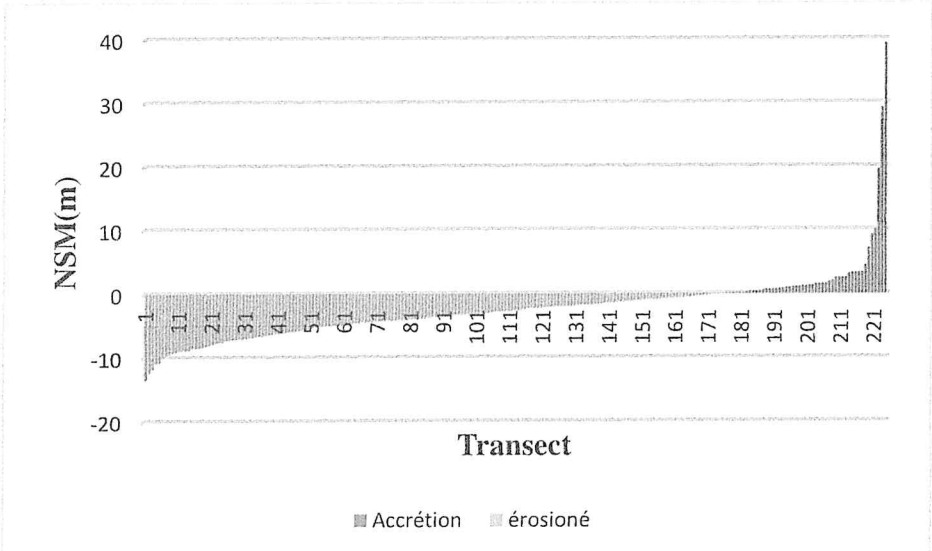


Figure 43:Résultat graphique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode NSM en (m) entre 2007 et 2023 (Plage la sirène)

Commentaire :

D'après la figure 41 qui montre les vitesses en (m/an) et la figure 42 qui montre les variations de la distance en mètre entre le trait de côte de l'année 2007 et celui de l'année 2023 dans la zone d'étude (Plage la sirène au la baie d'Alger).

Cette zone d'étude est généralement stable, avec certaines zones d'accrétion et d'érosion. La moyenne d'accrétion est 0.22 m/an et la moyenne de l'érosion est -0.26 m/an fait pendent 16 ans, avec une moyenne de l'ordre -2.39 m et le taux de changement annuel de cette zone d'étude est -0.15 m/an.

Cause :

Entre 2007 et 2023, la plage de la Sirène est restée généralement stable, avec des petites zones d'accrétion et d'érosion. Cette stabilité est principalement due à l'absence d'infrastructures majeures (MK21) et à l'équilibre naturel des sédiments. La plage a subi des impacts mineurs des tempêtes, ce qui a maintenu un équilibre entre érosion et accrétion. De plus, les variations saisonnières normales ont permis une dynamique équilibrée entre l'apport et la perte de sédiments, contribuant ainsi à la stabilité générale de la plage.

e)Bordj el-kiffan 2018-2023 :

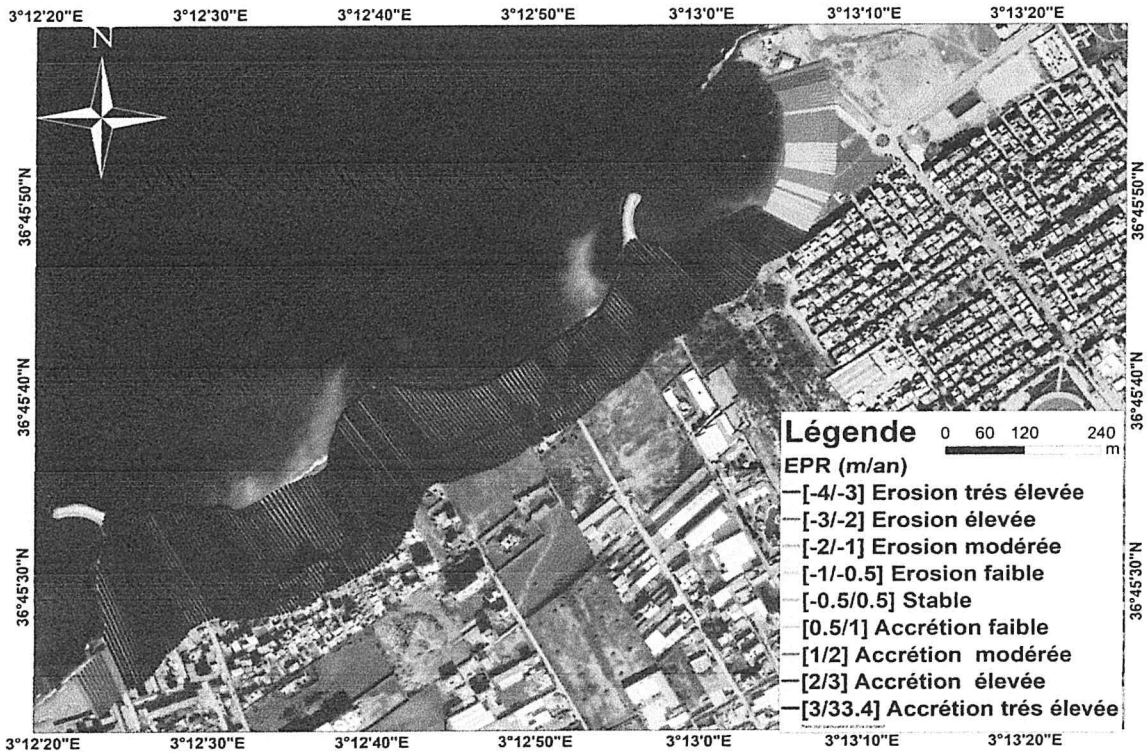


Figure 44:Résultat cartographique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode EPR en (m/an) entre 2018 et 2023 (Bordj el-kiffan)

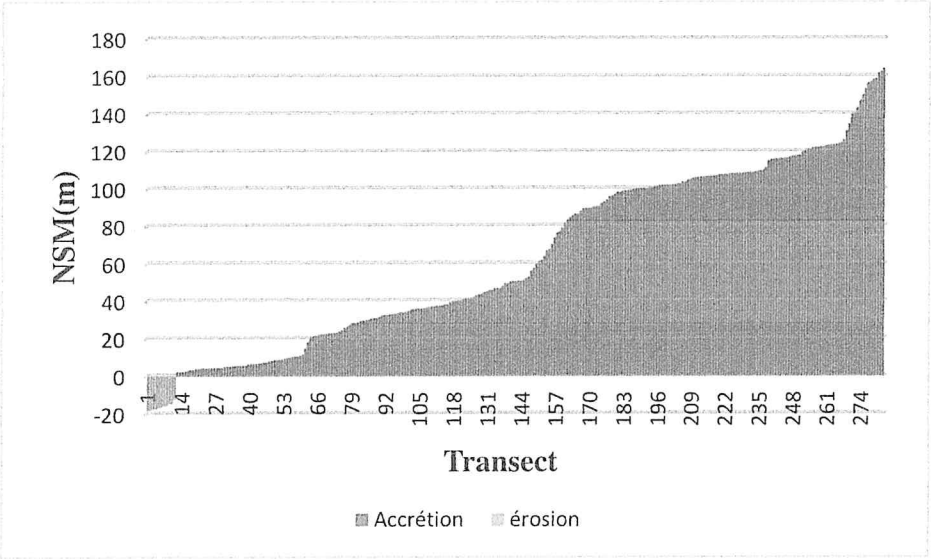


Figure 45:Résultat graphique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode NSM en (m) entre 2018 et 2023 (Bordj el-kiffan)

Commentaire :

D'après la figure 43 qui montre les vitesses en (m/an) et la figure 44 qui montre les variations de la distance en mètre entre le trait de côte de l'année 2018 et celui de l'année 2023 dans la zone d'étude (Bordj el-kiffan au la baie d'Alger).

Cette zone d'étude fait apparaitre une accrétion très élevée à l'emplacement des ouvrages de protection et l'espace entre elle pendent 5 ans avec moyenne de 11.8 m/an et max de valeur 33.4 m/an. Du côté ouest de l'ouvrage de protection il y'a une érosion élevée avec un moyenne de -3.28 m/an et une dégradation d'accrétion de l'autre côté de l'ouvrage et une moyenne de l'ordre 54.79 m et le taux moyen général de vitesse de cette zone d'étude est très important et présente la valeur 11.8m/an.

Cause :

Entre 2018 et 2023, la plage de Bordj el-Kiffan a connu une accrétion très élevée autour des ouvrages de protection, atteignant 11,8 m/an, tandis qu'à l'ouest, l'érosion était élevée à -3,28 m/an. Cette situation est principalement due aux ouvrages de protection (MK21) qui ont créé des zones d'accrétion intense en retenant les sédiments transportés par les courants littoraux, intensifiant ainsi l'érosion à l'ouest où les sédiments étaient emportés. Les tempêtes ont également exacerbé l'érosion dans cette zone. De plus, des périodes de fortes houles ont

transporté les sédiments vers les ouvrages de protection, laissant les zones à l'ouest vulnérables à l'érosion.

f)Coco plage 2018-2023 :

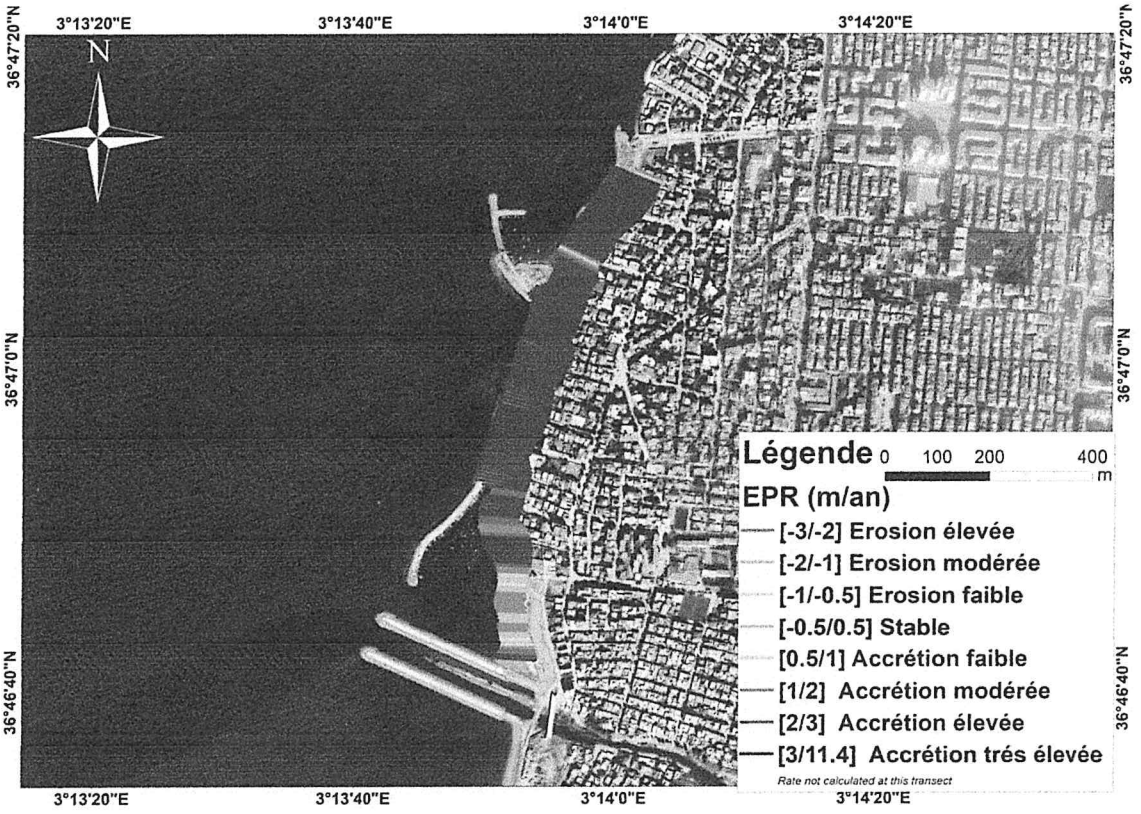


***Figure 46**:Figure 46: Résultat cartographique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode EPR en (m/an) entre 2018 et 2023 (Coco plage)*

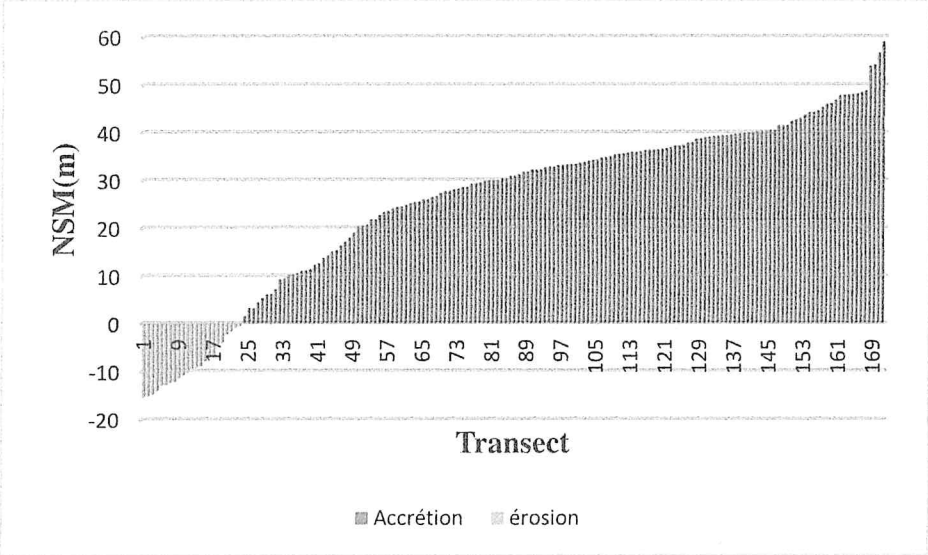


Figure 47:Résultat graphique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode NSM en (m) entre 2018 et 2023 (Coco plage)

Commentaire :

D'après la figure 45 qui montre les vitesses en (m/an) et la figure 46 qui montre les variations de la distance en mètre entre le trait de côte de l'année 2018 et celui de l'année 2023 dans la zone d'étude (Coco plage au la baie d'Alger).

Cette zone d'étude fait apparaitre une accrétion très élevée à l'emplacement des ouvrages de protection et l'espace entre elle pendent 5 ans avec moyenne de 6.2 m/an et max de valeur 11.4 m/an. Entre l'emplacement de l'oued et l'ouvrage la surface varie selon l'état d'accrétion et d'érosion et une moyenne de l'ordre 25.71 m et le taux moyen général de vitesse de cette zone d'étude est très important et présente la valeur 4.98 m/an.

g)Bordj el-Bahri 2011-2023 :

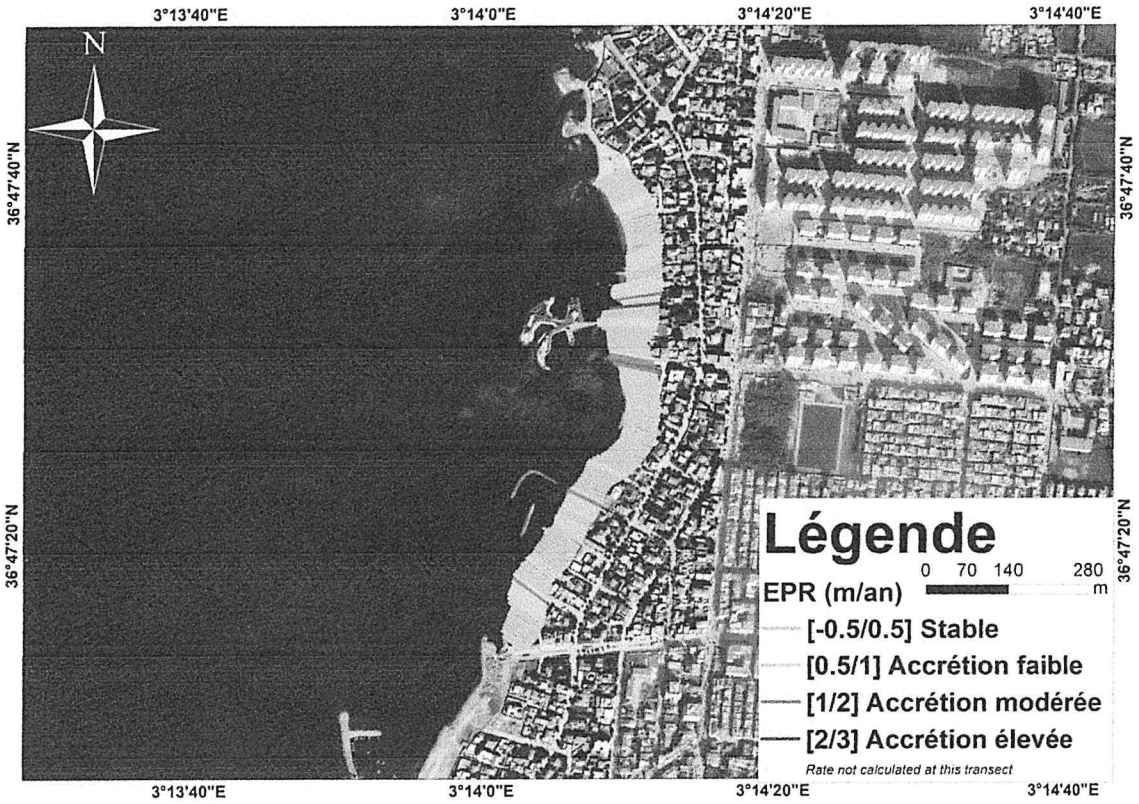


***Figure 48**:Résultat cartographique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode EPR en (m/an) entre 2011 et 2023 (Bordj el-Bahri)*

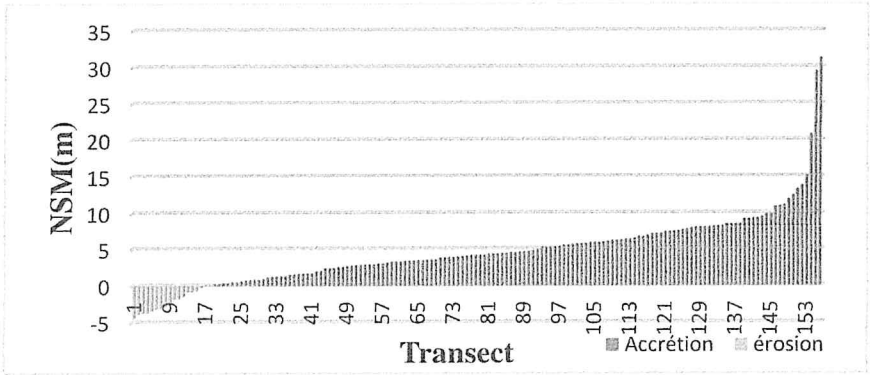


Figure 49:Résultat graphique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode NSM en (m) entre 2011 et 2023 (Bordj el-Bahri)

Commentaire :

D'après la figure 47 qui montre les vitesses en (m/an) et la figure 48 qui montre les variations de la distance en mètre entre le trait de côte de l'année 2011 et celui de l'année 2023 dans la zone d'étude (Bordj el-bahri au la baie d'Alger).

