

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل  
**Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral**



Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur en sciences de la mer  
**Spécialité : Gestion et Protection du Littoral**

**IMPACT DE L'EXPANSION URBAINE SUR LA  
DEGRADATION DES DUNES COTIERES DANS LA  
REGION OUEST D'ALGER**

Présentée par :

**CHERBALI Lina**

**GHARBI Chams EDouha**

Soutenu le 23/10/2021 devant le jury composé de :

Mme MOKHBI-SOUKANE D.	MCB - ENSSMAL	Présidente
Mr OTMANI H.	MCB - ENSSMAL	Promoteur
Mr RABEHI W.	MRA- CTS-ASAL	Co- promoteur
Mme KERAGHEL M.	MCB - ENSSMAL	Examinatrice
Mr FERNANE L.	MAA - ENSSMAL	Examineur

**Promotion: 2020 – 2021**

## **REMERCIEMENTS**

Nous remercions Dieu le tout puissant qui nous a donné la santé, le courage et la volonté pour réaliser ce modeste travail.

Nous tenons tout d'abord à remercier notre promoteur **M OTMANI H**, pour nous avoir accueillis au sein de son équipe. Son encadrement nous a beaucoup appris. Nous le remercions pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter notre réflexion, sans oublier sa confiance, et la grande liberté qu'il nous a laissé dans notre travail.

Nos sincères remerciements à notre Co-promoteur **M RABEHI W**, pour son aide et sa présence.

Nous remercions **Mme MOKHBI-SOUKANE D**, de nous avoir fait le grand honneur d'accepter la présidence du jury, qu'elle trouve ici l'expression de notre plus profond respect.

Nos remerciements s'adressent également au **Mme KERAGHEL M** et **M FERNANE L.** qui ont bien voulu faire partie de jury, d'examiner et enrichir ce travail par leurs commentaires et leur expérience.

Nous sommes très heureux de pouvoir exprimer notre gratitude à toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail, tant par leur soutien opérationnel, que professionnel.

# *Dédicace*

*Je dédie ce travail à*

*A mes chers parents, grâce à vous j'ai appris le sens du travail et de la responsabilité, Je voudrais vous remercier pour tous vos sacrifices, votre amour, votre soutien et vos prières durant ces années d'études.*

*Votre soutien fut une lumière dans tout mon parcours. Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour l'estime et le respect que j'ai toujours eu pour vous.*

*Ma grande mère MIMIMA, la preuve que l'amour éternel existe, prions Dieu pour qu'il te laisse encore des années à nos côtés*

*A mes chères sœurs HADIL ET TAMIMA pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral*

*A mon petit homme mon frère, HAITHEM, pour son encouragement et sa curiosité*

*Aussi à ma copine et mon binôme LINA. Merci d'être l'épaule sur laquelle je peux toujours compter.*

*Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infailible,*

*Merci d'être toujours là pour moi.*

*Douha*

*Je dédie ce modeste travail*

*A mon cher père et ma chère mère que dieu les protège et qui sont toujours à côté de moi à tous moments ; Pour l'éducation et le grand amour dont m'ont entouré depuis ma naissance ; Pour leur patience et sacrifices ;*

*A mes chères sœurs Rima, Malak et ma petite Yasmine ;  
A mon cher frère Mohamed ;*

*A tous mes familles ;*

*A ma binôme et ma meilleur amie Douha, avec laquelle j'ai pris beaucoup de plaisir à travailler. Nous avons formé une belle équipe, un excellent travail et de beaux souvenirs, je te remercie donc pour tout ce que tu m'as apporté au cours de ces cinq années partagées.*

*A mon ami Mehdi pour son encouragement.*

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

*Lina*

---

# ***SOMMAIRE***

---

# TABLE DES MATIERES

---

## TABLE DES MATIERES

### REMERCIEMENTS

### DEDICACE

TABLE DES MATIERES .....	VI
LISTE DES FIGURES .....	X
LISTE DES TABLEAUX.....	XIV
LISTE DES ABREVIATIONS ET ACRONYMES .....	XV
<b>INTRODUCTION GENERALE.....</b>	<b>1</b>
<b>CHAPITRE 1 : CADRE GENERAL.....</b>	<b>4</b>
<b>1. SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE .....</b>	<b>4</b>
1.1 Bande littorale: .....	4
1.2 Cordon littoral dunaire :.....	5
1.3 Naissance du système dunaire :.....	5
1.4 Types des dunes côtières : .....	7
1.5 Rôle du cordon dunaire :.....	10
1.6 Vulnérabilité du système dunaire :.....	11
1.6.1 Les agglomérations humaines :.....	11
1.6.2 L'artificialisation du sol.....	11
1.6.3 Exploitation de dunes sableuses.....	12
1.6.4 Erosion naturelle .....	12
1.7 Modification morpho-sédimentaire :.....	12
1.8 Les différents instruments et réglementation de protection dunaire :.....	13
1.8.1 Législation .....	13
1.8.2 Les instruments d'urbanisme .....	14
<b>2.CONTEXTE D'ETUDE .....</b>	<b>16</b>
<b>3.LOCALISATION ET CHOIX DE LA ZONE D'INTERET .....</b>	<b>17</b>
<b>CHAPITRE 2 : DIAGNOSTIC PHYSIQUE ET INTERACTION DE FACTEURS .....</b>	<b>20</b>
<b>1.ETUDE CLIMATIQUE .....</b>	<b>20</b>
1.1Les précipitations :.....	20

## TABLE DES MATIERES

---

1.1.1 Variation annuelle .....	20
1.1.2 Variation mensuelle : .....	21
1.2 Température : .....	21
1.3 Synthèse climatique : .....	22
1.4 Les vents : .....	24
1.5 Discussion des résultats et Intérêt : .....	26
<b>2. ETUDE HYDROGRAPHIQUE.....</b>	<b>27</b>
2.1 Inventaire des cours d'eau et sources d'alimentation : .....	28
2.2 Evaluation des flux sédimentaires (débits liquide et solide de l'oued Mazafran) : .....	29
2.2.1 Cadre sédimentologique : .....	29
2.2.2 Flux sédimentaire : .....	30
2.3 Corrélation entre le flux sédimentaire et le degré de précipitation : .....	31
<b>3. ETUDE GEOMORPHOLOGIQUE ET GEOLOGIQUE .....</b>	<b>33</b>
3.1. Cadre géologique : .....	33
3.1.1 Géologie régionale : .....	33
3.1.2 Géologie locale : .....	34
3.2. Cadre géomorphologique : .....	36
3.2.1 Géomorphologie sous-marine (Plateau continental) : .....	37
3.2.2 Géomorphologie littorale (Les Cordons dunaire) : .....	38
3.2.3 Les plages : .....	40
3.2.4 Les falaises : .....	43
3.3. Identification et extraction des traces dunaires (anciennes et actuelles) : .....	44
3.4. Méthodologie : .....	44
3.5. Discussion des résultats : .....	47
3.6. Les caractéristiques des dunes de la région ouest algéroise : .....	49
3.6.1. Végétation : .....	49
3.6.2. L'Indice NDVI : .....	51
3.6.3. Les rides (Ripple-marks) : .....	53
<b>4. ETUDE ANTHROPIQUE.....</b>	<b>54</b>
4.1 Introduction.....	54
4.2 Evolution chronologique de l'urbanisation du littoral : .....	54

## TABLE DES MATIERES

---

4.2.1 Méthodologie : .....	55
4.2.2 Extraction et quantification du tissu urbain : .....	56
4.2.3 Analyse de la dégradation dunaire sur les zones urbanisées : .....	56
4.2.3 Discussion et résultats: .....	57
4.3 Les aménagements côtiers sur le littoral ouest d'Alger : .....	63
4.4 Fréquentation touristique : .....	65
4.5 Rechargement artificiel : .....	66
<b>5.ETUDE DE L'EVOLUTION DE LA LIGNE DE RIVAGE.....</b>	<b>67</b>
5.1 Introduction : .....	67
5.2 Calcul des taux d'érosion / accrétion : .....	67
5.3 Méthodologie : .....	68
5.4 Bilan statistique et projection des cartes d'aléas : .....	68
5.5 Evolution de la ligne de rivage : .....	70
5.5.1 Période allant de 1959 à 2019 : .....	70
5.5.2 Période allant de 1959 à 1980 : .....	74
5.5.3 Période allant de 1980 à 1999 : .....	77
5.5.4 Période allant de 1999 à 2019 .....	80
5.6 Conclusion : .....	83
<b>CHAPITRE 3 : CORRELATION ENTRE : DEGRADATION DES CORDONS DUNAIRES- EXPANSION URBANISTIQUE – EVOLUTION DU TRAIT DE COTE.....</b>	<b>85</b>
<b>1.SUPERPOSITION DES RESULTATS .....</b>	<b>85</b>
<b>2.ANALYSE SYSTEMIQUE .....</b>	<b>87</b>
2.1 Classement : .....	90
2.2 Le plan des influences et dépendances entre acteurs : .....	90
<b>3.DISCUSSION.....</b>	<b>91</b>
<b>CONCLUSION GENERALE .....</b>	<b>95</b>
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES : .....	I
<b>1. Annexe I : DONNEES DE LA DIRECTION DU VENT .....</b>	<b>VIII</b>
<b>2. Annexe II : DONNEES DE LA TEMPERATURE ET DE PRECIPITATION .....</b>	<b>VIII</b>
<b>3. Annexe III : DONNEES DE DEBIT SOLIDE.....</b>	<b>VIII</b>
<b>4. Annexe IV : CARACTERISTIQUES DES DONNEES UTILISEES DANS L'ETUDE DE L'EVOLUTION DU TRAIT DE COTE.....</b>	<b>XII</b>