Cette zone d'étude fait apparaitre une accrétion faible dans l'emplacement des ouvrages pendent 12 ans, et moyenne 0.49 m/an para pour la zone adjacente est stable avec une moyenne de l'ordre 4.63 m et le taux moyen général de vitesse de cette zone d'étude est très important et présente la valeur 0.39 m/an.

h)Plage Zerzouria 2009-2023 :

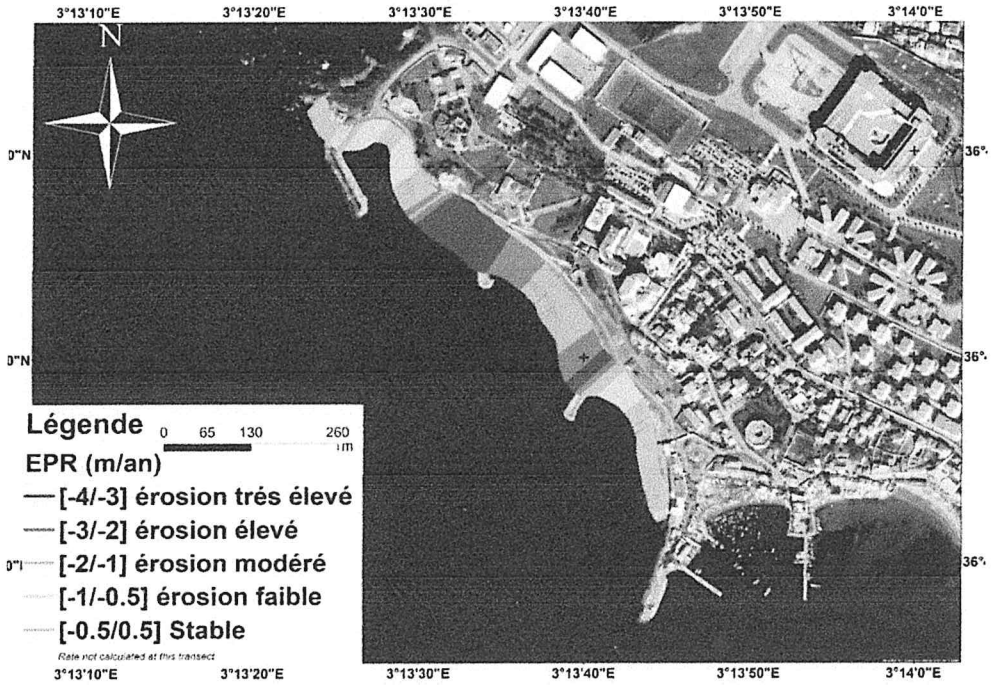


Figure 50:Résultat cartographique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode EPR en (m/an) entre 2011 et 2023(Plage Zerzouria)

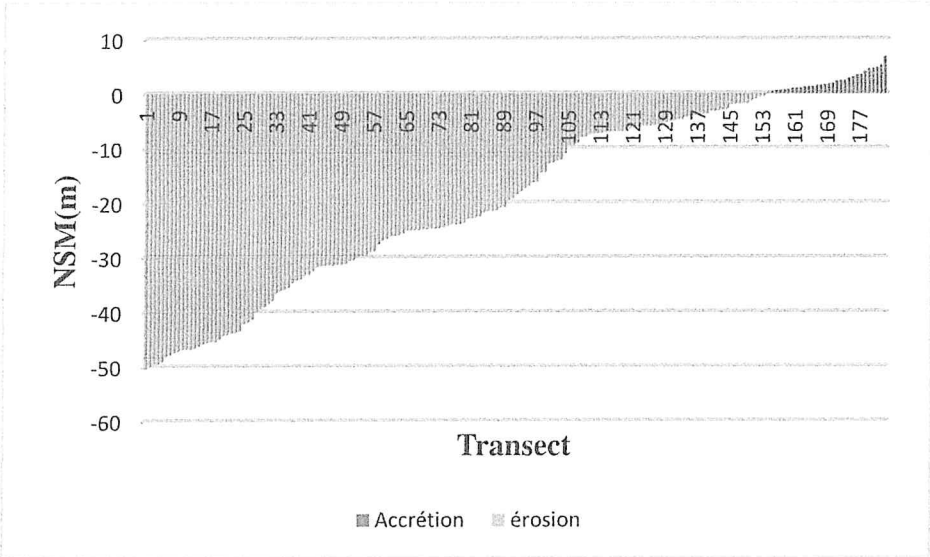


Figure 51:Résultat graphique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode NSM en (m) entre 2011 et 2023 (Plage Zerzouria)

Commentaire :

D'après la figure 49 qui montre les vitesses en (m/an) et la figure 50 qui montre les variations de la distance en mètre entre le trait de côte de l'année 2011 et celui de l'année 2023 dans la zone d'étude (Plage Zerzouria au la baie d'Alger).

Cette zone d'étude fait apparaitre une érosion très élevée au niveau de l'emplacement des nouvelles ouvrages **(Image satellitaire 04/2023)** avec moyenne d'érosion -1.66 m/an et max de valeur -3.67 m/an. Dans la zone où il y'a une autre structure de protection une stabilité avec une érosion faible, entre l'ouvrage et le port (Port Tamnfoust) il y'a une stabilité. Sur ce site d'étude une moyenne de l'ordre 18.68 m et le taux moyen général de vitesse présente la valeur 1.36 m/an.

Cause :

La baie d'Alger, et plus précisément la plage de Zerzouria, subit une érosion côtière significative, comme le montrent les analyses récentes. Les nouvelles structures de protection installées dans la zone d'étude semblent avoir exacerbé le phénomène, avec des taux d'érosion moyens atteignant -1,66 m/an et des valeurs maximales de -3,67 m/an à leur emplacement. En revanche, une stabilité relative avec une faible érosion est observée dans les zones où d'autres ouvrages de protection existent, tandis qu'entre ces ouvrages et le port de Tamenfoust, le trait de côte reste stable.

L'érosion généralisée de la plage de Zerzouria est principalement due à la combinaison de plusieurs facteurs:

Les houles dominantes provenant du secteur Nord-Est à 45°, avec des hauteurs significatives pouvant atteindre 3,5 m génèrent des courants longitudinaux puissants responsables d'un transport sédimentaire intense le long de la côte, entraînant une perte de sédiments des plages.

Les houles les plus énergétiques du secteur Ouest créent des courants de dérive littorale et des courants de retour qui augmentent la capacité de transport sédimentaire, atteignant. Ces courants transportent les sédiments vers le large ou vers d'autres sections de la côte, accentuant l'érosion dans les zones affectées.

II.5.2. La baie de Zemmouri :

a)Surcouf 2006-2023 :

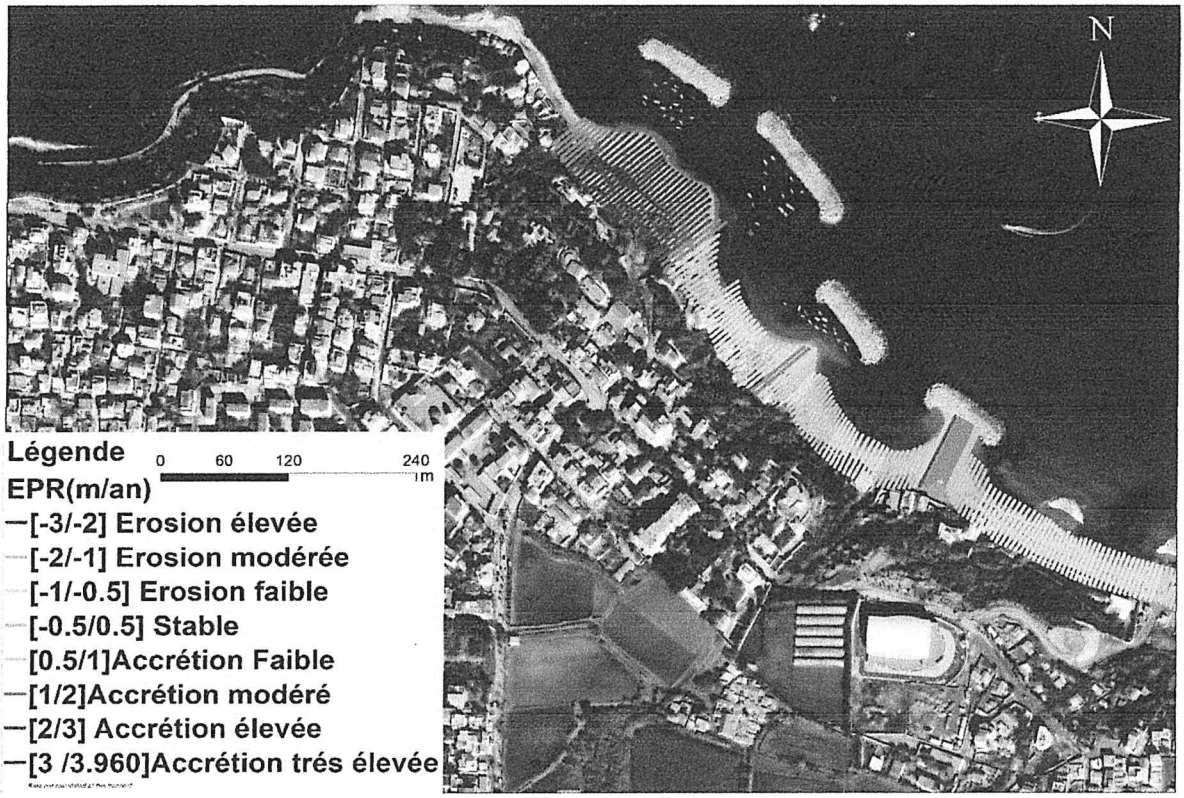


Figure 52: Résultat cartographique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode EPR en (m/an) entre 2006 et 2023(*Surcouf)*

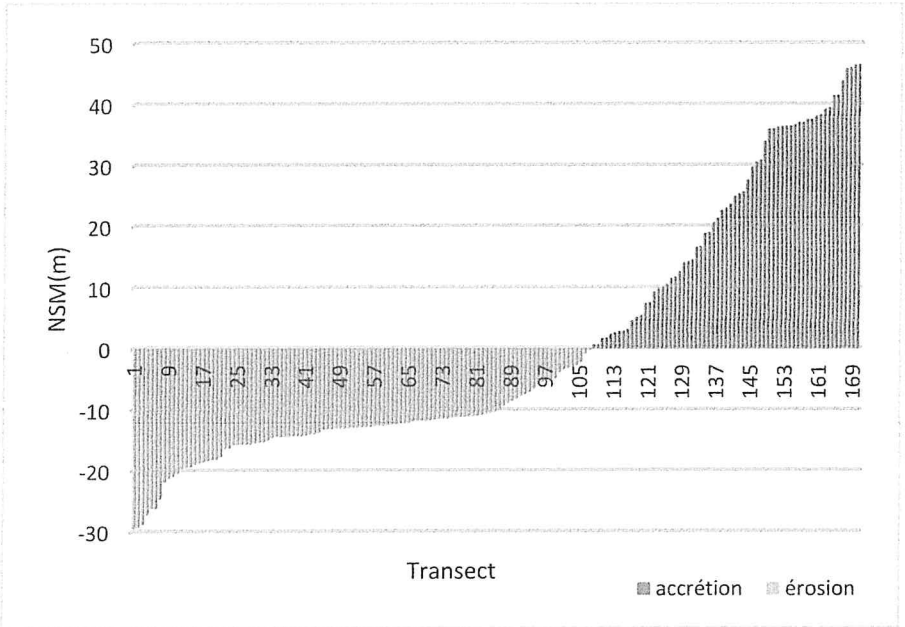


Figure 53:Résultat graphique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode NSM en (m) entre 2006 et 2023

Commentaire :

D'après la figure 51 qui montre les vitesses en (m/an) et la figure 52 qui montre les variations de la distance en mètre entre le trait de côte de l'année 2007 et celui de l'année 2023 dans la zone d'étude (Surcouf au la baie de Zemmouri).

Cette zone d'étude on va trouver 04 Brise-lame fait apparaitre une accrétion élevée avec une moyenne 1.84 m/an et max de valeur 3.96 m/an et l'espacement ente ce brise-lame il y a une érosion faible ou bien une stabilité pendent 17 ans, sur ce site d'étude une moyenne de l'ordre 0.21 m et le taux moyen général de vitesse présente la valeur 0.19m/an.

Cause:

Entre 2006 et 2023, la plage de Surcouf a connu une dynamique hydro-sédimentaire complexe, caractérisée par une accrétion sédimentaire significative, influencée par la houle du secteur Nord-Ouest et les ouvrages côtiers présents.

L'accrétion moyenne annuelle a été de 1,84 mètres, avec des pics atteignant 3,96 mètres par an. Cette accumulation de sédiments est largement due à la dérive littorale d'Ouest en Est, générée par la houle du secteur Nord-Ouest, qui transporte les sédiments le long de la côte.

Les quatre brise-lames présents dans la zone ont favorisé l'accrétion en réduisant l'énergie des vagues et en facilitant le dépôt des sédiments. Cependant, ils ont aussi créé des zones de stabilité relative entre eux, avec une érosion faible ou une stabilité, enregistrant une perte moyenne de seulement 0,21 mètre par an et un taux global de 0,19 mètre par an.