## TABLE DES MATIERES

---

<b>5. Annexe V : DONNEES DE L'ETUDE D'EVALUATION DU TRAIT DE COTE .....</b>	<b>XIII</b>
<b>6. Annexe VI : LES OUTILS DE L'ETUDE DIACHRONIQUE DU TRAIT DE COTE .....</b>	<b>XVII</b>
<b>7. Annexe VII : EVOLUTION DANS LE TEMPS DE L'URBANISATION DANS LE OUEST ALGEROIS.....</b>	<b>XIX</b>
<b>8. Annexe VIII : LES PRESSIONS HUMAINES SUR LA RÉGION LITTORALE .....</b>	<b>XXI</b>
<b>9. Annexe IX : LES BANDES LITTORALES DEFINIES PAR LA LOI 02 :02 .....</b>	<b>XXII</b>
<b>10. Annexe X: DIGITAL SHORELINE ANALYSIS SYSTEM (DSAS).....</b>	<b>XXIII</b>
<b>11. Annexe XI : ANALYSE SYSTEMIQUE .....</b>	<b>XXV</b>

## LISTE DES FIGURES

---

### LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1:</b> Wilayas côtières Source -----	4
<b>Figure 2:</b> l'érosion côtière, au croisement de facteurs naturels et anthropiques-----	4
<b>Figure 3:</b> Profil général du cordon dunaire -----	5
<b>Figure 4:</b> processus de formation du cordon dunaire-----	6
<b>Figure 5:</b> Profil d'un cordon dunaire-----	7
<b>Figure 6:</b> Profil et composition du système dunaire littoral -----	10
<b>Figure 7:</b> Commune d'Alger et la densité de population-----	11
<b>Figure 8:</b> Évolution de l'urbanisation dans l'aire métropolitaine d'Alger-----	11
<b>Figure 9:</b> Evolution saisonnière du bilan sédimentaire -----	12
<b>Figure 10 :</b> Bandes délimitées par la loi 02-02 du 05-02-2002 -----	14
<b>Figure 11:</b> Échelles et instruments législatifs-----	15
<b>Figure 12:</b> Situation géographique de la zone d'étude -----	17
<b>Figure 13:</b> Variation des moyennes annuelles des précipitations (1988_2020) -----	20
<b>Figure 14:</b> Variations de moyennes mensuelles des précipitations (1988-2020)-----	21
<b>Figure 15:</b> Les variations mensuelles des températures (1988-2020)-----	21
<b>Figure 16:</b> Diagramme Ombrothermique.-----	22
<b>Figure 17:</b> Localisation de la région d'étude dans le climagramme d'EMBERGE-----	23
<b>Figure 18:</b> Répartition annuelle des vents en pourcentage (%) (Données Windguru, Station Alger Port, (entre Mai 2006 -Mai 2017) -----	24
<b>Figure 19:</b> Roses des vents de la période hivernale : station Algiers-----	25
<b>Figure 20:</b> Roses des vents de la période estivale : station Algiers-----	25
<b>Figure 21:</b> Réseau hydrologique de la zone d'étude -----	27
<b>Figure 22:</b> Carte thématique du bassin versant d'oued Beni Messous -----	28

## LISTE DES FIGURES

---

<b>Figure 23:</b> Carte thématique du bassin versant d'oued Mazafran et son réseau hydrographique ----	28
<b>Figure 24:</b> Carte géologique de la plaine de la Mitidja -----	29
<b>Figure 25:</b> Variation mensuelle du Débit solide d'oued Mazafran-----	30
<b>Figure 26:</b> Variation mensuel du débit solide et régime pluviométrique-----	31
<b>Figure 27:</b> Variation annuelle de Débit solide d'oued Mazafran -----	32
<b>Figure 28:</b> Carte de situation des bassins sédimentaire de l'Algérie -----	33
<b>Figure 29:</b> Carte des grands ensembles géomorphologiques de l'Algérois -----	33
<b>Figure 30:</b> Carte géologique de la zone d'étude. -----	34
<b>Figure 31:</b> Localisation des plages de la baie d'el Djamila -----	36
<b>Figure 32:</b> Localisation des structures géomorphologiques de la baie de Bouismail-----	37
<b>Figure 33:</b> Localisation des dunes au niveau des plages de la baie d'El Djamila-----	38
<b>Figure 34:</b> Localisation des dunes au niveau de la plage El Bahdja-----	39
<b>Figure 35:</b> Localisation des cordons dunaires (Zeralda et Douaouda marine)-----	39
<b>Figure 36:</b> Localisation des plages de la zone d'Etude -----	40
<b>Figure 37:</b> Procédure de l'extraction des couches dunaires-----	44
<b>Figure 38:</b> Symbologie des dunes extraites à partir des cartes géologiques-----	45
<b>Figure 39:</b> Sol dunaire de la partie ouest algéroise -----	46
<b>Figure 40:</b> Interface du logiciel ArcGis-----	47
<b>Figure 41:</b> Localisation des dunes côtières (1963) sur la partie ouest Algéroise -----	48
<b>Figure 42:</b> Evolution diachronique de la couverture végétale de la plage de Sidi Fredj-----	49
<b>Figure 43:</b> Echantillons de végétaux présents au niveau des cordons dunaires de la zone d'étude--	50
<b>Figure 44:</b> Distribution spatial de l'indice de végétation NDVI (2015-2021)-----	52
<b>Figure 45:</b> Les espèces végétales au niveau de cordon dunaire Mazafran -----	53
<b>Figure 46:</b> Histogramme de la surface du couvert végétal de 2021 de la zone d'étude-----	53

## LISTE DES FIGURES

---

<b>Figure 47:</b> Ripple-marks-----	53
<b>Figure 48:</b> Schéma relatif à la méthodologie de cartographie utilisée.-----	55
<b>Figure 49:</b> Surface dunaire défrichée (1987_2021)-----	56
<b>Figure 50:</b> Surfaces dunaires défrichées et restantes au niveau la zone d'étude -----	57
<b>Figure 51:</b> carte d'occupation du sol de la zone d'étude (2020) -----	57
<b>Figure 52:</b> Carte de l'évolution administrative de la wilaya d'Alger-----	59
<b>Figure 53:</b> Taux de pertes de dunes par occupation du sol-----	60
<b>Figure 55:</b> 1_ Digue de clôture (Plage d'El Djamila) -----	64
<b>Figure 54:</b> Ouvrage de protection au niveau la plage Sidi Fredj Est1 : Trait de côte, 2 : Dégradation de la couverture végétale,3 : Ouvrages de protection-----	64
<b>Figure 57:</b> ouvrages de protection (Plage Azur - Palm Beach)-----	64
<b>Figure 56:</b> Ouvrages de protection (Plage Complexe touristique)-----	64
<b>Figure 58:</b> Activité touristique sur la zone d'étude-----	65
<b>Figure 59:</b> Régression du couvert végétal de la plage Sidi Fredj Est-----	65
<b>Figure 61:</b> Types de rechargement dans la zone d'étude -----	66
<b>Figure 60:</b> Reprofilage au niveau des plages de la zone d'étude-----	66
<b>Figure 62:</b> Étapes de la méthodologie de suivi du trait de côte.-----	68
<b>Figure 63:</b> Carte des entités géographiques de la zone d'étude -----	69
<b>Figure 64:</b> Bilan surfacique de la zone d'étude entre 1959 et 2019-----	71
<b>Figure 65:</b> Evolution du trait de côte entre 1959 et 2019 de l'entité géographiques 01 -----	72
<b>Figure 66:</b> Evolution du trait de côte entre 1959 et 2019 de l'entité géographiques 02 -----	73
<b>Figure 67:</b> Evolution du trait de côte entre 1959 et 1980 de l'entité géographiques 01 -----	75
<b>Figure 68:</b> Evolution du trait de côte entre 1959 et 1980 de l'entité géographique 02 -----	76
<b>Figure 69:</b> Evolution du trait de côte entre 1980 et 1999 de l'entité géographique 01-----	78
<b>Figure 70:</b> Evolution du trait de côte entre 1980 et 1999 de l'entité géographique 02-----	79

## LISTE DES FIGURES

---

<b>Figure 71:</b> Evolution du trait de côte entre 1999 et 2019 de l'entité géographique 01 -----	81
<b>Figure 72:</b> Evolution du trait de côte entre 1999 et 2019 de l'entité géographique 02 -----	82
<b>Figure 73:</b> Évolution dans le temps de l'urbanisation sur les espaces dunaires (l'ouest algérois) ---	85
<b>Figure 74:</b> Synthèse de la disparition des massifs dunaires dans la partie ouest algéroise -----	86
<b>Figure 75:</b> Plan des influences et dépendances entre acteurs -----	90
<b>Figure 76:</b> Le plan d'influence et dépendance du système cordons dunaires- expansion urbanistique – évolution du trait de côte-----	91
<b>Figure 77:</b> Graphe des influences indirectes-----	92
<b>Figure 78:</b> Graphe des influences directes -----	92

## LISTE DES TABLEAUX

---

### LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1:</b> la typologie des dunes -----	9
<b>Tableau 2:</b> Données d'entrée pour le calcul du quotient pluviométrique d'EMBRGER -----	23
<b>Tableau 3:</b> Les caractéristiques des Oueds de la côte Ouest algéroise. -----	28
<b>Tableau 4:</b> Description des plages de la zone d'étude -----	41
<b>Tableau 5:</b> Inventaire des plages de la côte ouest algéroise-----	43
<b>Tableau 6:</b> liste des falaises de la côte ouest algéroise-----	44
<b>Tableau 7:</b> Caractéristiques des données utilisées pour l'extraction des anciennes dunes -----	45
<b>Tableau 8:</b> Caractéristiques des images satellitaire utilisées-----	55
<b>Tableau 9:</b> Surface dunaire défrichées dans la zone d'étude de 1987 à 2021 -----	56
<b>Tableau 10:</b> aperçu des types d'habitats dominants dans la zone d'étude -----	61
<b>Tableau 11:</b> L'équipement côtiers observé durant l'investigation sur terrain -----	63
<b>Tableau 12:</b> Classification des valeurs de changement du trait de côte à partir des paramètres EPR -----	70
<b>Tableau 13:</b> Matrice d'analyse systémique (MAS)-----	89

## **LISTE DES DES ABBREVIATIONS**

---

### **LISTE DES ABBREVIATIONS ET ACRONYMES**

**ASGA** : Agence du Service Géologique de l'Algérie

**CNERU GROUPE** : Centre National d'Etudes et de Recherches appliquées en Urbanisme

**DSAS**: Digital Shoreline Analysis System

**EPR**: End Point Rate

**GIEC** : Groupe D'experts Intergouvernemental Sur L'évolution Du Climat

**HA** : Hectare

**Km** : Kilomètre

**LEM** : Laboratoire d'Etudes Maritimes

**LRR** : Linear Regression Rate

**m/an** : mètre par an

**m**: mètre

**ME** : Ministère de l'Environnement.

**MID** : Matrice Influence-Dépendance

**NSM** : Net Shoreline Movement

**ONF** : Office National des Forêt.

**ONS** : l'Office National de Statistiques d'Alger

**PAC** : Programme d'Aménagement Côtier

**SIG** : Système d'Information Géographique

**SRTM** : Shuttle Radar Topography Mission

**TC** : Trait de Côte

**U.T.M**: Universal Time Mercator.

**WGS 84** : World Geodetic System 1984 (système géodésique mondial révision de 1984).

**ZET** : Zone d'Expansion Touristique

---

***INTRODUCTION***  
***GENERALE***

---

### INTRODUCTION GENERALE

Les littoraux sont des espaces particulièrement fragiles du fait de leur mobilité permanente, de la variété des écosystèmes qu'ils englobent et des transformations qu'ils subissent (GHODBANI ET SEMMOUD ,2010).La zone littorale, située à l'interface terre-estran est sujette aujourd'hui à des enjeux grandissants (urbanisation, tourisme, environnement...) qui engendrent mécaniquement une inflation des conflits d'usage. Cependant, cette dernière relève également des interactions qu'elle entretient avec l'intérieur des terres (JEROME ET OLIVIER, 2007).Outre les facteurs naturels, les activités humaines influencent l'évolution du littoral et peuvent provoquer l'aggravation de phénomènes d'érosion des dunes côtières.

Les dunes constituent un système côtier multifonctionnel de très grande valeur environnementale (sédimentologique, géomorphologique, écologique et hydrodynamique) (BOUNOUA ET KACI , 2017). Cependant, ces systèmes font face à de fortes pressions. Les recherches menées jusqu'à présent montrent que le mécanisme qui provoque la dégradation et l'érosion intense des dunes de sable est principalement lié au degré d'anthropisation.

L'urbanisation est l'action d'urbaniser, c'est-à-dire de favoriser, de promouvoir le développement des villes par la transformation de l'espace rural en espace urbain.( RABEHI ,2018).L'urbanisation peu ou mal maîtrisée provoque la naissance des problèmes écologiques. De plus les côtes sableuses sont affectées par des phénomènes de dégradation régressive.

Depuis 1980, la croissance de la population algéroise se concentre principalement dans la zone côtière. En effet, cette dernière a connu d'importantes modifications et artificialisations durant ces dernières décennies (PAC, 2005).Notamment par l'implantation des résidences estivales ou secondaires, qui accueillent de nombreux projets immobiliers et touristiques, réalisés dans la perspective du désengorgement des villes, souvent les plus importantes du pays.(GHODBANI ET SEMMOUD, 2010)

L'urbanisation continue de se propager malgré les efforts du gouvernement pour baisser la saturation démographique des villes côtières. Alger, la capitale est soumise à une pression humaine élevée. (HAFFAD, 2004).Elle connaît un fort attrait socioéconomique (BELHAI-BENAZZOUEZ ET DJELAL, 2010), son évolution en aire métropolitaine (plus de 6 millions d'habitants (POPULATION DATA, 2015), engendre une plus forte pression sur l'espace et les ressources, qui se traduit par des impacts plus conséquents sur le milieu littoral.(OTMANI ET AL., 2019)

La présente étude a été réalisée sur la frange côtière de l'ouest d'Alger, caractérisé par des plages sableuses, très fréquentées, qui font partie d'une région déjà connue pour ses diverses formes d'anthropisation, par l'installation des ports de plaisance, des ouvrages de protection ainsi que l'occupation de l'espace côtier par l'urbanisation, dont de nombreux hôtels.

## INTRODUCTION GENERALE

---

L'objectif de notre étude, intitulée « **IMPACT DE L'EXPANSION URBAINE SUR LA DEGRADATION DES DUNES COTIERES DANS LA REGION OUEST D'ALGER** » vise à déterminer le degré d'impact de l'expansion urbaine sur la dégradation des dunes, et en basant sur l'évolution historique de l'urbanisation, du trait de côte et des dunes consolidées et non consolidées de notre zone d'étude par l'usage des SIG (Système d'Information Géographique) ainsi que par l'étude des conditions de transport sédimentaire et de débit volumique des oueds de la zone

Pour que le littoral conserve sa productivité et ses fonctions naturelles, il faut donc améliorer la planification et la gestion de son développement. En effet, l'aménagement des zones littorales doit se fonder sur une base scientifique tenant compte de ses caractéristiques géomorphologiques et climatiques et conciliant les exigences des divers secteurs économiques dont la survie dépend de ces écosystèmes (PASKOFF, 1993 ; MARCADON ET AL., 1999) en (KACEMI, 2013)

La méthode utilisée dans ce travail est basée sur une approche de cartographie avec l'utilisation d'images satellitaire afin d'obtenir des données sur les processus en cours (). Ce mémoire s'articule autour de trois chapitres.

**Chapitre I** : Ce chapitre présente une revue bibliographique synthétique des notions de base nécessaires pour la bonne compréhension de la thématique étudiée, et la présentation de la zone d'étude choisie pour la réalisation de ce mémoire.