Malgré une tendance globale à l'accrétion, la plage de Surcouf reste vulnérable aux événements météorologiques extrêmes tels que les tempêtes et les surcotes. Ces phénomènes peuvent provoquer des périodes d'érosion intense et de submersion côtière, mettant en évidence la complexité des interactions entre les forces naturelles et les infrastructures côtières.

b)Plage de la goéland 2003-2024 :

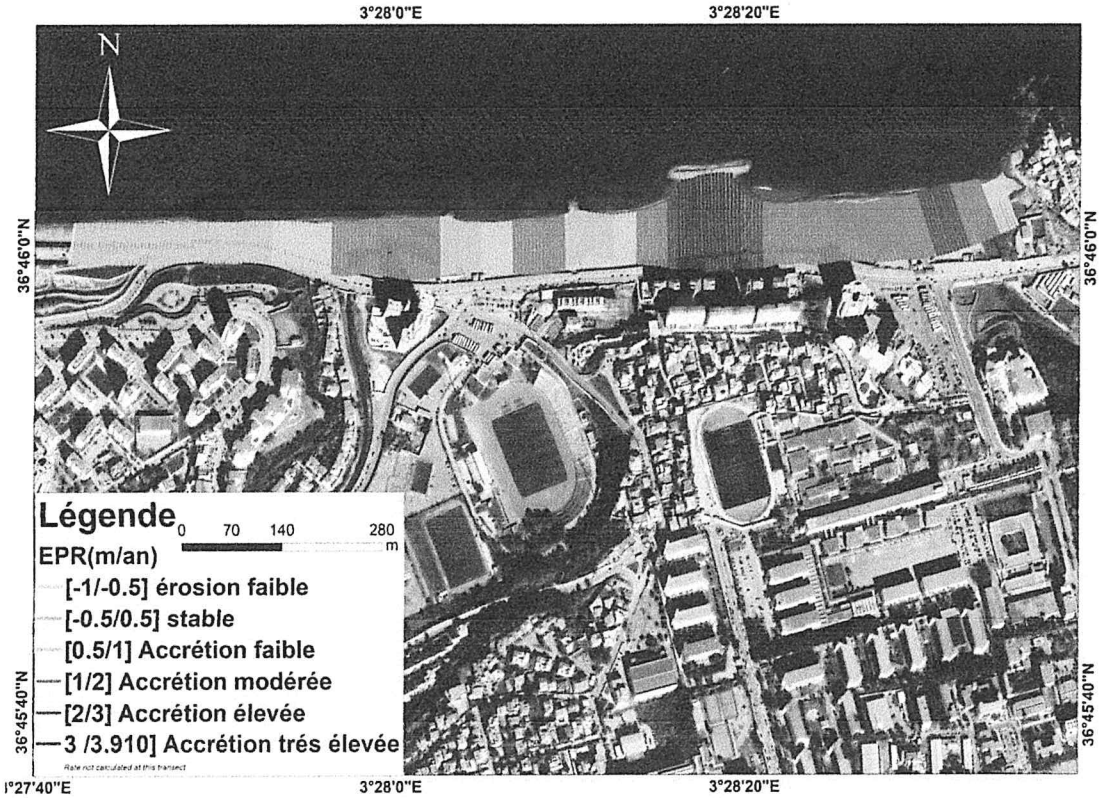


Figure 54:Résultat cartographique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode EPR en (m/an) entre 2003 et 2024 (Plage de la goéland)

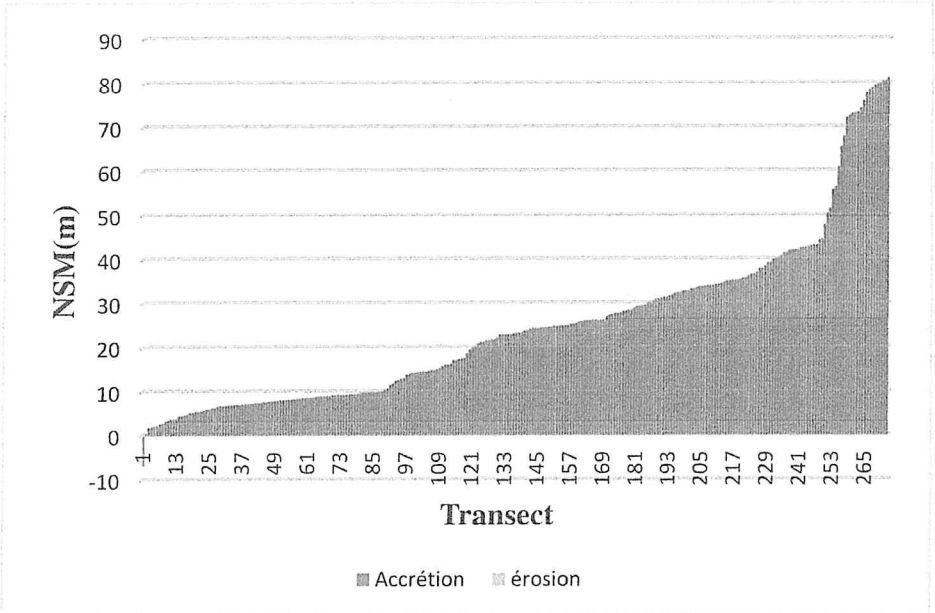


Figure 55:Résultat graphique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode NSM en (m) entre 2003 et 2024 (Plage de la goéland)

Commentaire :

D'après la figure 53 qui montre les vitesses en (m/an) et la figure 54 qui montre les variations de la distance en mètre entre le trait de côte de l'année 2007 et celui de l'année 2023 dans la zone d'étude (Sablatte au la baie d'Alger).

Cette zone d'étude fait apparaitre une accrétion très élevée au niveau de brise-lame et une stabilité au niveau des deux épi et absence complet de l'érosion et la zone adjacente comprendre u changement bancal entre l'accumulation et la stabilité pendent 21 ans, sur ce site d'étude une moyenne de l'ordre 24.66 m et le taux moyen général de vitesse présente la valeur 1.91 m/an.

Cause :

Entre 2003 et 2024, la plage de la Goéland a connu des changements significatifs dans sa dynamique hydro-sédimentaire. Les brise-lames installés sur le site ont joué un rôle d'une grande importance dans ces évolutions.

Grâce à leur capacité à réduire l'énergie des vagues, les brise-lames ont favorisé une accrétion très importante le long de la côte, permettant le dépôt de sédiments. Cette accumulation a été particulièrement marquée autour des structures, contribuant à une avancée moyenne du trait de côte de 24,66 mètres sur la période, soit un taux moyen d'accrétion de 1,91 mètre par an.

En parallèle, la présence d'épis a contribué à stabiliser le littoral en piégeant les sédiments et en minimisant les mouvements latéraux. Cela a permis de créer des zones de stabilité relative, sans érosion notable.

La houle provenant principalement du secteur Nord-Ouest a joué un rôle essentiel dans ces évolutions, en transportant les sédiments vers les structures côtières et en favorisant ainsi l'accumulation. Les courants marins ont quant à eux contribué à redistribuer les sédiments le long de la plage, consolidant les zones d'accumulation et de stabilité.

Enfin, l'absence relative de tempêtes majeures pendant cette période a contribué à maintenir cette stabilité et à limiter l'érosion sur la plage de la Goéland.

c)Cap Djent Est 2003-2023 :

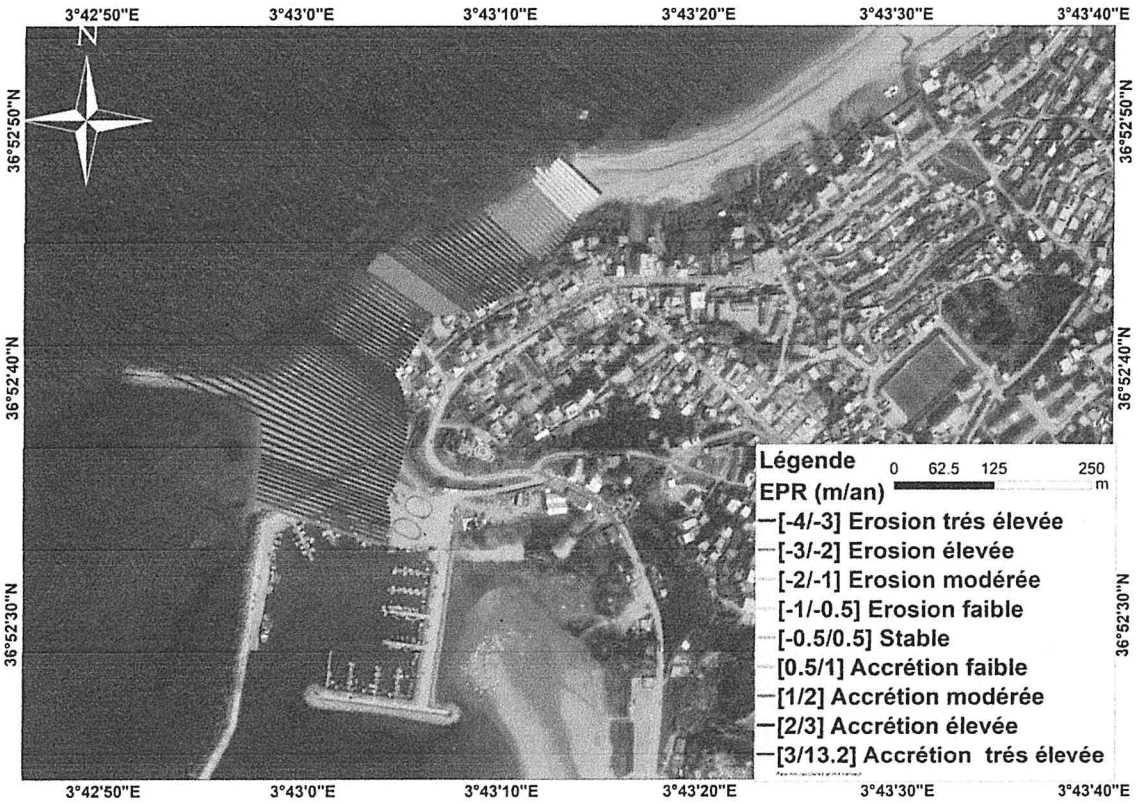


Figure 56:Résultat cartographique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode EPR en (m/an) entre 2003 et 2023 (cap djent est)

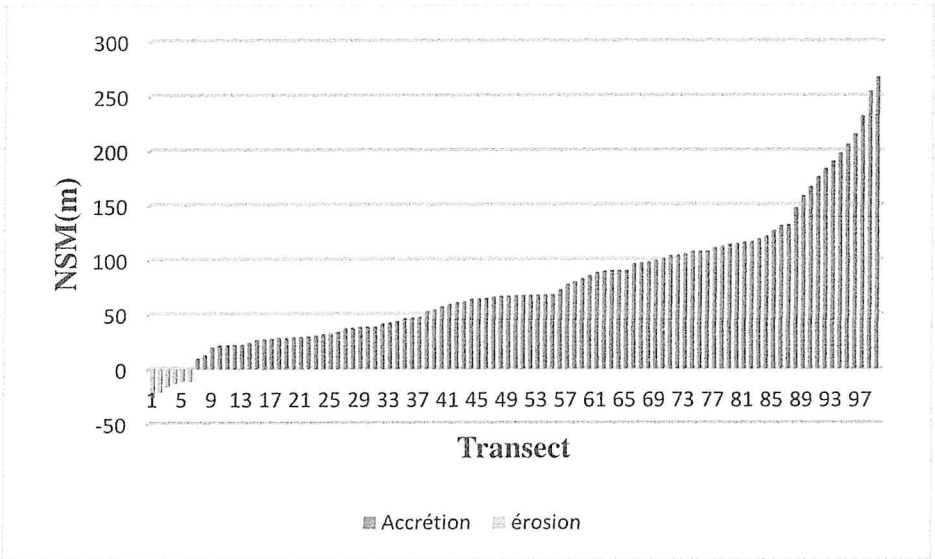


Figure 57:Résultat graphique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode NSM en (m) entre 2003 et 2023 (Cap djent est)

Commentaire :

D'après la figure 55 qui montre les vitesses en (m/an) et la figure 56 qui montre les variations de la distance en mètre entre le trait de côte de l'année 2003 et celui de l'année 2023 dans la zone d'étude (Cap Djent Est au la baie de Zemmouri).

Cette zone d'étude fait apparaitre une accrétion totale pendent 20ans et moyenne de 3.79 m/an ,et dans la partie opposée de la plage il y a un érosion dans un petite surface avec moyenne de -1.25 m/an .Une moyenne de l'ordre 65.79 m et le taux moyen général de vitesse présente la valeur 3.79m/an.

Cause :

La plage a globalement enregistré une accrétion significative, avec une moyenne de 3,79 mètres par an, totalisant un changement de 65,79 mètres sur cette période de 20 ans. Cependant, certaines zones localisées ont subi une érosion, avec une moyenne de -1,25 mètre par an. La persistance de la houle et l'activité des courants marins ont joué un rôle important en transportant et en déposant des sédiments le long de la côte, favorisant ainsi une accrétion continue. Les interventions anthropiques, telles que l'épi a également modifié la dynamique des sédiments, contribuant à l'accumulation dans certaines zones tout en influençant la stabilité dans d'autres. Parallèlement, l'urbanisation et les ouvrages de protection ont pu influencer la stabilité locale, conduisant parfois à une érosion limitée mais localisée. De plus, une élévation modérée du niveau de la mer a joué un rôle favorable en augmentant la surface disponible pour le dépôt des sédiments, limitant ainsi les zones d'érosion à de petites surfaces.

Ces facteurs combinés illustrent la complexité des interactions entre les forces naturelles et anthropiques qui ont façonné l'évolution du Cap Djent Est au cours de la période étudiée.

d)Cap Djent Ouest 2011-2023 :

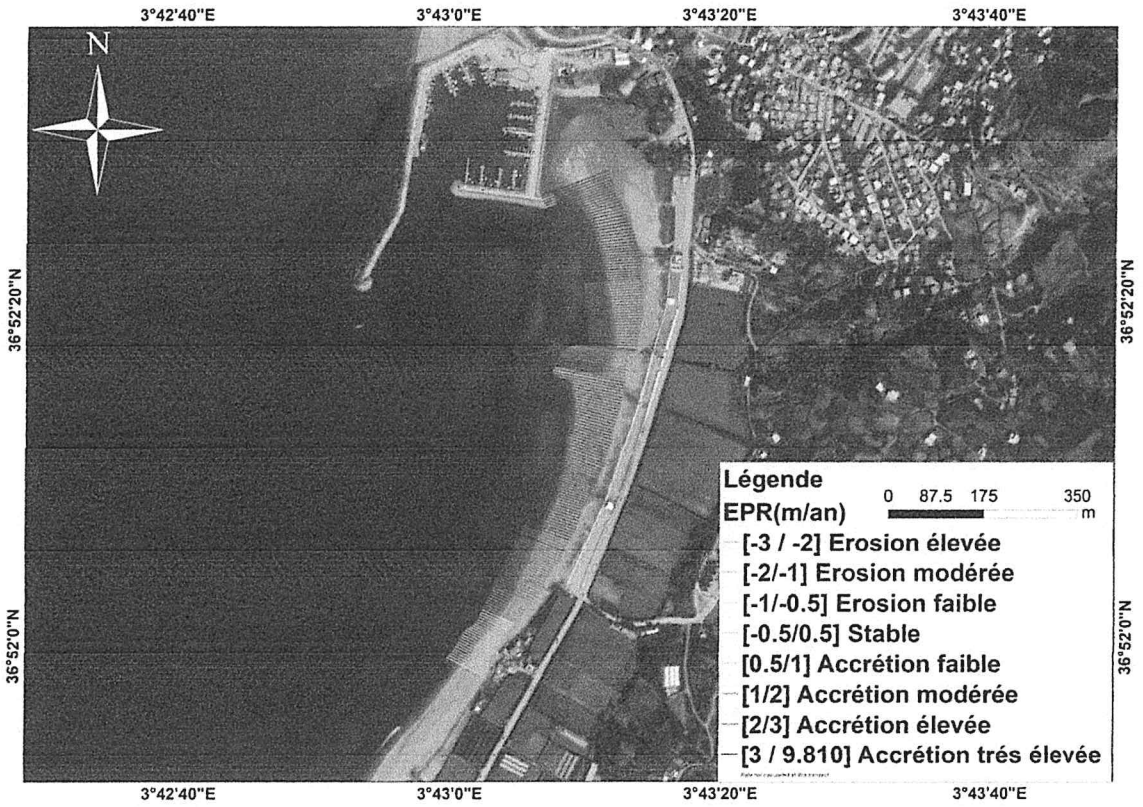


Figure 58:Résultat cartographique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode EPR en (m/an) entre 2011 et 2023 (Cap djent ouest)

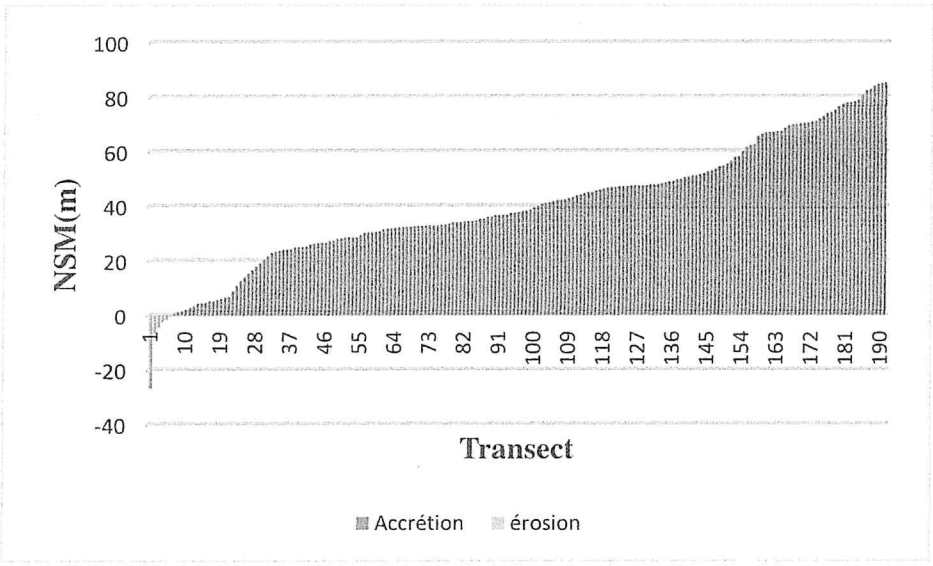


Figure 59:Résultat graphique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode NSM en (m) entre 2011 et 2023 (Cap djent ouest)

Commentaire :

D'après la figure 57 qui montre les vitesses en (m/an) et la figure 58 qui montre les variations de la distance en mètre entre le trait de côte de l'année 2011 et celui de l'année 2023 dans la zone d'étude (Cap Djent Ouest au la baie de Zemmouri).

Cette zone d'étude fait apparaitre une accrétion totale pendent 12 ans surtout au niveau de l'ouvrage de protection (épi) avec max de valeur 9.8 m/an et moyenne de 3.41 m/an et une partie stable dans la plage. Accumulation sédimentaire sur ce site d'étude avec une moyenne de l'ordre 39.85 m et le taux moyen général de vitesse de l'accumulation de cette zone d'étude est très important et présente la valeur 3.27m/an.

Cause :

Entre 2011 et 2023, le Cap Djent Ouest a présenté des dynamiques hydro-sédimentaires variées. Cette zone a connu une accrétion totale avec une moyenne de 3,41 mètres par an, atteignant une valeur maximale de 9,8 mètres par an. Une certaine stabilité a été observée dans certaines parties de la plage, avec un changement moyen général de 39,85 mètres et un taux de 3,27 mètres par an. Les causes de ces dynamiques incluent plusieurs facteurs clés. Les ouvrages de protection, tels que les épis et autres structures, créent des zones de faible énergie favorisant l'accumulation sédimentaire et agissent comme des pièges à sédiments, réduisant l'érosion et augmentant l'accrétion. La dynamique des sédiments, influencée par la houle et les courants marins, transporte les sédiments vers les épis, augmentant ainsi l'accrétion. De plus, la dérive littorale favorise l'accumulation des sédiments, surtout dans les zones protégées par des épis. Les conditions climatiques stables, avec moins d'événements extrêmes, favorisent l'accumulation continue des sédiments, et l'absence de tempêtes significatives pendant la période d'étude a réduit les risques d'érosion majeure. En combinant ces observations et causes

II.5.3. La baie de Bouismail :

a) La côrne d'or 2006-2023 :

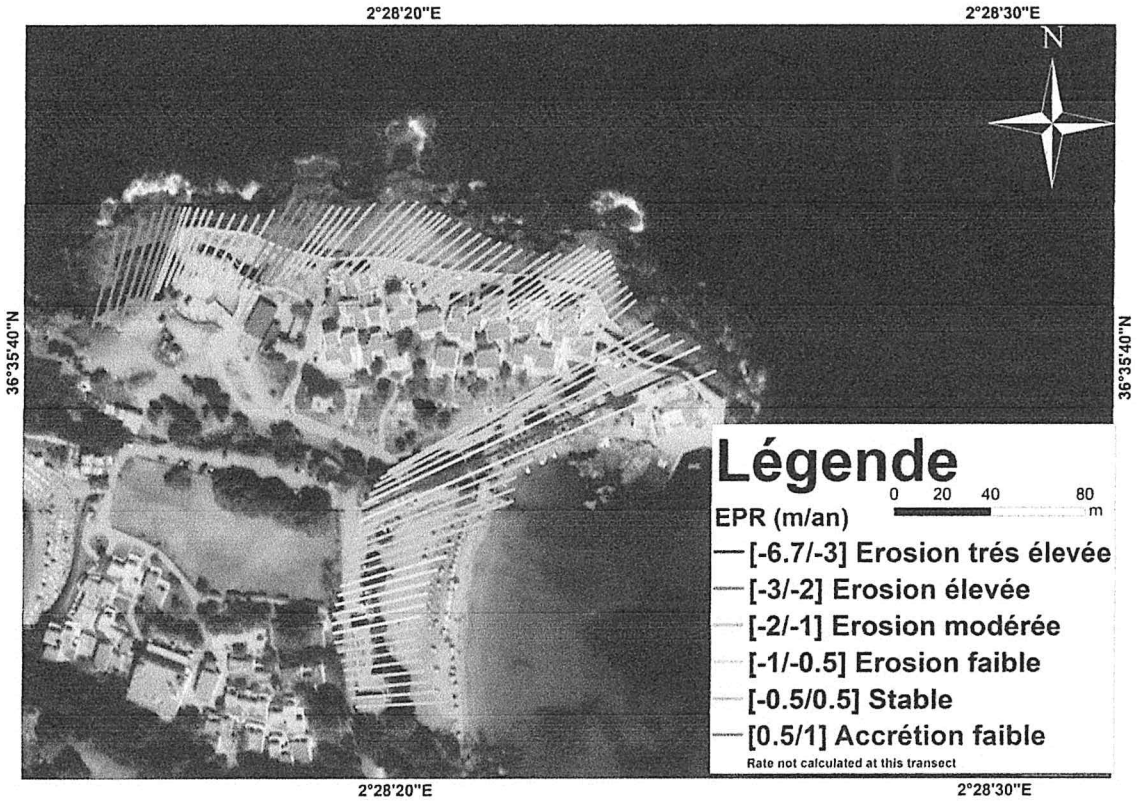


Figure 60::Résultat cartographique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode EPR en (m/an) entre 2006 et 2023(La côrne d'or)

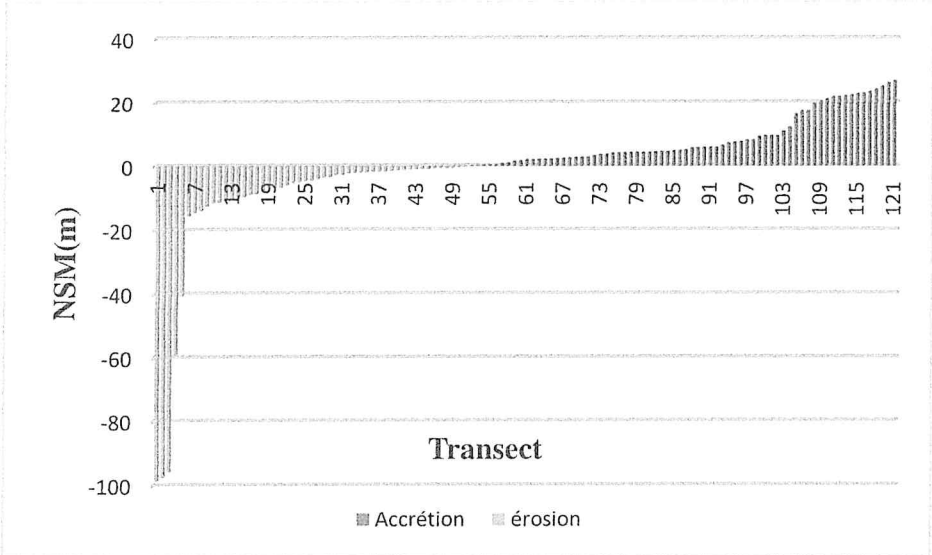


Figure 61:Résultat graphique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode NSM en (m) entre 2017 et 2024 (La côrne d'or)

Commentaire :

D'après la figure 59 qui montre les vitesses en (m/an) et la figure 60 qui montre les variations de la distance en mètre entre le trait de côte de l'année 2006 et celui de l'année 2023 dans la zone d'étude (La corne d'or a la baie de Bouismail).

Cette zone d'étude fait apparaitre une accrétion dans le coté sableuse de la plage avec une moyenne de 0.38m/an et une stabilité dans le coté rocheuse et état instable d'érosion dans l'emplacement de l'ouvrage de protection pendent 17 ans, une moyenne de l'ordre 1.64 m et le taux moyen général de vitesse présente la valeur 0.14m/an.

Cause :

Entre 2006 et 2023, les dynamiques d'érosion et d'accrétion à La corne d'or ont été influencées par divers facteurs. Du côté sableux, la présence de sédiments mobiles et l'action des courants ont favorisé le dépôt de sable, entraînant une accrétion notable. La stabilité a été observée du côté rocheux, où la nature rocheuse offre une résistance naturelle à l'érosion. Cependant, près des ouvrages de protection, l'érosion a augmenté en raison de la perturbation des courants naturels et de la modification du transport des sédiments par ces structures.

b)Aine-Taguerait 2017-2024 :

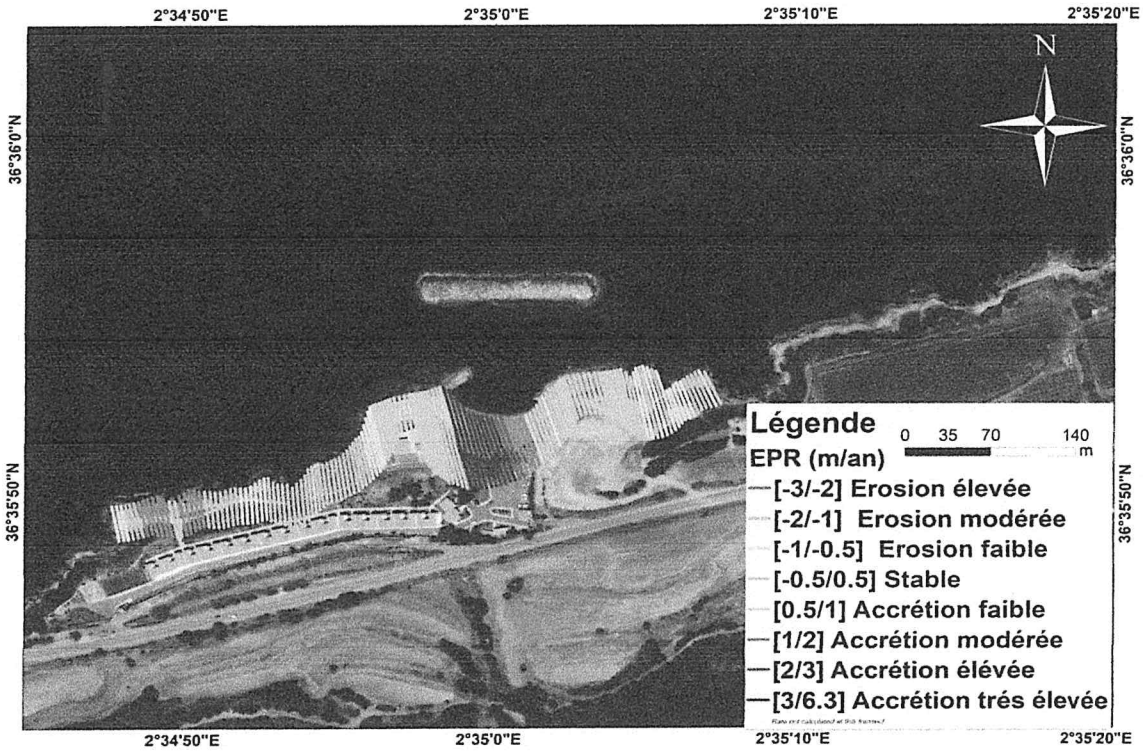


Figure 62:Résultat cartographique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode EPR en (m/an) entre 2017 et 2024(Aine-Taguerait)

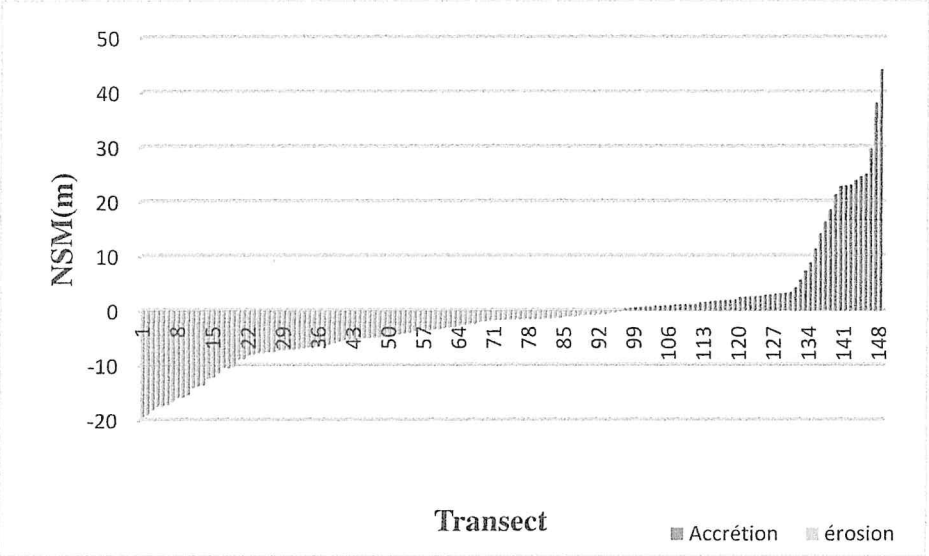


Figure 63:Résultat graphique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode NSM en (m) entre 2017 et 2024 (Aine-Taguerait)

Commentaire :

D'après la figure 61 qui montre les vitesses en (m/an) et la figure 62 qui montre les variations de la distance en mètre entre le trait de côte de l'année 2017 et celui de l'année 2024 dans la zone d'étude (Aine-Taguerait au la baie de Bouismail).

Cette zone d'étude fait apparaitre un changement de cas a d'autre cas il y a une érosion très élevée après une stabilité après une accrétion au niveau de l'ouvrage et de l'autre cote de l'ouvrage il y a une stabilité avec une faible érosion pendent 7 ans, sur ce site une moyenne de l'ordre 1.02 m et le taux moyen général de vitesse 0.15m/an.

Cause :

Entre 2017 et 2024, Aine-Taguerait a connu une érosion et une accrétion influencées par plusieurs facteurs. Initialement, une érosion élevée a été observée en raison de la direction et de l'intensité des houles, ainsi que des tempêtes. Près des ouvrages de protection, une stabilité et une accrétion ont été notées, les structures piégeant les sédiments et favorisant leur accumulation, tout en stabilisant certaines zones.

c)Bouismail 2009-2024 :

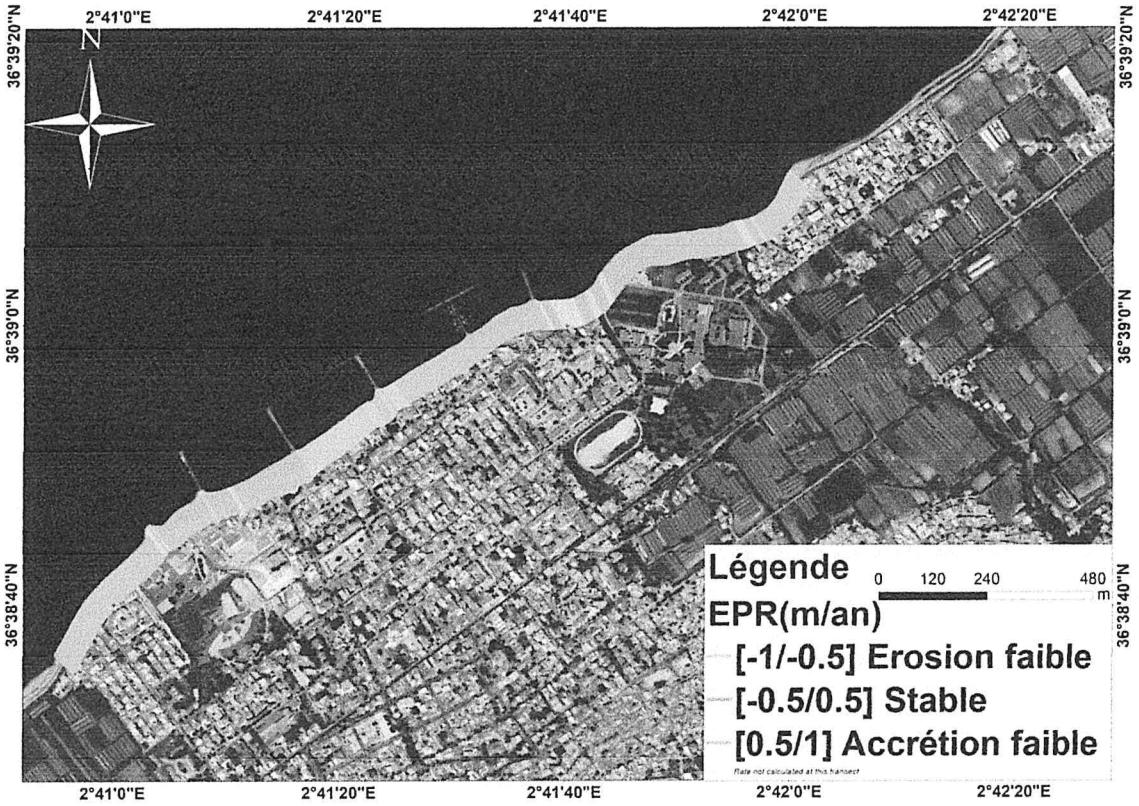


Figure 64:Résultat cartographique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode EPR en (m/an) entre 2009 et 2024 (Bouismail)

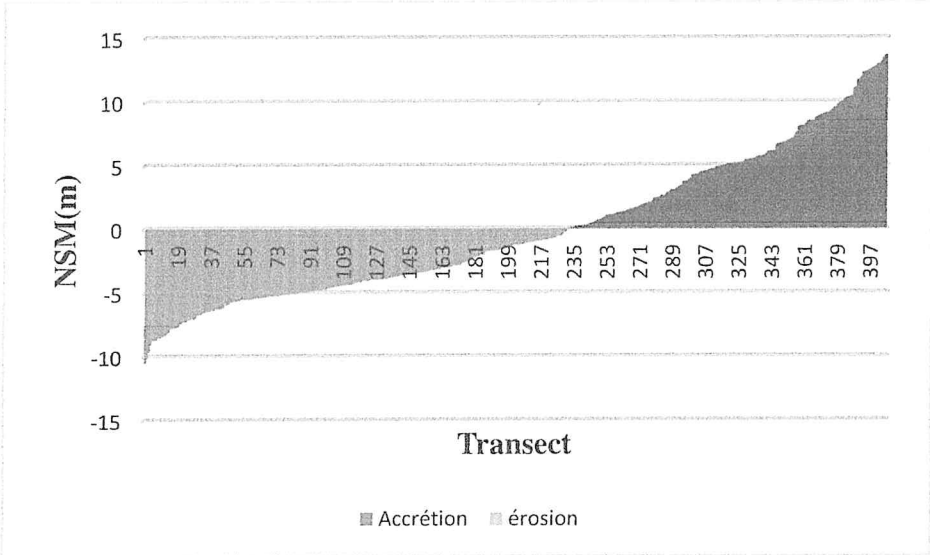


Figure 65:Résultat graphique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode NSM en (m) entre 2009 et 2024 (Bouismail)

Commentaire :

D'après la figure 63 qui montre les vitesses en (m/an) et la figure 64 qui montre les variations de la distance en mètre entre le trait de côte de l'année 2009 et celui de l'année 2024 dans la zone d'étude (Bouismail au la baie de Bouismail).