**Chapitre II** : Correspond au diagnostic physique et interaction de facteurs, ce chapitre permet non seulement de mettre la zone d'étude dans son contexte géologique, géomorphologique, climatologique, hydrodynamique et anthropique mais aussi de comprendre la tendance évolutive sur le volet (spatio-temporelles) du tissu urbain. En parallèle on a calculé la superficie des dunes extraites précédemment, en élaborant des cartes d'aléa pour les différentes périodes de la dynamique du trait de côte.

**Chapitre III** : Destiné à l'étude de la Corrélation entre la dégradation des cordons dunaires, l'expansion urbanistique et l'évolution du trait de côte, en se basant sur une analyse systémique.

On termine notre travail avec une conclusion et des recommandations.

---

# *CHAPITRE I*

## *Cadre général*

---

1. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

1.1 Bande littorale:

L'espace littoral, qui se matérialise par une bande plus ou moins large à l'interface terre - mer, peut être compris comme un système dont l'évolution est conditionnée par de nombreux éléments : « les littoraux constituent des environnements fragiles dans lesquels se manifestent de multiples facteurs d'évolution aux actions, interactions et rétroactions complexes »(PASKOFF, 1993).

Le littoral comprend des dimensions physique, spatiale, territoriale et juridique. C'est l'espace où se rencontre la mer et la terre. C'est une zone d'échange, une interface(BARBET, 2005).

La façade maritime nationale compte 14 wilayas et 136 communes littorales. La partie centre du littoral réunit, à elle seule, 5 wilayas et 53 communes. En superficie, les communes littorales représentent environ 23% du total des wilayas littorales(STRATÉGIE NATIONALE DE GIZC, 2015) (Figure 1).

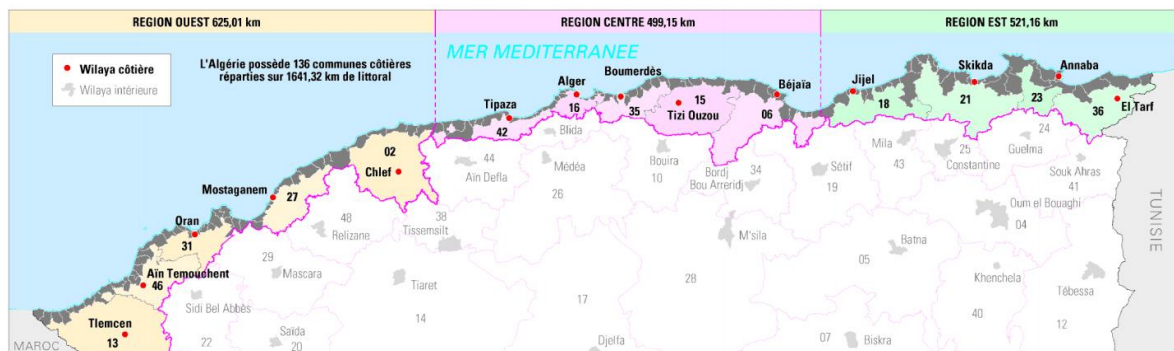


Figure 1: Wilayas côtières Source (GRIMES, 2012)

De manière globale, l'évolution de l'espace littoral reste soumise à deux grands facteurs interdépendants : la nature et l'homme. Ces facteurs fondamentaux influencent la modification de la morphologie littorale, caractérisée par une tendance générale à l'érosion (CHOBLET, 2005) (Figure 2).

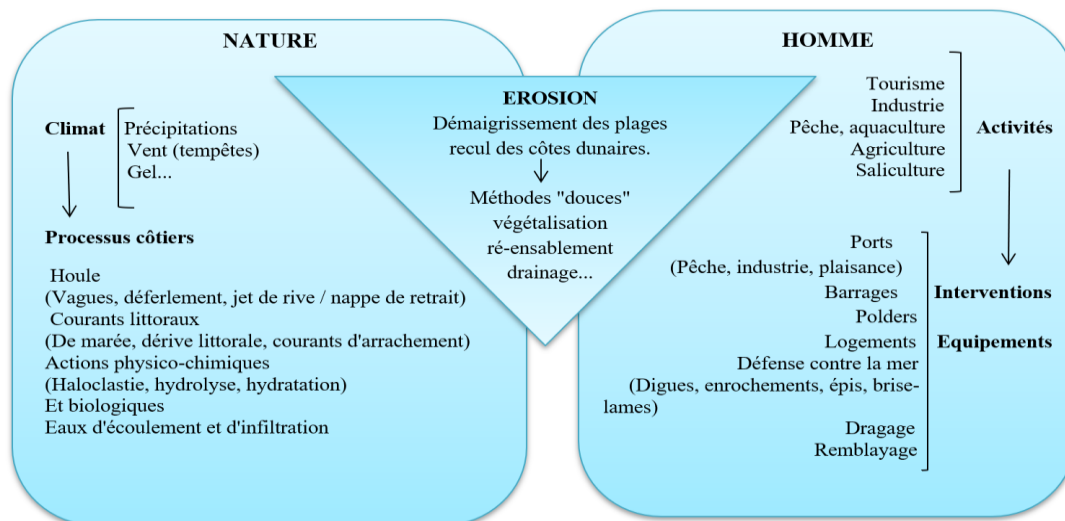


Figure 2: l'érosion côtière, au croisement de facteurs naturels et anthropiques D'après (PASKOFF, 1998) (Modifier)

«Le littoral évolue cent à mille fois plus vite que les paysages continentaux, si on en regarde le long terme, et peut-être un millions de fois plus vite si l'on s'attache aux changements quotidiens de sa forme »(PINOT JEAN-PIERRE, 1998).

Le peuplement du territoire algérien présente une forte polarisation sur le Nord du pays, en particulier sur "la bande littorale". Cette frange littorale de 45000 km<sup>2</sup> (1,9 % du territoire national) concentre 37% de la population algérienne (STRATEGIE NATIONALE DE GIZC, 2015).

## 1.2 Cordon littoral dunaire :

Les massifs dunaires sont des formes d'accumulation formées et modelées par l'action du vent le long des côtes sableuses. Ils sont composés d'un cordon bordier surplombant le haut de plage et l'avant-dune, puis, selon la disponibilité des sédiments et l'exposition de l'estran au vent dominant, d'un ensemble de crêtes dunaires et de dépressions intra dunaires (zones basses) formant l'arrière-dune. Situés à l'interface terre-mer, les massifs dunaires sont des espaces dynamiques soumis aux aléas naturels que sont l'érosion marine, la submersion marine et la déflation éolienne (JUIGNER ET ROBIN, 2018).

La dune présente un profil transversal dissymétrique avec une pente douce du côté du vent et une

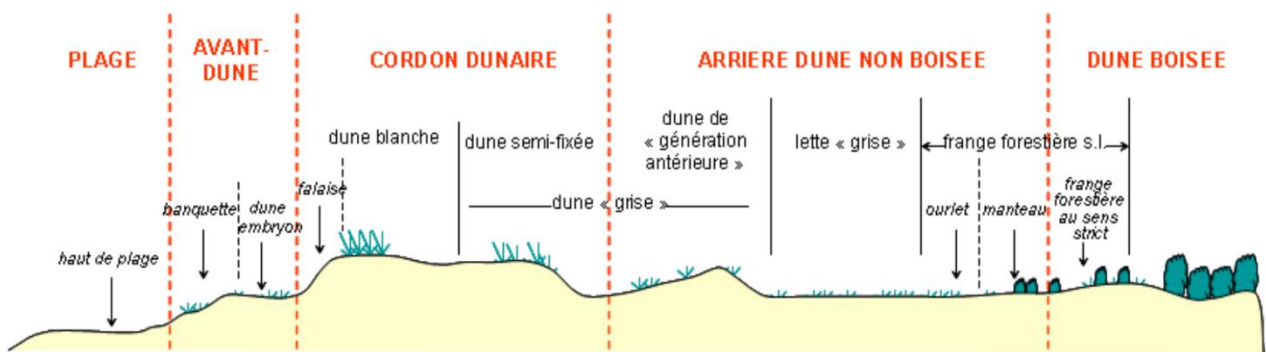


Figure 3: Profil général du cordon dunaire (ONF,2005)

pente plus raide du côté terre. La dune bordière délimite le haut de la plage par un bourrelet sableux d'un à quelques mètres de haut. Sa base correspond à la haute mer et peut être endommagée lors des tempêtes. En arrière de ce premier cordon se développer un champ de dunes montrant des formes différentes : (dunes alignées, dunes paraboliques, dunes en râteau...), plus ou moins fixées par la végétation (MICHEL, 2010) (Figure 3).