Ce site d'étude fait apparaitre une stabilité totale pendent 15ans, Sauf il y a y une accrétion faible au niveau de deux brise-lames avec moyenne 0.38 m/an et érosion faible au niveau d'épi au moyenne -0.3 m/an et une moyenne de l'ordre 0.06 m et le taux moyen général de vitesse de 0.01m/an.

Cause :

De 2009 à 2024, les dynamiques d'érosion et d'accrétion à Bou Ismaïl ont été principalement influencées par les brise-lames et les épis. Près des brise-lames, une accrétion significative a été observée, car ces structures réduisent l'énergie des vagues, permettant aux sédiments de se déposer. En revanche, près des épis, l'érosion a été accrue en raison de la modification des courants côtiers par ces structures.

d)Fouka 2016-2024 :

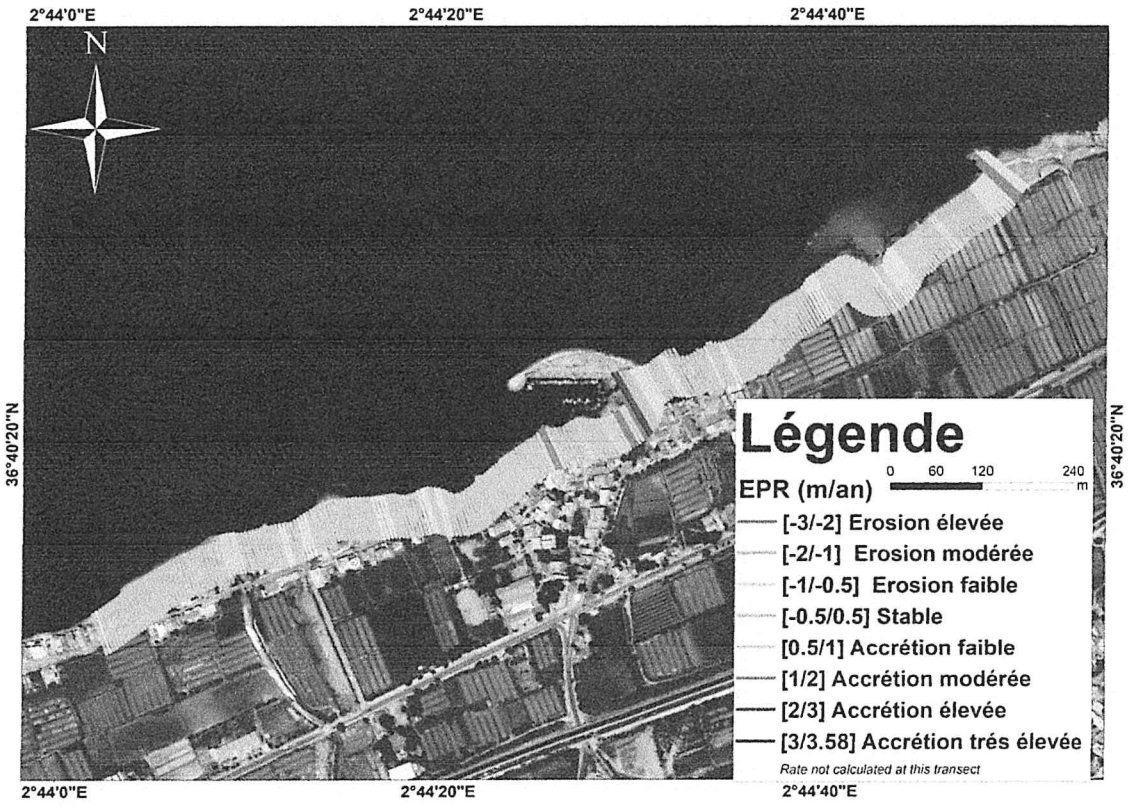


Figure 66:Résultat cartographique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode EPR en (m/an) entre 2009 et 2024 (Fouka)

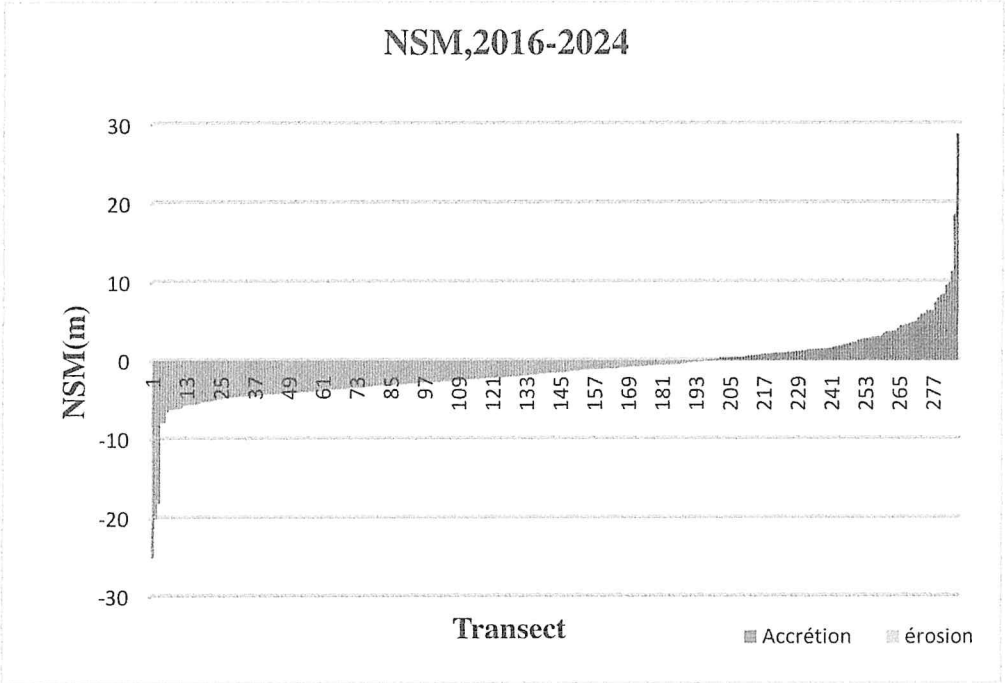


Figure 67:Résultat graphique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode NSM en (m) entre 2016 et 2024 (Fouka)

Commentaire :

D'après la figure 65 qui montre les vitesses en (m/an) et la figure 66 qui montre les variations de la distance en mètre entre le trait de côte de l'année 2016 et celui de l'année 2024 dans la zone d'étude (Fouka au la baie de Bouismail).

Ce site d'étude fait apparaitre une stabilité totale pendent 15ans, Sauf il y a y une accrétion élevée au niveau de le jeté avec moyenne 0.38 m/an et max de valeur 3.58 m/an et érosion faible oscillant a moyenne -0.38 m/an et une moyenne de l'ordre 1.13 m et le taux moyen général de vitesse de 0.14m/an.

Cause :

Entre 2016 et 2024, Fouka a présenté des dynamiques d'érosion et d'accrétion influencées par les jetées et les structures de protection. Près des jetées, une accrétion notable a été observée, car ces structures influencent la dynamique des sédiments en favorisant leur accumulation. L'érosion, bien que présente, a été faible, les courants et les vagues continuant à transporter des sédiments à un taux réduit en raison de l'influence des structures de protection.

e)Douaouda 2008-2024 :

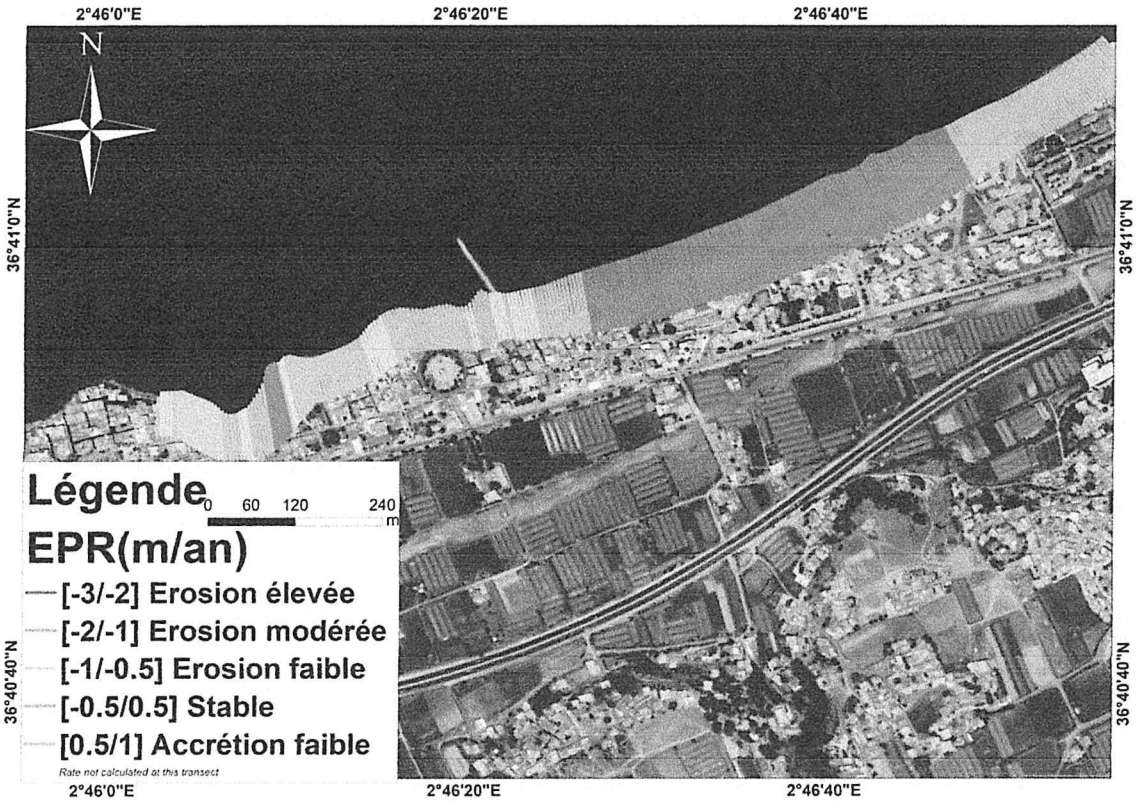


Figure 68:Résultat cartographique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode EPR en (m/an) entre 2009 et 2024 (Douaouda)

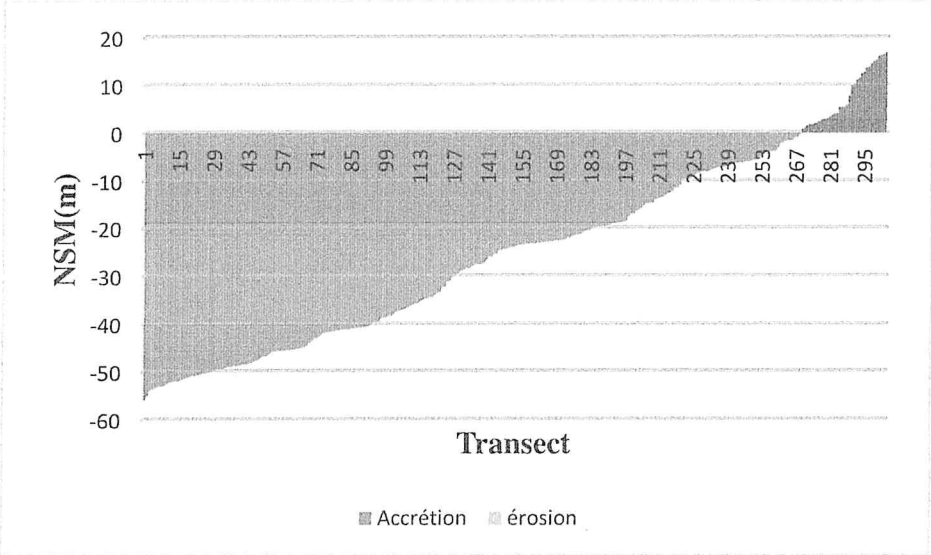


Figure 69:Résultat graphique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode NSM en (m) entre 2008 et 2024(Douaouda)

Commentaire :

D'après la figure 67 qui montre les vitesses en (m/an) et la figure 68 qui montre les variations de la distance en mètre entre le trait de côte de l'année 2008 et celui de l'année 2024 dans la zone d'étude (Douaouda au la baie d'Alger).

Dans cette zone d'étude au niveau de l'ouvrage de protection qui excite à partir de l'année 2008 il y a une partie stable et érosion faible a cote est et érosion modérée a cote ouest, la zone diviser aux deux parties, il y a une partie sableuse a cote est de l'épi et partie rocheuse a cote ouest de l'épi.

Dans le cote sableuse (plage Floride) cette période est marquée par une progression de l'érosion par rapport à la période de 2008 à 2024,il y a des observation que nous avons remarquées lors de l'étude entre chaque image et image et des différences claires de changement côtier , entre 01/2008 a 09/2009 il y a érosion élevée , 09/2009 a 2/2013 la cote a changé dans une faible proportion , en 2/2013 a 7/2013 le niveau de la mer recule donc il y a une accumulation ,dans le année et après 4 mois la zone faire un érosion dans la date de 11/2013 , entre 11/2013 et 2/2014 ont lieu une accrétion et après 8 mois retour du niveau de la mer et se passe une érosion a 10 /2014 et entre cette date a 8/2015 li y a une accrétion faible après cette date a 3/2016 il y a une érosion et au même année a 7/2016 il y a une accrétion après cette dates notant une érosion totale et faible dans la cote jusqu'à la date 03/2019 a 06/ 2019 il y avait une accrétion très claire , après cette date a 03/ 2024 notant que l'érosion dans la cote avec un taux d'érosion -1.8 m/an et max de valeur -3.4 m/an.

Dans le cote rocheuse nous avons remarqué un petit changement qui se reflétait sur la zone a été stable avec une faible érosion dans certaine zone et une faible accrétion a la fin de la zone pendent 16 ans, une moyenne de l'ordre -24.81 m et le taux moyen général de vitesse présente la valeur -1.54 m/an.

Cause :

De 2008 à 2024, Douaouda a connu des dynamiques d'érosion fluctuantes en fonction des variations de l'intensité des tempêtes et des houles. Ces variations ont influencé les périodes d'érosion et d'accrétion. Près des ouvrages de protection, à la fois accrétion et érosion ont été observées, les structures créant des zones de dépôt de sédiments ainsi que des zones d'érosion, dépendant de leur position et de leur influence sur les courants.

f)El Marsa-Mazafran 2002-2023 :

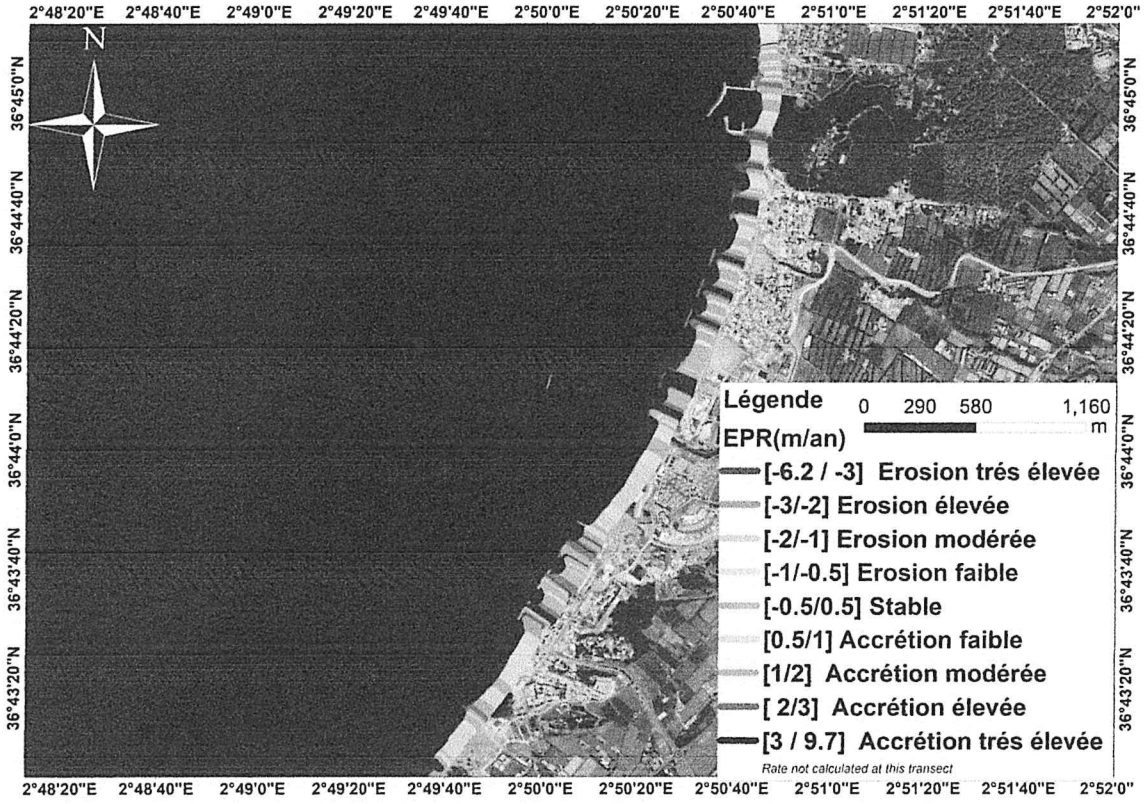


Figure 70:Résultat cartographique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode EPR en (m/an) entre 2002 et 2023 (El Marsa-Mazafran)

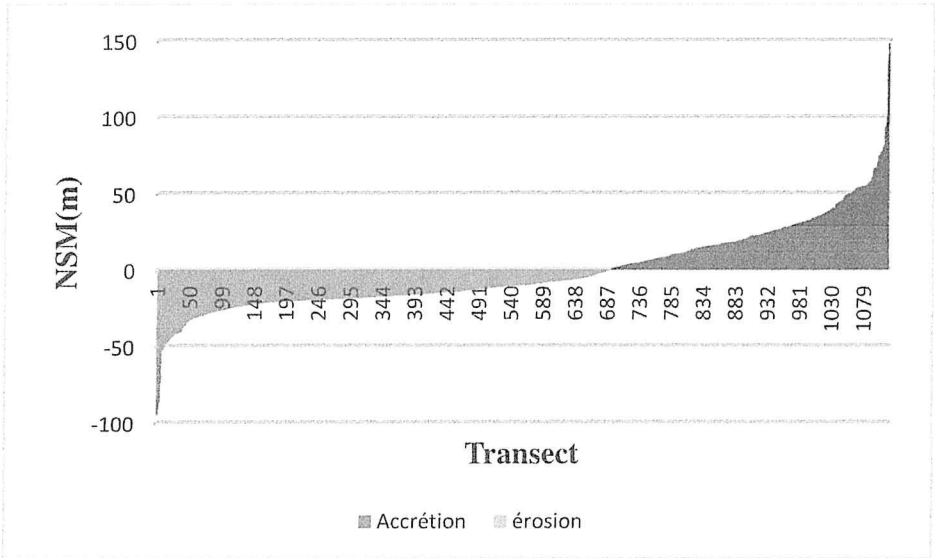


Figure 71:Résultat graphique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode NSM en (m) entre 2002 et 2023 (El Marsa-Mazafran)

Commentaire :

D'après la figure 69 qui montre les vitesses en (m/an) et la figure 70 qui montre les variations de la distance en mètre entre le trait de côte de l'année 2002 et celui de l'année 2023 dans la zone d'étude (El Marsa-Mazafran au la baie de Bouismail).

Dans cette zone d'étude nous avons choisi la cote de el Marsa a Mazafran pour saturer la cote avec des ouvrages de protection et de proximité entre elles a longueur de 6.05 km fait apparaitre une accrétion très élevée au niveau d'emplacement des ouvrages de protection avec un taux d'accrétion de 1.77 m/an et un valeur max de 9.71 m/an para pour l'espace entre les ouvrages de protection on se trouve l'érosion a l'état de majorité avec un taux d'érosion de -1.19 m/an et des zones contenant un stabilité ou bien une accrétion faible pendent 21 ans, avec une moyenne de l'ordre 1.2 m et le taux moyen général de vitesse présente la valeur 0.05m/an.

Cause :

Entre 2002 et 2023, les dynamiques d'érosion et d'accrétion à El Marsa-Mazafran ont été marquées par l'influence des ouvrages de protection. Près de ces structures, une accrétion a été favorisée en diminuant l'énergie des vagues et en permettant le dépôt de sédiments. Cependant, entre les ouvrages de protection, des zones non protégées ont subi des taux d'érosion plus élevés en raison de la concentration des courants érosifs.

g)La baie d'El-Djamila 2009-2023:



Figure 72:Résultat cartographique de l'état d'érosion et de l'accumulation en utilisant la méthode EPR en (m/an) entre 2009 et 2023(la baie el Djamila)

Chapitre III : Modélisation de la dynamique sédimentaire de la baie d'El-Djamila (Cas d'étude)

Introduction :

Les systèmes côtiers sont des environnements dynamiques souvent soumis à des pressions anthropiques intenses. La modélisation numérique joue un rôle crucial en permettant de représenter divers processus naturels et de prédire les impacts des interventions humaines, notamment dans l'étude du transport des sédiments et des variations morphologiques. **(Bergillos et al. 2017)**

L'objectif de cette étude est de comprendre le transport sédimentaire le long de la côte de la baie d'El-Djamila et de quantifier les taux de transport, en utilisant des données telles que la houle au large, les données de vent, et une carte bathymétrique de la zone d'étude **(Cowell and Thom 1994)**. Pour ce faire, le système de modélisation côtière "MIKE 21" développé par DHI est utilisé, permettant de simuler l'hydrodynamique des vagues et de quantifier le mouvement des sédiments, en intégrant dynamiquement la courantologie, la propagation de la houle, et le transport sédimentaire**. (Sallaye,2021).**

III .1. Présentation de la modélisation

Il existe un certain nombre de modèles numériques disponibles aujourd'hui, allant du modèle open source Delft3D par Deltares au commercial MIKE21 par DHI.

Le choix du MIKE21 était fondé sur différents facteurs, entre autres le fait qu'il permet d'utiliser la fonction de modélisation MIKE21 et qu'il fournit un maillage flexible pour une représentation plus précise de la superficie réelle. La représentation en 2D a été retenue pour aboutir à un modèle raisonnablement précis de la région.

Le système flexible permet de réduire la taille de la grille à l'échelle locale dans les zones d'intérêt, tandis que MIKE C-Map permet d'extraire les données bathymétriques.

L'objectif principal est d'arriver à une idée générale sur les conditions hydrodynamiques présentes dans la baie d'El-Djamila. La compréhension de ces processus englobe 3 phases principales :

- Modélisation de la propagation de la houle à l'échelle globale ;

- Modélisation de la propagation de la houle à l'échelle locale ;

- Modélisation couplée de la propagation de la houle / courantologie / transport sédimentaire à l'échelle locale.

La première étape consiste à déterminer les caractéristiques des houles au large (direction, hauteur, et la période) au niveau de la baie d'El-Djamila.

III.2. Description générale du MIKE 21

III.3. Méthodologie de travail :

III.4. Résultats des simulations :

1. Résultats et discussion des simulation pour période de retour annuelle :

a) Les résultats de SW

A partir des simulations faites et des résultats obtenus, on constate que les houles des directions N, NE, NW et W ne subissent aucune modification avant de rentrer a l'intérieure de la baie d'El Djamila en raison des grandes profondeurs au large, avec une hauteur ne dépasse pas 1.12m. Dès que la houle entre dans la baie la hauteur et la puissance de cette dernière commence à diminuer progressivement ; l'onde de houle est freinée par le fond sur lequel elle perd de l'énergie par l'action mécanique de friction.

Pour les houles de direction NW et W, arrivent frontalement à la baie avec des hauteurs atteignent entre 0.72m et 0.8m au voisinage de la côte. Et pour les houles de secteur NE, affecte plus le côte Ouest de la baie avec des valeurs comprise entre 0.56m et 0.8m de hauteur, par contre le coté Est de la baie est protégée par le cap caxine (Ras Acrata) la houle arrive avec une hauteur comprise entre 0.08m et 0.48m.

b) 1-2-les résultats de HD

Les résultats de la houle obtenue de module SW génère des courants avec une faible vitesse qui ne dépasse pas 0.2m/s. pour les directions N et NE ne génèrent aucun courant par contre les direction NW et W génèrent un courant faible orientée de l'Ouest vers l'Est.

c) 1-3-les résultats de ST

Puisque les vitesses des courants sont très faibles, cela ne suffit pas d'engendrée un transport sédimentaire donc ça reste stable avec de quantité entre 0.1. 10-3m3/s/m et 0.3. 10-3m3/s/m.

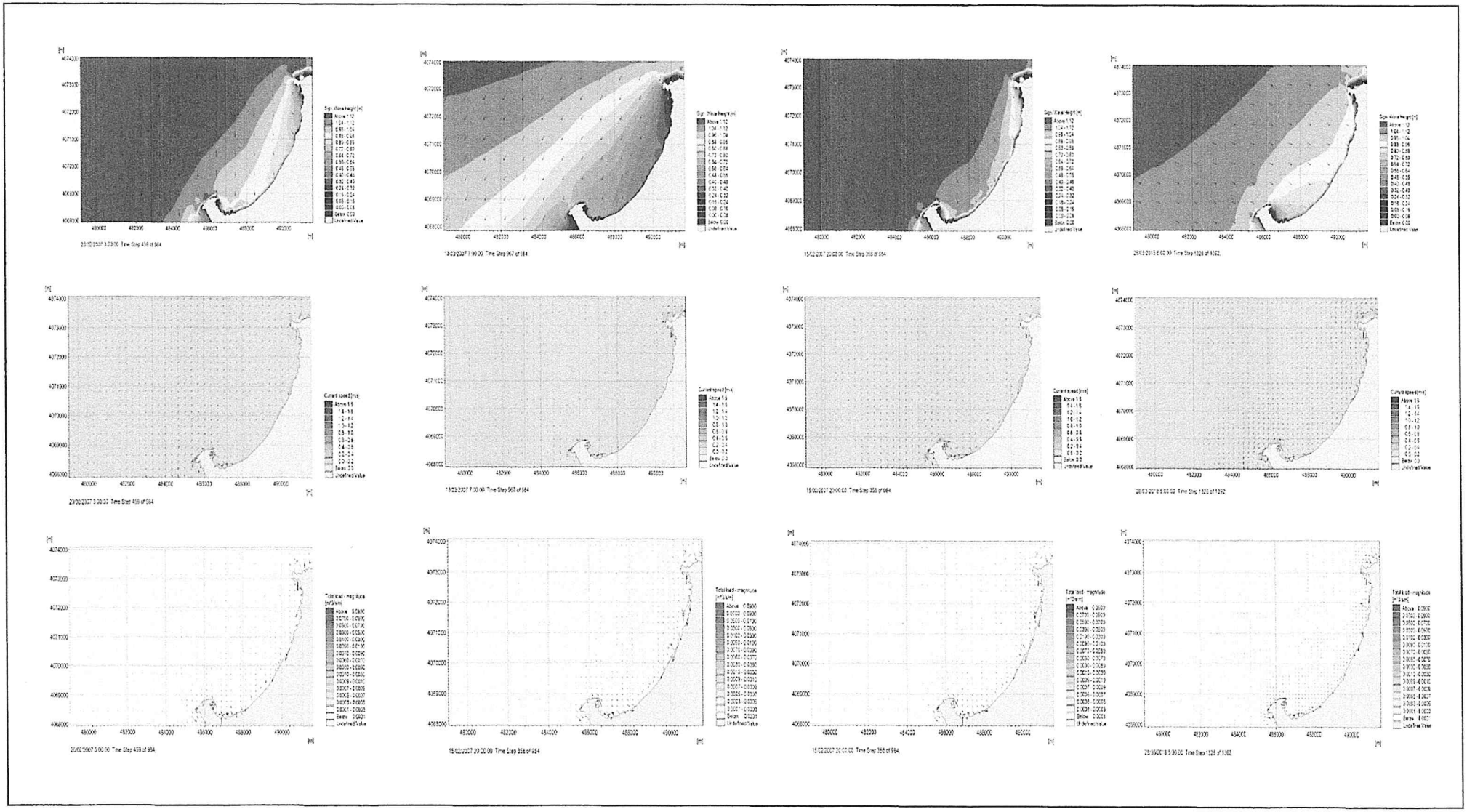


Figure 74 : résultat des simulations pour période de retour annuelle

2. Résultats et discussions des simulations pour la période de retour de 2ans :

a) 2-1-Les résultats de SW

- Les houles de la direction Ouest(W), ne subissent aucune modification de leurs caractéristiques au large ceci dû aux grandes profondeurs (Hs=5m). Dès que la houle rentre dans la baie, les hauteurs de cette dernière commencent a diminuer progressivement en raison de la morphologie de la baie jusqu'à atteindre une valeur entre 0.4m et 1.2m au voisinage de la côte.
- Les houles de la direction Nord-Ouest (NW) arrivent frontalement à la baie d'El Djamila, on remarque qu'au large elles conservent leurs hauteurs initiales environ 4,8m au frontière du modèle en raison de la grande profondeur de la baie qui n'affecte pas les caractéristiques de la houle. Au voisinage de la côte, L'effet de fond commence à être ressenti, la hauteur de la houle diminue pour atteindre des valeurs environ 0.4m.
- Les houles de direction Nord (N) gardent leur énergie initiale avec des hauteurs significatives pouvant atteindre environ 4.5 mètres pour cette direction au large de la baie. Lorsque les houles se propagent vers la cote de la baie d'El Djamila, la hauteur commence à diminuée progressivement jusqu'à atteindre des valeurs comprises entre 0.4 et 0.8m de hauteur.
- Les houles provenantes de la direction Nord-Est (NE), ne subissent aucune modification dans leurs caractéristiques hydrodynamiques, mais au fur et à mesure se rapprochent a la côte, la houle commence à perdre son énergie progressivement à cause de la morphologie sous-marins de la baie pour qu'elle arrive au voisinage de la cote avec une hauteur entre 1.2m et 1.6m.

b) 2-2-Les résultats de HD

Concernant la courantologie dans la baie d'El Djamila, la direction d'incidence des houles joue un rôle très important dans la génération des courants dans la zone.

Pour les houles de secteur Nord et Nord-Est engendrent un courant de dérive parallèle a la cote orientée d'Est vers l'Ouest avec une vitesse comprise entre 0.2m/s et 1.2m/s. Ces vitesses diminuent en allant vers l'Ouest a cause de l'existence des obstacles. Concernant le champ de courant généré par la houle du secteur Nord-Ouest, on remarque que le courant se propage non seulement de l'Est vers l'Ouest avec des valeurs entre 0.3m/s et 1.35m/s, mais aussi d'Ouest vers l'Est avec des vitesse comprises entre 0.15m/s et 0.90 m/s. ce courant se produise principalement par le phénomène de réfraction de la houle. Les courants de la direction Ouest sont plus importants que la direction Est, c'est l'origine de l'accumulation du sable au

côte ouest de la baie ce qui favorise l'ensablement de port de Sidi Fredj. Par contre, les houles qui viennent de direction Ouest génèrent un courant de dérive dirigée vers l'Est avec des vitesses qui ne dépassent pas 0.6m/s.

c) 2-3-les résultats de ST

Dans la baie d'El Djamila, les houles de direction NE, N et NW génèrent des courants de dérive au voisinage de la côte qui engendrent des transports sédimentaires qui varient entre 0.5 .10-3m3/s/m et 1.10-3m3/s/m. Par contre celle de la direction Ouest transporte une faible quantité des sédiments qui est à l'ordre de 0.3.10-3m3/s/m à 0.7.10-3m3/s/m.

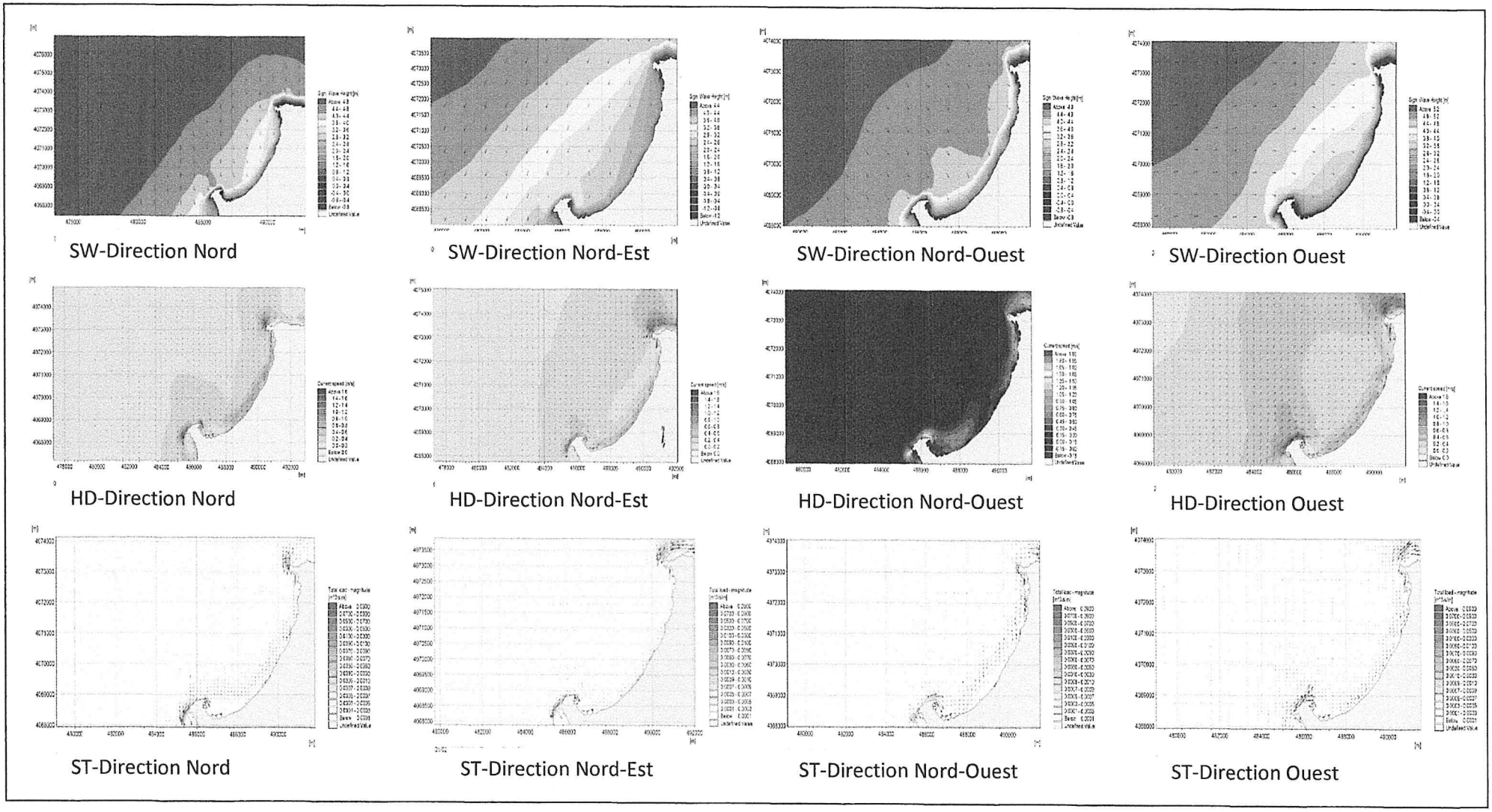


Figure 75 : résultat des simulations pour période de retour de 2 ans

3. Résultats et discussions des simulations pour la période de retour de 10 ans :

a) 3-1- Les résultats de SW

D'après les résultats obtenus, on remarque que les houles au large de la baie ne subissent aucune modification, leur hauteur initiale est entre 5.6m et 6m.