## 1.3 Naissance du système dunaire :

La formation des dunes est le résultat d'une série d'étapes montrer dans la Figure 4 :

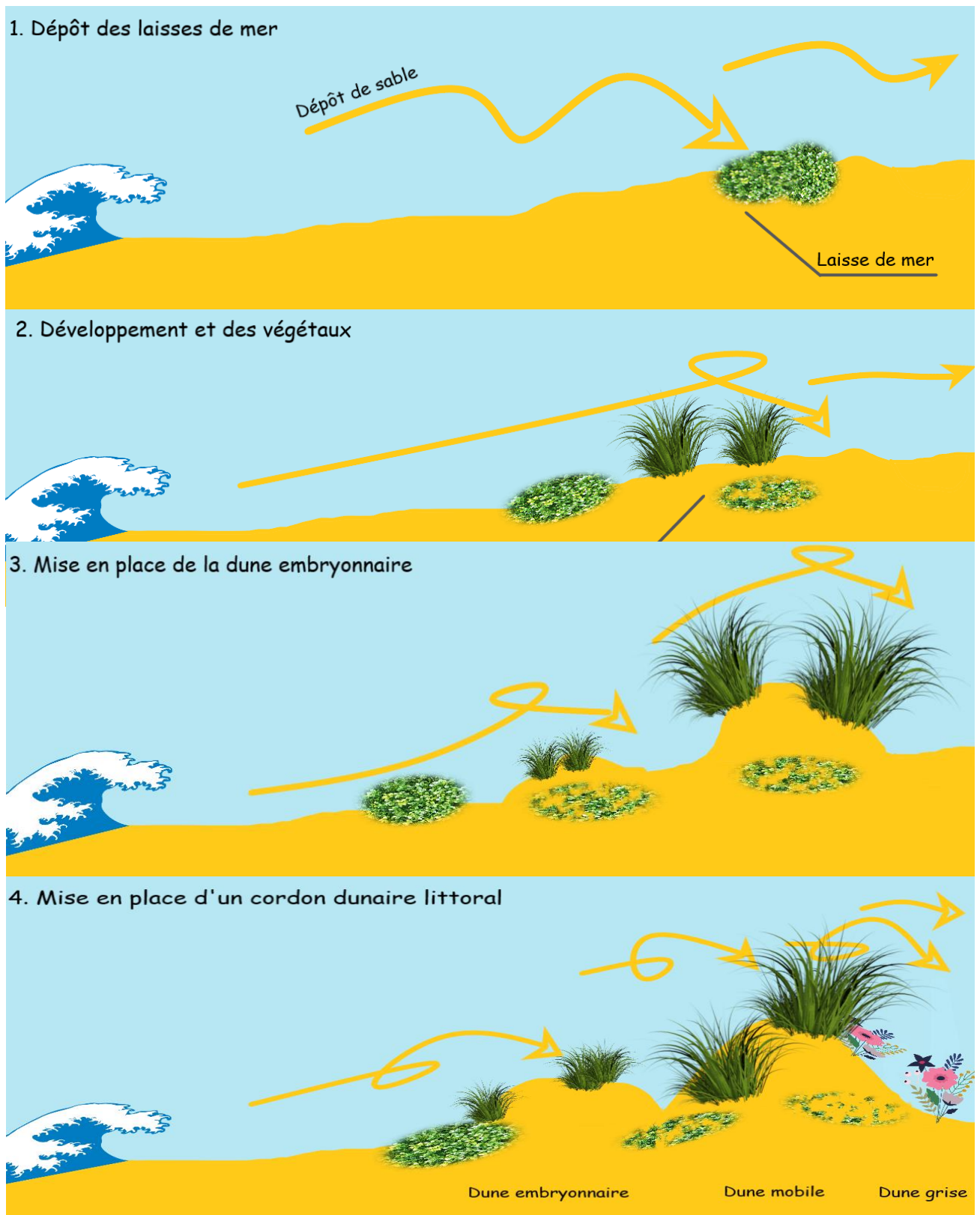
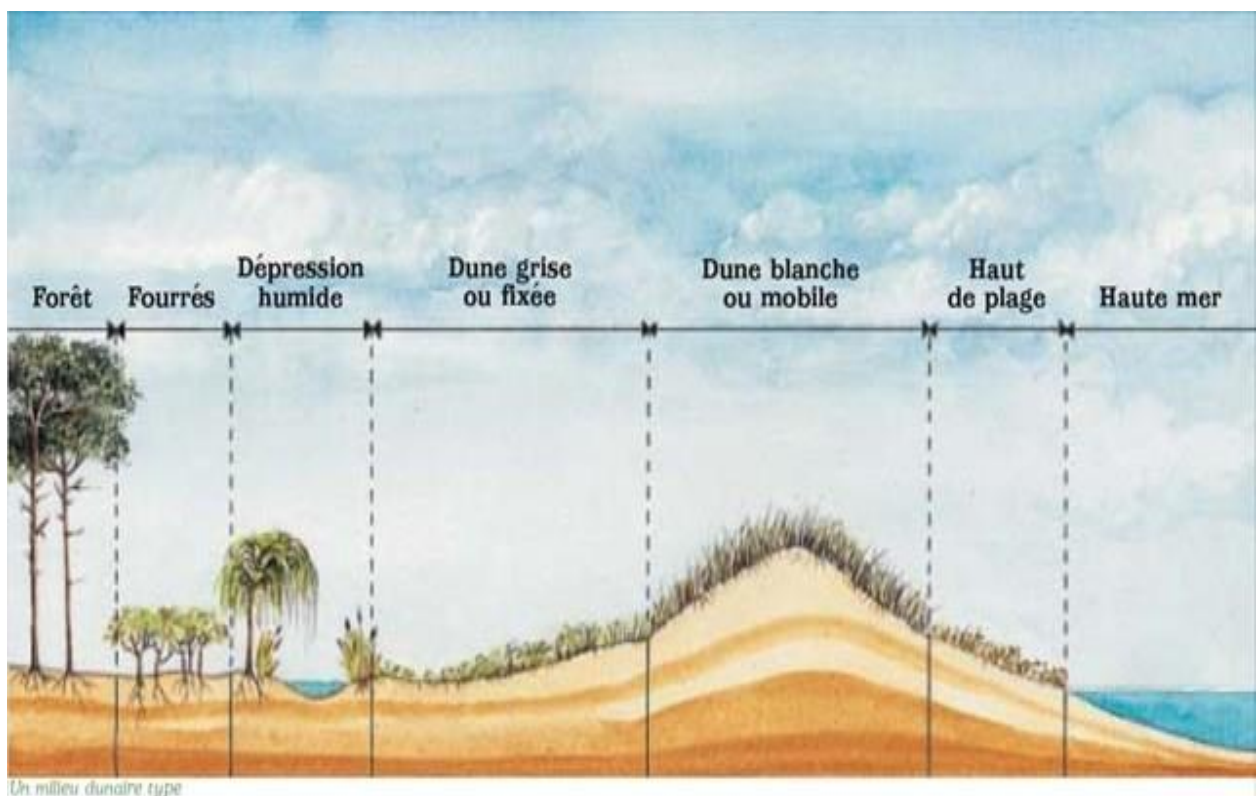


Figure 4: processus de formation du cordon dunaire (<https://www.conservatoire-du-littoral.fr/> )  
(Modifier)

- **Dépôt des laisses de mer** : Si le vent augmente, le grain restera dans l'air plus longtemps et se déplacera de quelques mètres, de sorte qu'il ne produira pas de rides, mais produira des rides en forme de croissant.
- **Développement des végétaux** : Grâce à leur orientation, leur profil et leur taille, les rides et les croissants de sable éoliens sont les meilleurs indicateurs de la direction et de la vitesse du vent pendant sa dernière période d'activité.
- **Mise en place de la dune embryonnaire** : À ce stade, il n'y a pas encore de dune. Les modalités pratiques sont variées.
- **Mise en place d'un cordon dunaire littoral** : Le cordon dunaire est défini comme une langue de sable formée (dans un golfe ou une baie) de débris déposés par un courant côtier et sur laquelle peut se développer une végétation spécifique ( la lois littorale 02.02). Avec un sable plus homogène, les premières dunes élémentaires se forment sur la plage, au-dessus de la laisse de mer, la dune naît et grossit avec la plante qui lui sert de support.

#### 1.4 Types des dunes côtières :

Une dune est vive quand elle continue de se déplacer. Les dunes peuvent être isolées ou alignées. Sur le littoral on distingue : les milieux arrière dunaires et quatre grandes types de dunes littorales (**Figure 5**):



**Figure 5:** Profil d'un cordon dunaire (GEOCACHING, 2020)

- *Les dunes embryonnaires* sont des dunes non végétalisées donc mobiles situés au plus proche du littoral.
- *Les dunes blanches* (ou *dune vives*) sont moyennement fixées par la végétation, elles sont mobiles.
- *Les dunes grises* sont situées en arrière-dunes, fixées par des végétaux
- *Les dunes boisées* (ou *dune stabilisée*) destinés à immobiliser complètement la partie de dune où ils sont plantés = dunes fixes, car l'énergie éolienne est plus faible et l'environnement est plus stable.