Au voisinage de la côte, les caractéristiques hydrodynamiques de la houle diminuent progressivement en raison de la friction avec le fond qui freine l'onde de la houle et la dévie en raison de la diffraction et de la réfraction lorsqu'elle rencontre des obstacles, ce qui contribue à la perte progressive de son énergie. Les houles de la direction N et N'arrivent avec une hauteur varie entre 0.8 jusqu'a 1.2m, par contre les directions du secteur W qui sont NW et W, arrive avec une forte énergie de 1,6m a 2m de hauteur représentant une menace importante pour la zone étudiée.

b) 3-2-Les résultats de HD

Pour la courantologie de la zone pour la période de retour de 10ans, les houles qui arrivent de la direction Nord et Nord-Ouest génèrent un courant de deux directions opposées de part et d'autre de la baie avec des vitesses moyenne de 1m/s qui se diminue au centre de la baie avec une vitesse entre 0.4m/s et 0.6m/s, cela favorise l'accrétion des sédiments au niveau de cet endroit. La tendance érosive est accentuée par le courant de retour globalement au milieu de des deux zones accumulées leurs vitesse est de l'ordre de 0.6m/s.

Pour les houles provenantes de direction NE, engendrent un courant de dérive de l'Est vers l'Ouest avec une vitesse presque constante le long de la côte comprise entre 0.6m/s et 0.8m/s. par contre les houles proviennent de direction W génèrent un courant de dérive orientée vers l'Est qui arrivent avec une valeur importante a l'ordre de 1m/s juste a l'entrée de la baie puis commence a ce diminue progressivement en allant vers l'autre côté de la baie le courant joue un rôle important dans la redistribution des sédiments accumulés pour alimenter les parties érodées.

c) 3-3-Les résultats de ST

D'après les résultats de simulation dans le module ST et les courants obtenues dans le module HD, on constate que la houle de direction NE qui engendre un courant de dérive de l'Est vers l'Ouest génèrent un transport sédimentaire très faible d'une valeur moyenne de 0.65.10-3m3/s/m. Pour les courants générés par les houles de provenance N et NW, engendrent un transport sédimentaire qui convergent vers les deux directions selon la morphologie de zone au voisinage de la côte avec une quantité d'environ 1.10-3 m3/s/m. pour les courants

d'orientation vers l'Est, transportent un taux très important de sédiment de 30.10-3 m3/s/m au niveau des plages ce qui prouvent l'accumulation de sable dans cet endroit.et même au niveau de l'épi qui se trouve avant le port d'El Djamila avec un taux de sédiment de 15. 10-3 m3/s/m.

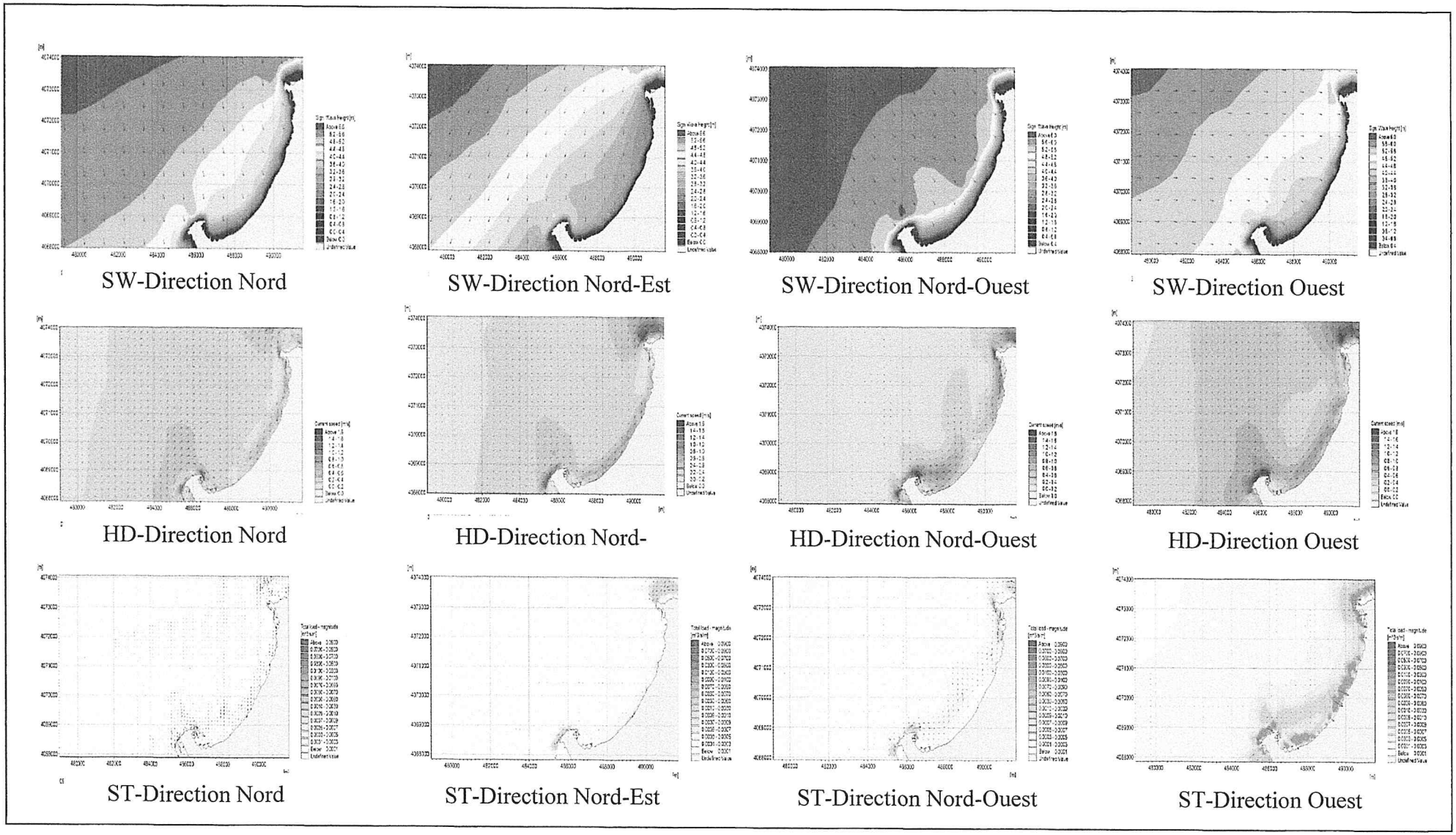


Figure 76 : résultat des simulations pour période de retour de 10 ans

4. Résultats et discussions des simulations pour la période de retour de 50 ans :

a) 4-1-Les résultats de SW

A partir des simulations faites et des résultats obtenus, on constate que les houles des directions N, NE, NW et W ne subissent aucune modification avant de rentrer a l'intérieure de la baie d'El Djamila en raison des grandes profondeurs au large, avec une hauteur de 6.5m. Dès que la houle entre dans la baie la hauteur et la puissance de cette dernière commence à diminuer progressivement ; l'onde de houle est freinée par le fond sur lequel elle perd de l'énergie par l'action mécanique de friction.

Au fur et à mesure, la hauteur de la houle diminue pour atteindre des valeurs entre 2 et 2.5 m pour les houles de direction N, W et NW, pour la direction NE les houles atteignent des valeurs moins élevées comprise entre 1 et 1.5m.

b) 4-2-les résultats de HD

Pour les houles de secteur Ouest et Nord-Est engendrent un courant de dérive parallèle a la cote orientée d'Ouest vers l'Est et de l'Est vers l'Ouest respectivement avec une vitesse comprise entre 0.6m/s et 0.8m/s. Ces vitesses diminuent en allant vers l'Est ou vers l'Ouest à cause de l'existence des obstacles. Concernant le champ de courant généré par la houle du secteur Nord-Ouest et le Nord, on remarque que le courant se propage selon deux directions de l'Est vers l'Ouest avec des valeurs entre 0.8m/s et 1m/s, mais aussi d'Ouest vers l'Est avec des vitesse comprises entre 0.6m/s et 0.90 m/s. ces deux directions se rencontre au milieu et crée un courant de retour vers le large avec une vitesse de 0.5m/s ce qui favorise le phénomène de l'érosion dans cet endroit.

c) 4-3-les résultats de ST

Ce qui concerne le transport sédimentaire de la baie d'El Djamila pour une période de retour de 50 ans. Les houles des directions N, NE, NW et W génèrent des courants au voisinage de la côte qui engendrent des transports sédimentaires qui varient entre 0.9 .10-3m3/s/m et 1.10-3m3/s/m.

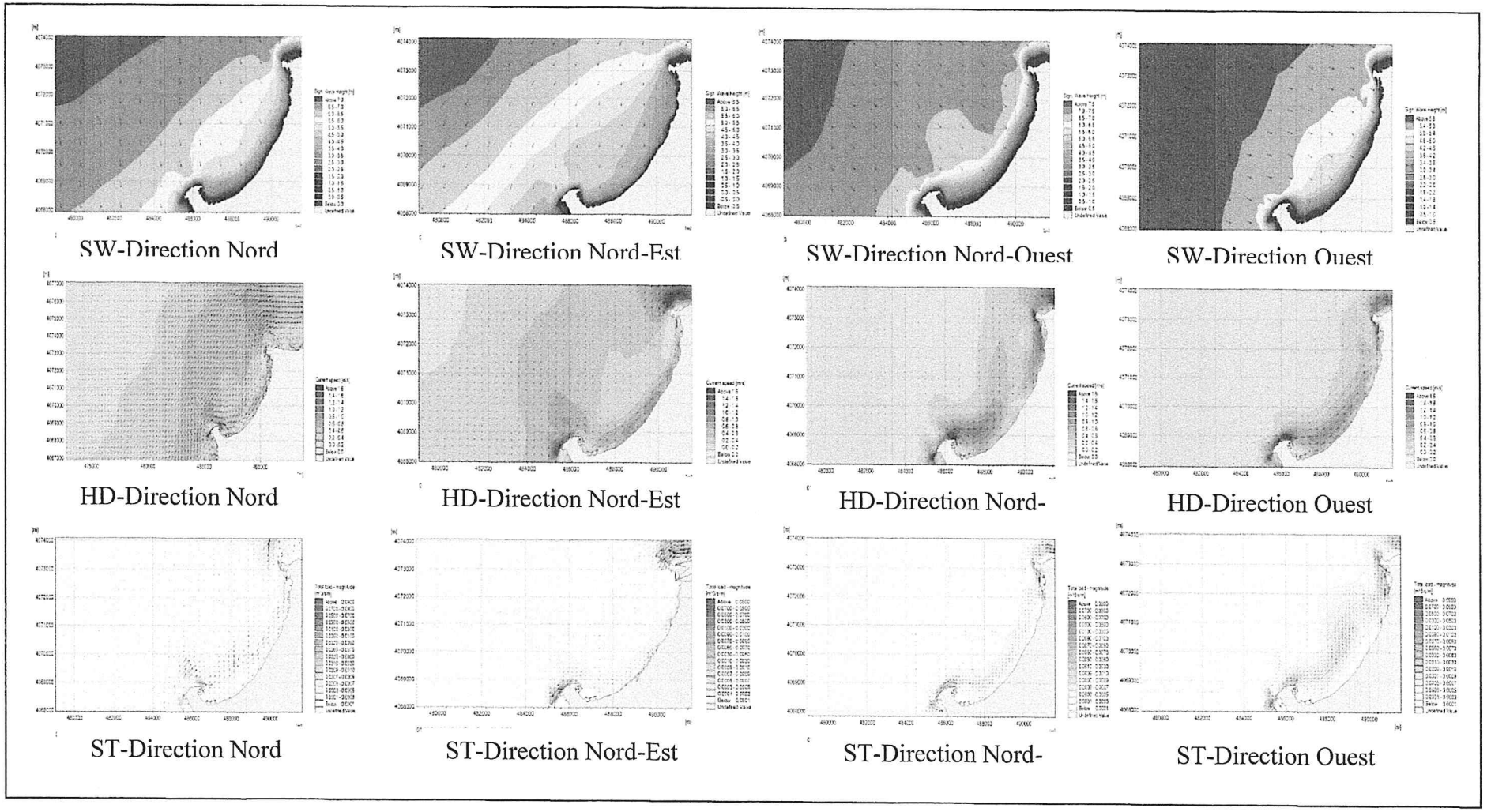


Figure 77 : résultats des simulations pour la période de retour de 50 ans

Conclusion générale

Conclusion générale

Cette étude a visé à aborder, principalement, la cinématique du linéaire côtier et à évaluer les effets induits par les ouvrages de protection sur les baies côtières algériennes, notamment celles d'Alger, d'El Djamila, de Bouismail et de Zemmouri, face aux menaces d'érosion et de sédimentation. L'étude a aussi contribuée à la compréhension des dynamiques hydro-sédimentaires au niveau des plages protégée (cas de la baie d'El Djamila)

Le cadre général et climatique de l'étude, présenté dans le chapitre 1, intègre des relevés topographiques et des données géospatiales, permettant ainsi de comprendre les défis environnementaux auxquels font face ces zones côtières.

Le chapitre 2 a permis d'avoir un aperçu de l'évolution de la ligne de côte ; il a souligné des tendances préoccupantes d'érosion dans certaines zones, tandis que dans d'autres sites il a été observé des tendances d'accumulation sédimentaire. Les analyses clés ont permis d'identifier les zones les plus vulnérables à ces processus et/ou en réponse au protections implantés.

Le modèle de dynamique sédimentaire a été simulé à partir des prédictions du modèle MIKE21 pour le transport sédimentaire dans la baie d'El Djamila. Les résultats indiquent qu'à long terme, l'efficacité des structures de protection côtière doit être évaluée en tenant compte des changements climatiques et de l'intensification des activités humaines.

Le présent travail met ainsi en évidence les effets résultants des interactions complexes entre les infrastructures côtières et les processus naturels. Ces résultats forment une base solide pour contribuer à prescrire une gestion durable des littoraux algériens, en mettant l'accent sur une stratégie adaptative pour l'installation des ouvrages de protection future des écosystèmes et des infrastructures.

Références Bibliographiques

Références bibliographiques :

A.N.R.H, (2004). A.N.R.H., (2004) Agence Nationale des Ressources Hydrauliques

Aoudj C, Mezouar K, Guerfi M, Sallaye M, Salem Cherif Y, Dahmani AEA, et al. Évolution spatio-temporelle du trait de côte du littoral centre Algérien: cas de la baie de Zemmouri. In: XVIèmes Journées, Le Havre [Internet]. Editions Paralia; 2020. Disponible sur: http://www.paralia.fr/jngcgc/16_19_aoudj.pdf

Alem. A., Saf. B., (2021), « Etude hydrodynamique et d'agitation portuaire – Cas du port d'Alger », mémoire d'ingénieur. Gestion et protection du Littoral. Dely-Ibrahim : ENSSMAL,

Bakalem, A. (2020) . Vermetid terraces of the Algerian coasts. Les Plates formes à Vermets des côtes algériennes

Bachari Houma, F., (2009a). Modélisation et cartographie de la pollution marine et de la bathymétrie à partir de l'imagerie satellitaire (These de doctorat). Paris Est.

BENALLOU, I., (2020). Evaluation des impacts des changements climatiques et des activités anthropiques sur le littoral de la baie de Zemmouri : Vulnérabilité et adaptation mémoire d'ingénieur. Gestion et protection du Littoral. Dely-Ibrahim : ENSSMAL.

BOUKHENNAF, (2024). Modélisation de la cinématique du trait de côte, dynamique sédimentaire et évaluation des zones à risque de la côte Algéroise. ENSSMAL, Dely brahim (Alger).

BOUTIBA, M., GUENDOUZ, M, GUETTOUCHE. MS (2006). Evolution du littoral jijelien (Est-Algérie) à travers l'analyse sédiment logique des dépôts quaternaires. Bulletin du Service Géologique National, vol. 17, 113–127 p.

CNL (2024). Commissariat national du littoral de Tipaza

DAHMANI, A (2023). Evolution morpho-dynamique de la baie d'Alger : Observation et Modélisation hydrodynamique et sédimentaire Dely-Ibrahim : ENSSMAL

DERAFA.Y., LAIDANI.A., (2020). Influence de promontoire rocheux (cap Matifou) sur les processus hydrosédimentaire de la plage Tamenfoust-Est

Falqués, A., (2006). Wave driven alongshore sediment transport and stability of the Dutch coastline. Coastal Engineering, Coastal Hydrodynamics and Morphodynamics 53, 243–254

https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2005.10.012

Leclaire, L. (1970). La sedimentation holocène sur le versant nord du bassin algéro-baléare

(précontinent algérien). Thèse Science. Musée Nationale de l'Histoire Naturelle. Paris.

Larid, M., (2008). La zone côtière humide de Réghaia dans le littoral Est Algérois (Algérie) : Contribution méthodologique à son plan de gestion. Cybergeo : European Journal of Geography https://doi.org/10.4000/cybergeo.18852

OTMANI Housseyn , (2014). Impact des infrastructures maritimes sur le littoral : Cas du port de Cap Djinet .

SALLAYE.M., (2021). Processus mis en jeu dans l'évolution morpho-dynamique de la baie de Zemmouri : modélisation hydro-sédimentaire et cinématique du trait de côte

Salem Cherif, Y., Mezouar, K., Guerfi, M., Sallaye, M., & Dahmani, A. E. A. (2019). Nearshore hydrodynamics and sediment transport processes along the sandy coast of Boumerdes, Algeria. *Arabian Journal of Geosciences*, *12*, 1-17.

SALEM CHÉRIF.Y.(2023). Dynamique et évolution morphosédimentaire des plages sableuses : de l'étude des processus à la modélisation. Application sur trois sites du littoral algérois

Tamazirt M. Modélisation des effets de la houle sur la stabilité et franchissement des ouvrages maritimes. [Alger-ENSSMAL]; 2023

wofrance, (2023). Climat - Graphique - Alger Algérie - wofrance. URL https://www.weatheronline.co.uk/weather/maps/city

Ziadi, S.R., Keraghel, M.A. (2024). Flooding vulnerability in Algiers (Algeria): an analytic hierarchy process. *Nat Hazards* **120**, 6199–6221 https://doi.org/10.1007/s11069-024-06471-x

Annexe

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Populaire et Démocratique Algérienne

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de Scientifique Recherche la de et Supérieur l'Enseignement

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل

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

Bureau d'étude pour l'évaluation de la vulnérabilité côtière

Présenté par :

MECHIDI Moufida

FERRAS Nafissa

CHERRIR Amani

Soutenue le11 /07/2024

Année universitaire : 2023/2024

La présentation du projet :

Après la réalisation de notre projet de fin d'étude dans le cadre d'obtention de diplôme d'ingéniorat en gestion et protection du littoral, et à travers une étude approfondie sur la thématique de l'évaluation de la vulnérabilité côtière mais aussi l'intérêt de cette démarche pour la protection de nos bandes littorales qui sont menacé par les phénomènes d'érosion et de submersion marine ainsi par l'activité anthropique. Ces données indiquent qu'il faut réfléchir à offrir des services qui occupe de ces études pour aider les décideurs de proposer des mesures de protection.

Notre entreprise se distinguera de la concurrence par la proposition d'une combinaison unique d'expertise dans le domaine d'aménagement du littoral et de la cartographie basés sur l'Intelligence Artificielle. Cette approche une nouvelle démarche qui n'existe pas encore au niveau de notre marché. L'entreprise vise également à fournir des formations à la carte ainsi que des solutions de veille technologique.

Cette approche innovante et attractive sera particulièrement intéressante pour les clients à la recherche de solutions de pointe de gestion des risques et de développement côtier.

Notre activité c'est de faire un bureau d'étude dans le domaine de génie côtier sous le code d'activité : 607085. Nos propositions de valeur pour les clients incluent les éléments suivants :

- La proposition de solutions avancées basées sur la démarche de vulnérabilité pour la gestion des risques côtiers.
- La prédiction et la modélisation précise des processus côtiers.
- L'amélioration de l'évaluation des risques côtiers et des stratégies de réduction des risques en appuyant sur l'évaluation de la vulnérabilité côtières et faire l'analyse des Géorisques vers la fin.
- L'amélioration de l'efficacité de la recherche de solutions dans des délais optimaux.
- Etude et modélisation dans la construction ou la réhabilitation d'infrastructures portuaires Et d'aménagement du littoral
- Traitement et analyses des bases de données dans le domaine de géomorphologie et de cadre.
- Notre étude s'intéresse à intégrer l'évaluation de l'aléa sismique comme facteur dans la démarche de vulnérabilité.

2/Analyse stratégique du marché :

Après avoir effectué une étude de marché, on a sélectionné ces clients cibles :

- **Délégation Nationale aux Risques Majeurs** : Elle serait intéressée par nos services pour renforcer les capacités nationales de prévention et de gestion des risques côtiers En effet cela va améliorer la préparation aux situations d'urgence, la coordination des mesures de réponse et la réduction des pertes humaines et économiques causées par les événements côtiers extrême.
- **Agence Nationale des Changements Climatiques** : Elle serait intéressée par nos services pour disposer de modèles prédictifs et de données sur le franchissement des vagues et les submersions marines liées aux changements climatiques. De plus, cela permettrait d'évaluer les impacts futurs du changement climatique sur les zones côtières, d'élaborer des stratégies d'adaptation et de fournir des recommandations pour la gestion durable des écosystèmes côtiers.
- **Directions de travaux publics** : Elle s'intéresse à nos services pour améliorer l'évaluation des risques côtiers dans le cadre de la planification et de la gestion des infrastructures publiques. Cela leur permettrait également de prendre des décisions éclairées concernant la construction, l'entretien et la réparation des ouvrages côtiers. Ces décisions les aideraient à minimiser les risques d'inondation et de dommages causés par les événements côtiers.
- **Étudiants, chercheurs et ingénieurs dans le domaine côtier** :

Ils seront intéressés par nos services pour développer leurs compétences dans logiciels spécialisés en cartographie et SIG.en effet cela va améliorer leur expertise dans le domaine du génie côtier, de la modélisation des phénomènes côtiers et de la gestion des risques. Ces formations seront bénéfiques pour leur carrière professionnelle et leurs projets de recherche.

- **Ministère de l'environnement et des énergies renouvelables :**

Ils seront intéressés par nos services pour prendre en considération les risque environnemental majors exerces dans l'environnement côtières afin d'agir plus vite pour assurer la durabilité de cette richesse non renouvelable.

- **Laboratoire maritimes (LEM) :**
- **Agence national d'aménagement du tiretoire :**

Pour communiquer avec nos clients et leur fournira ses services, notre entreprise propose des moyens de distribution suivants :

- La participation aux conférences et aux salons professionnels pour faire la publicité à nos services.
- De participer à l'appel d'offre pour avoir plus d'opportunité à notre entreprise.
- Utiliser emailing pour communiquer et rester au courant au évènements Programmé par les entreprises gouvernementales ciblées.
- Utiliser le LinkedIn pour faire connaitre nos services.
- Utiliser un site web informatif.

Pour maintenir une relation durable avec nos clients, notre entreprise met l'accent sur une collaboration étroite avec les clients. On proposera des consultations personnalisées pour comprendre les besoins spécifiques des clients et leur offrir des solutions adaptées. Des mises à jour régulières sur les nouvelles technologies et de cartographie dans le domaine seront fournies aux clients afin de les maintenir informés des dernières avancées.de les faire des formations gratuites à nos clients aussi notre entreprise ferra des réductions de 30 de prix de services si

Le client pris 2 services mais aussi notre entreprise s'intéresse à faire des suivis après-vente pour orienter nos cibles.

Plan de production et d'organisation :

Pour la réalisation de cette entreprise et afin d'offrir nos services on a suivi une démarche de vulnérabilité qui a été déjà mentionné dans notre PFE. Donc on peut dire on a effectué un service prototype dans notre projet de fin d'étude. On résume notre stratégie dans les lignes suivantes :

- La création de la base de données solide sur la géomorphologie la pente aussi pour les climats des houles.
- L'étude de suivi diachronique du trait de côte afin d'évaluer le phénomène d'érosion qui dégrade non côte.
- Appuyer sur la méthode d'événement extrêmes pour donnes les hauteurs des houles dans des période de retours précises.
- On a effectué un scénario moyen afin de faire la carte de la houle de vulnérabilité et des

scénarios d'événement extrême pour étudier la submersion marine en utilisant le logiciel MIKE 21.

- Après la réalisation de tous ces parties on calcule les indices de vulnérabilité cvi et sortir avec des cartes et des graphes qui représente tous les risques qui menaces la cote étudiée.

- Intégrer le cadre sismique pour effectuer la démarche de vulnérabilité dans nos études.

Pour élaborer cette entreprise et assurer leur fonctionnement. Les ressources nécessaires au bon fonctionnement de notre entreprise Sont :

- Ingénieur expérimenté en SIG.
- Matériel informatique puissant et performant.
- Distributeurs et grossistes de la fourniture nécessaire (papier, stylos, marqueurs, etc.).
- Base de données de cartographies.

Le Tableau 1 détaille les ressources essentielles avec leurs coûts pour créer et mettre au point notre entreprise.

Besoin	Nombre	Prix
Local ($50m^2$)	1	450,000DA/an
Matériels informatiques : Pc Imprimante scanner Licence pour Logiciels (ArcGIS/ Mike 21/ python)	 2 1	 500,000DA 600,000DA 100,000DA
Fourniture : Papiers Ancre Stylos/marqueurs/registres	 6ram/an 48 cartouches/an	 4,000 DA/an 6,000DA/an 9,000DA/an
Matériels bureautiques : Bureaux Chaises Armoires Tableau	 3 3 1 1	 63,000 DA 42,000 DA 25,000 DA 8,000 DA
Autres : Climatiseurs Électricité/eau Internet	 1 / /	 70,000 DA En moyenne 60000 DA/an 15,000 DA/an
Ingénieurs	3	Salaire brute 60000 DA à chaque ingénieur
Création de plateforme pour ventre de service Site web d'entreprise	1 1	150,000 DA 120,000 DA
Total		2,327 ,000 DA

Le Tableau 2 présente la production envisagée de notre bureau d'étude sur les trois premières années, tandis que le Tableau 3 expose les prix fixés pour nos services après avoir calculé les coûts engagés pour la réalisation de chaque service.

Tableau 2 : Production envisagée les trois premières années

Période	Etude	Formation	Vente de carte	Location d'un pc puissant
1 année	5 études	6	16	5
2 années	7 études	12	20	10
3 années	12 études	20	30	15

Tableau 3 : Prix fixé pour chaque service.

Service	Prix	Nombre	Total de la 1 année
Etude	200000 DA	5	1000000 DA
Formation	20000 DA	6	120000 DA
Carte	3000 DA	16	48000 DA
Location	2000 DA	5	10000 DA

Pour renforcer le modèle d'affaires de notre entreprise on a collaboré avec des partenaires suivants :

- Laboratoire de recherche d'école supérieur de science de la mer et aménagement du littoral (ENSSMAL) : on a utilisé les compétences de cette laboratoire informatique pour faire notre étude.
- Laboratoire d'étude maritime (LEM) : on a pris des données et des modèles pour effectuer l'analyse des risques.
- INCT (institue nationale de cartographie et télédétection) : on a utilisé l'institut pour avoir la donnée par rapport à la cinématique de trait de côte pour évaluer l'érosion.
- Commissariat national du littoral (CNL) : on a utilisé l'institut pour avoir les données concernant l'occupation du sol.
- Agence national d'aménagement du tiretoire : on a pris les rapports détaillés des littoraux pour effectuer les différentes cartes.
- Des entreprises de surveillance environnementale : on utilise ces entreprises pour le contrôle par rapport au coté environnementale.

Plan financier :

Avant de concevoir le plan financier, il est essentiel de connaître toutes les sources de revenus que notre entreprise peut réaliser. Ces sources sont :

- Ventes directes d'analyse de démarche de vulnérabilité des problèmes côtiers aux agences gouvernementales, entreprises de construction et organisations environnementales.
- Vente de services de cartographie et de modélisation des zones côtières à risques élevés.
- Vente de cartes pour diverses applications.
- Formations en programmation et en logiciels spécialisés en cartographie et SIG
- Location de PC performants pour les simulations d'opérations complexes
- Revenus publicitaires sur la plateforme en ligne.

Structure des coûts :

Cette composante concerne les coûts associés à l'exploitation de l'entreprise. Cela comprend les coûts fixes et les coûts variables.

Coûts fixes :

- Loyer
- Assurance
- Salaires et charges sociales du personnel
- Eau et électricité
- Internet

Coûts variables :

- Réparation et maintenance du matériel bureautique et informatique
- Publicité
- Distribution
- Fourniture
- Frais d'exploitation et de maintenance de la plateforme

Les partenaires clés :
- Collaborateur LEM (laboratoire d'étude maritime).
- Collaborateur INCT (institue nationale de cartographie et télédétection).
- Blue stras incubateur (BSI)
Commissariat national du littoral (CNL).
- Agence national d'aménagement du tiretoire.
- Des entreprises de surveillance environnementale.
- Laboratoires d'école supérieur de science de la mer et aménagement du littoral (ENSSMAL).

Les activités clés :
- Des relevés et prélèvements (topographiques, bathymétrie, sédimentologie).
- Des évaluations des risques Traitement des bases de données Environnemental.
- Dispense des formations englobant à la fois la programmation et la maitrise des logiciels SIG.
-Etude de submersion marine.
- La réalisation des cartes pour divers problèmes côtiers.

Les ressources clés :
-Les Logiciels (Mike 21, SIG, python, ArcGIS).
-Les matériels (équipement informatique et bureautique, local.)
-Ingénieurs en informatique et programmation.
-Spécialiste en marketing
-Institution financière pour le financement d'entreprise et le soutient à la croissance.

La proposition de valeur :
- Solution avancée sur l'intelligence artificielle pour évaluer la vulnérabilité côtière.
- Expertise technique avancé dans la cartographie et les démarche d'évaluation des risques.
- Etude et modélisation dans la construction ou la réhabilitation d'infrastructures portuaires et d'aménagement du littoral.
- Amélioration de l'efficacité de recherche de solutions dans des période de temps optimale.

Les relations avec Les clients :
-Des réunions de suivi régulières.
-Des rapports détaillés sur les résultats de vos études
-Une assistance technique continue.
-Consultation personnalisée avec le client pour comprendre le besoin de client et leur offrir des solutions adaptées.

Canaux de distribution potentiels
-Participation aux appels d'offre
Assister aux conférences et aux salon professionnels.
-Utiliser emailing pour rester au courant avec l'activité
Professionnelle.
-Plateforme de freelance spécialisées.
-Partenariat avec des agences gouvernementales et des organisations environnementales.

Les segments de clientèle :
-Agence national des changements climatique
-Etudiants chercheurs et ingénieurs dans domaine maritime.
-Ministère de l'environnement et des énergi renouvelables.
-Ministère de l'intérieure des collectivit locales et de l'aménagement du territoire.
-Ministère des travaux publics et d infrastructures de base.
-Ministère de l'habitat, de l'urbanisme et de ville.
-Laboratoire maritimes (LEM).
Agence national d'aménagement du tiretoire.

Couts :
Couts fixes :
-Ressource humaine :(60000 DA pour un ingénieur*3=180,000DA) / par mois
- Licence pour Logiciels (ArcGIS/ Mike21/ python) 100,000DA. Imprimante scanner 600,000DA.
2 Pc 32Gb 500,000DA.
-Loyer 360,000DA/an. Gestion de siège 227,000DA.
-Création de plateforme pour ventre de service 150,000 DA. Site web d'entreprise 120,000 DA. Site E-paiement(devise/dinars) 90,000DA.

Couts Variables :
-Réparation et maintenance du matériel bureautique et informatique(10000DA/années)
- Publicité. Fourniture (20000DA/un mois)
- Frais d'exploitation et de maintenance de la plateforme. (15000DA/années)

2,327,000DA

Revenus :
-Ventes directes d'analyse de démarche de vulnérabilité des problèmes côtiers aux agences gouvernementale entreprises de construction et organisations environnementales 200000 DA.
- formations en programmation et en logiciels spécialisés en cartographie et SIG 20000 DA.
- Vente de services de cartographie et de modélisation des zones côtières à risques élevés 100,000DA
-Vente de cartes pour diverses applications 5000 DA.
-Location de PC performants pour les simulations d'opérations complexes 3500 DA.
-Revenus publicitaires sur la plateforme en ligne 15000DA.

Il y aura *2 des coûts de la première année.