Les différents types de dunes sont classés selon plusieurs indicateurs caractérisés par une coloration avec un taux de saturation (clair, moyen, foncé) proportionnel à l'intensité de l'action (ou du processus). Ces types sont résumés dans le tableau suivant **Tableau 1**:

Tableau 1: la typologie des dunes(PETIT-BERGHEM 2012)

Type	Indicateurs						
	Position	Dimension	Action de la mer	Action du vent	Couvert végétal	Interférence humaine	Dynamique évolutive
Dune pionnière	Plage	Métrique	Importante, surtout en hiver et lors des tempêtes ou des marées de vives eaux	Importante	Faible, plantes pionnières halo-microphiles	Epis, nettoyage des plages	Forte, stabilité précaire
Avant-dune	Haut de plage, bourrelet parallèle au rivage	Déca à hectométrique	Variable	Moyenne, les touffes de végétation forment des obstacles à la déflation	Espèces pionnières psammophiles	Piétinement, enrochement, palissades	Moyenne, extension si large estran et budget sédimentaire positif des plages
Falaise dunaire	En arrière de la plage car forme de remaniement d'une dune ancienne	Métrique à décimétrique	Importante car à l'origine de l'escarpement	Moyenne à forte car plantes pouvant être déchaussées	Couvert non continu pouvant contenir une flore variée (végétation d'avant dune, de pelouse sous laquelle un sol a pu se développer)	Piétinement	Forte, recul rapide de son pied sous l'action de la mer, glissements sous l'action de l'eau pluviale ou du piétinement, éolisation par période de beau temps
Dune perchée	Au sommet d'un escarpement sableux	Déca à hectométrique	Faible, plus forte si démantèlement de la falaise	Forte, entrainement de sable à partir de l'estrans et au sommet de l'escarpement sableux	Plantes très variées adaptées au saupoudrage de sable	Piétinement, déchaussement (piétons, VTT, Quad)	Moyenne, liée à la stabilité de la falaise qui la précède et de la continuité du couvert végétal
Cordon dunaire artificiel	En arrière de la plage	Décimétrique (dune recalibrée)	Moyenne à forte action brutale car profil de la dune « contre nature » et inadapté à la dynamique littorale	Forte prise au vent, action moyenne à forte si absence d'entretien et de végétalisation	Couvert végétal plus ou moins continu lié à des opérations de génie écologiques	Forte dès l'origine	Forte, disparition pouvant être rapide (moins de 20 ans) en cas de manque d'entretien ou de budget sédimentaire des plages négatif, fragilité intrinsèque liée à son caractère artificiel
Dune mobile libre	Dune transversale en arrière du rivage (absence de contact avec la plage)	Déca à hectométrique	Faible sauf si démantèlement du système dunaire (incursion de la mer)	Moyenne à forte, en relation avec la continuité du couvert végétal et l'intensité de la fréquentation	Couvert végétal discontinu principalement herbacé	Forte, liée à la fréquentation (cheminement, brèches)	Forte, en raison de son caractère mobile
Dune mobile entravée	Dune transversale à l'arrière du rivage (pouvant être en contact avec des terres de culture ou des marais)	Déca à hectométrique	Faible sauf si démantèlement du système dunaire (incursion de la mer)	Faible à moyenne, en relation avec la continuité du couvert végétal, sa hauteur et sa densité	Dune couverte par des plantes herbacées et / ou ligneuses (arbustes, arbres)	Faible, à moyenne (couvert végétal parfois impénétrable)	Faible, en l'absence d'interventions anthropiques
Dépression dunaire humide ou asséchée	En arrière du rivage	Déca à hectométrique	Faible à moyenne	Faible à moyenne reprise éolienne possible si couvert végétal dégradé	Plantes des milieux humides, variété floristique liée à un gradient d'humidité dynamique arbustive sur le pourtour	Faible, à moyenne Fauche, débroussaillage lorsque des fourrés s'installe	Faible, à moyenne Fauche, débroussaillage lorsque des fourrés s'installe

### 1.5 Rôle du cordon dunaire :

Les dunes littorales doivent être régulièrement entretenues afin de jouer conjointement plusieurs rôles qui se résument en 04 volets :

1. Protection des zones côtières :
  - Stocker le sable dans la zone littorale.
  - Réduction de l'action d'érosion de la mer

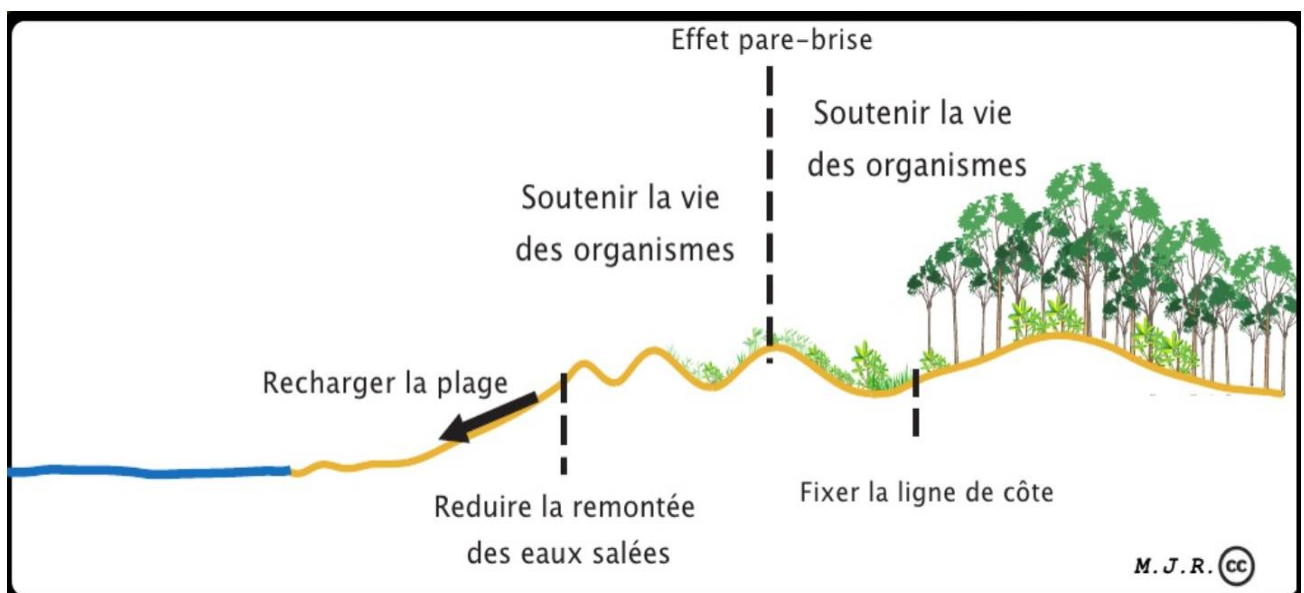
Les dunes constituent un habitat naturel primordial pour la protection des zones côtières. Développées par accrétion, elles permettent de stocker le sable dans la zone littorale active, qui pourra être ensuite rendu au système. Elles tamponnent ainsi l'action érosive de la mer (MOULIS ET BARBEL, 1999)

2. Fonction paysagère :
  - Habitat pour de nombreuses espèces végétales et animales.
3. Valeur écologique et esthétique :
  - Barrière naturelle à pénétration marine.
  - Limitation d'inondations lors des tempêtes de plus grandes marées.

4. Rôle récréatif :

Activités socio-économiques liées au secteur touristique.

Les dunes littorales ont une valeur écologique et esthétique indéniable (**Figure 6**) qu'on leur reconnaît souvent. Elles jouent un rôle protecteur essentiel pour certaines communautés côtières. (ME, 1985).



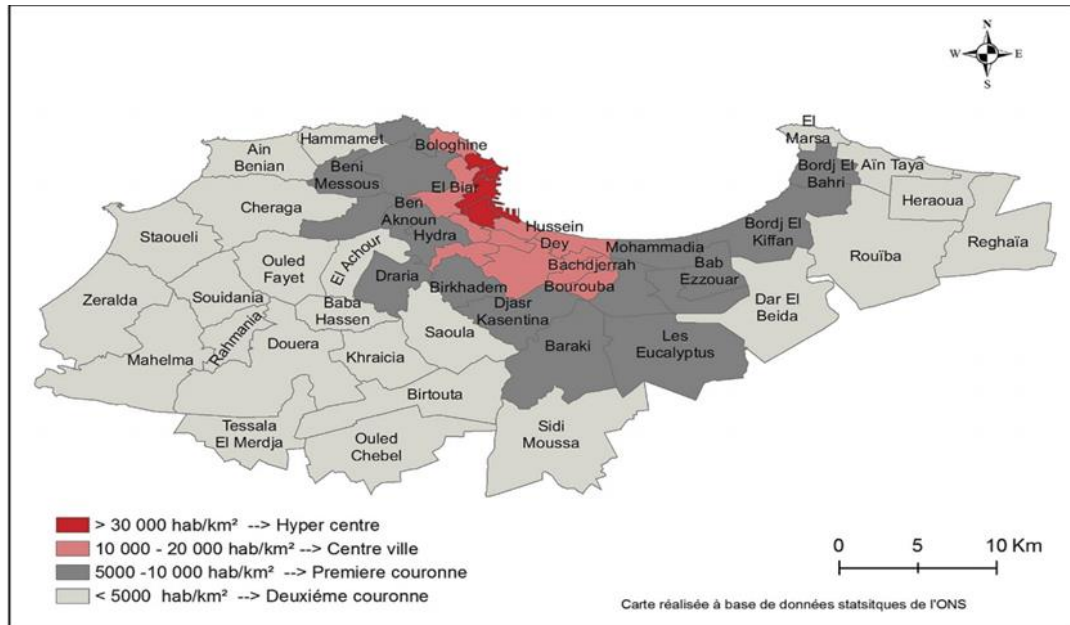
**Figure 6:** Profil et composition du système dunaire littoral (RIVA, 2009)

**1.6 Vulnérabilité du système dunaire :**

La vulnérabilité traduit la fragilité d'un système dans son ensemble et sa capacité à surmonter la crise provoquée par l'aléa(DAUPHINE, 2001).

**1.6.1 Les agglomérations humaines :**

Elle concerne la sur-fréquentation des cordons dunaires **Figure 7**,qui détruit la végétation ou empêche son développement et expose le sable à l'action du vent, L'extraction des matériaux modifie aussi les échanges sédimentaires(OTMANI, 2014).



**Figure 7:** Commune d'Alger et la densité de population ( RABEHI ET AL., 2019)

**1.6.2 L'artificialisation du sol**

La Construction et l'urbanisation sur la bande littorale, notamment sur les dunes perturbe l'équilibre dunaire ce qui conduit à la disparition de certaines plages. **Figure 8**



**Figure 8:** Évolution de l'urbanisation dans l'aire métropolitaine d'Alger (MEDJAD ET AL., 2015)

Source : synthèse des données à partir des cartes topographiques 1/25 000 (INCT), données non publiées de l'ONS, données de CNERU, réalisation T. MEDJADJ

Après le surdéveloppement de la bande littoral de la wilaya d'Alger principalement lié à l'urbanisation anarchiste, les dunes connaissent une dégradation très sévère et sont menacées. Une dégradation de ce littoral est clairement visible, malgré toutes les mesures de protection mises en place, qui ont parfois accentuées sa vulnérabilité (HADDOUCHE ET BAOUZ, 2019).

L'activité touristique incontrôlée et l'érosion côtière sont perçues comme des contraintes fortes, induisant d'importants phénomènes de dégradation (PINOT JEAN-PIERRE, 1998).

### 1.6.3 Exploitation de dunes sableuses

L'extraction et l'utilisation du sable des plages et des dunes pour les besoins de constructions contribuent à l'accélération de l'érosion côtière.

L'arasement des dunes bordières déstabilise les plages, or les dunes participent activement à l'équilibre des plages du fait qu'elles constituent une réserve en sable, ce qui leurs procurent un rôle protecteur en cas de déferlement des vagues de tempêtes, ce déséquilibre a été observé dans la zone où on remarque des recouvrements des escaliers par le sable (OTMANI, 2014).

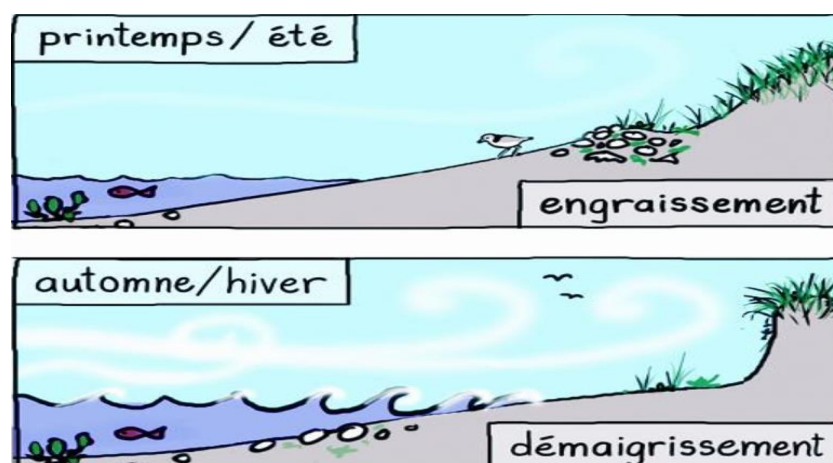
### 1.6.4 Erosion naturelle

A l'heure où les effets du changement climatique global se font sentir, où les prévisions du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) montrent que l'érosion des côtes se fera plus rapide, les submersions et les tempêtes sont de plus en plus fréquentes.

La zone côtière algérienne qui se situe au sud du bassin méditerranéen est vulnérable, elle est soumise à de multiples risques telles que les inondations, les séismes, les tsunamis, la sécheresse. D'autre part, les phénomènes comme l'érosion et la submersion marine prennent actuellement des proportions très alarmantes et inquiétantes à la fois (GIEC, 2007).

### 1.7 Modification morpho-sédimentaire :

Sur la base des données topographiques, morphologique, climatique de la zone d'étude, une évolution saisonnière peut être déterminée pour l'édifice dunaire en fonction des paramètres hydrodynamiques et climatiques de la région (**Figure 9**).



**Figure 9:** Evolution saisonnière du bilan sédimentaire (GEOCACHING, 2020)

L'érosion du littoral est un phénomène naturel et/ou anthropique qui se produit en de nombreux endroits du monde. La montée des océans, et les phénomènes de rééquilibrage isostatique peuvent induire un recul du littoral non compensé par l'engraissement local, de même que la disparition de végétaux stabilisant les vases, dunes ou arrières plages, ou encore qu'une diminution des apports terrigènes en sable à la suite de la construction de nombreux barrages dans les bassins-versants des fleuves (GEOCACHING, 2020).

L'évolution de la plage et de la dune sont étroitement liées, elles constituent un système unique, lieu d'interactions complexes et variées. Ces interactions sont régies essentiellement par les échanges de sable entre la plage et la dune ainsi que par le régime hydrodynamique (vagues et courants). Il existe dans la littérature plusieurs modèles conceptuels qui mettent en évidence l'interrelation plage-dune, qui relie la morpho-dynamique de la plage à la morphologie de la dune (ZEMMOUR, 2019).

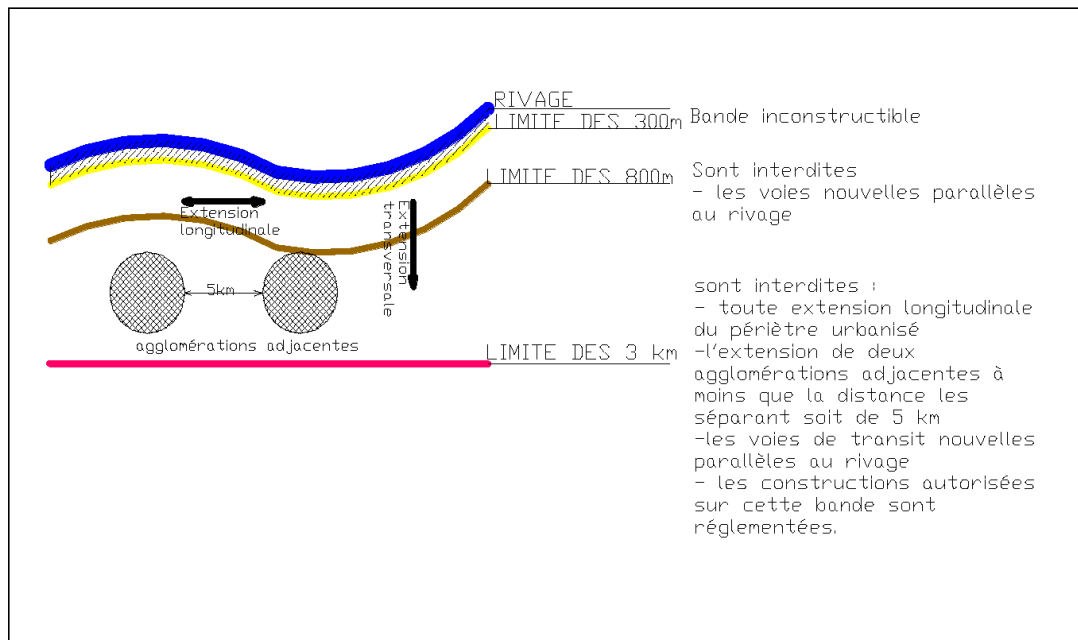
### **1.8 Les déférents instruments et réglementation de protection dunaire :**

L'artificialisation du sol peut induire une perturbation de l'équilibre sédimentaire et de la santé des écosystèmes qui accroît le niveau de risque d'érosion sur le littoral (LEM, 1998), notamment dans les zones fortement occupées.(OTMANI ET AL., 2019).

#### **1.8.1 Législation**

L'urbanisation croissante dans nos littoraux est strictement liée aux activités économiques (activités industrielles et touristiques), il convient donc de gérer et d'encadrer le développement de cette économie, à l'aide notamment de la loi « littoral » et de trouver un équilibre entre les enjeux de ces différentes activités afin de préserver les espaces naturels littoraux.(BARBET, 2005).

Le désir de maîtriser la gestion des espaces littoraux en Algérie est récent, la loi 90-29 du 1<sup>er</sup> décembre 1990 relative à l'aménagement et à l'urbanisme est le premier texte ayant défini en « dispositions particulières à certaines parties du territoire » l'espace littoral. Les dispositions de cette loi n'ont pas empêché l'urbanisation de s'étendre dans des zones proches du rivage. Ces espaces connaissent également une dégradation importante due à l'extraction non autorisée de sable et à la fréquentation anarchique des plages. Ce n'est qu'en février 2002 qu'une loi spécifique au « littoral » a été promulguée **Figure 10**. Il s'agit de la loi 02-02 du 05 février 2002 relative à la protection et à la valorisation du littoral. Cette loi délimite trois bandes dans le littoral(KACEMI, 2013).



**Figure 10** : Bandes délimitées par la loi 02-02 du 05-02-2002 (KACEMI, 2011)

### 1.8.2 Les instruments d'urbanisme

En 1990, par une actualisation des données démo-économiques, les autorités de la wilaya d'Alger ont approuvé le Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme (P.D.A.U.). A partir de 2005, l'état à une vision plus globale de la gestion du territoire, en prenant en compte, la métropolisation et de nouveaux instruments multi échelles (SNAT ; SRAT, SDAAM, SDAL, POS) (**Figure 11**), et multisectoriel (SDAT, SDAP...) ont vu le jour (RABEHI, 2018).

- **Schéma national de l'aménagement des territoires (SNAT)** : il a été adopté par la lois 01-20 du 12-12-2001, c'est l'acte par lequel l'état algérien envisage d'assurer, dans un cadre de développement durable, le triple équilibre de l'équité sociale, de l'efficacité économique et de la préservation écologique à l'échelle du pays ; il comprend :
  - **Le Schéma Directeur d'Aménagement Touristique (SDAT)**
  - **9 Schémas Régionaux d'Aménagement du territoire (SRAT)**
  - **4 Schémas directeurs des 4 Aires métropolitaines (SDAAM)**
  - **Le Schéma Directeur d'Aménagement du Littoral (SDAL)**

Les quatre lignes directrices du SNAT 2030 tendent :

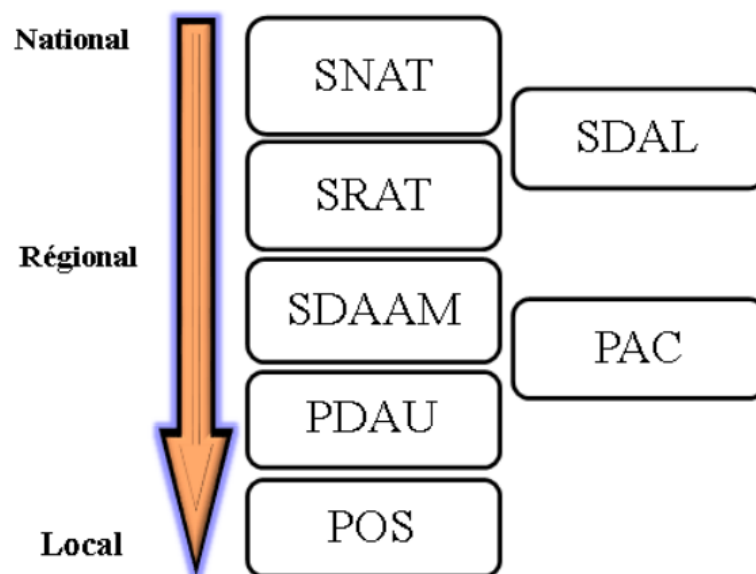
- ✓ Vers un territoire durable. A créer les dynamiques du rééquilibrage territorial.
- ✓ A assurer l'attractivité et la compétitivité des territoires.
- ✓ A mettre en œuvre l'équité territoriale. (ALLOUL AMI MOUSSA, 2015)

- **Le Plan directeur d'Aménagement et d'Urbanisme (PDAU)** : Le PDAU est un instrument de planification spatiale, il fixe les orientations fondamentales de l'aménagement des territoires concernés, il détermine la destination générale des sols, la nature et le tracé des grands équipements d'infrastructure.
- **Le plan d'occupation des sols (POS)** : En Algérie, le POS est un instrument d'urbanisme réglementaire procédant ; d'une politique de protection. Dans le respect des dispositions du PDAU, le POS fixe de façon détaillée les droits d'usage du sol et de construction pour le secteur concerné (KACEMI, 2013).
- **Le Plan d'Aménagement Côtier (PAC)** : est mis en place il comporte un ensemble de dispositions fixées relatives à la valorisation de l'espace côtier (MATET, 2005).

L'objectif principal du PAC de la zone algéroise est de développer une stratégie opérationnelle pour réduire les impacts négatifs du développement économique sur l'espace côtiers (ALLOUL AMI MOUSSA, 2015).

Le PAC s'est traduit par :

- La délimitation et la matérialisation physique du littoral, des zones naturelles d'intérêt écologique et des limites d'extension des agglomérations ;
- Le cadastre du littoral (état de fait environnemental et foncier) ;
- L'établissement du bilan écologique et l'identification des occupations et des atteintes au milieu.(KACEMI, 2013).



**Figure 11:** Échelles et instruments législatifs (RABEHI, 2018)

## 2.CONTEXTE D'ETUDE

Le littoral algérien s'étend sur 1 640 kilomètres. Il représente un écosystème fragile et constamment menacé de dégradation en raison de la concentration de la population, des activités économiques et des infrastructures le long de la bande côtière. En effet, environ les deux tiers de la population algérienne sont concentrés sur le littoral qui ne représente que 4% du territoire (GHODBANI ET SEMMOUD, 2010).

La croissance de la population algéroise se concentre principalement dans la zone côtière. En effet, cette dernière a connu d'importantes modifications et artificialisations durant ces dernières décennies (PAC, 2005).

L'évaluation et le suivi de l'état des massifs dunaires sont au cœur des initiatives actuelles de gestion, de conservation et de protection des milieux naturels aux échelles locales ou régionales, nationales et internationales (DEBAINE, 2012). La bande côtière se présente donc comme celle où les processus terrestres et les processus marins s'associent, mais surtout où ils sont masqués par des processus propres, qui résultent de leurs interactions. ( CONNAISSANCE ET GESTION DE L'EROSION DU LITTORAL, 2005).

Le développement durable de plusieurs activités humaines est lié au bon état de l'environnement naturel (PUENTE-RODRIGUEZ ET AL., 2015). Pour cette raison, toute dégradation de l'environnement aura inévitablement des conséquences sur le bien-être humain à plus ou moins long terme (THEBAULT, 2011). La vulnérabilité d'une zone côtière signifie le risque potentiel pour ses composantes écosystémiques d'être affectées par divers types de dommages si elles sont exposées à certaines pressions (HENRI, 2002).

Par conséquent, une zone vulnérable peut être définie comme une zone qui est à la fois sensible et exposée aux pressions anthropiques. Son degré de vulnérabilité dépend des degrés respectifs de sensibilité et de pression (DUTRIEUX ET AL., 2000).

Cette étude a pour but d'améliorer la connaissance du système côtier de façon générale et les espaces dunaires particulièrement. Elle se focalise en priorité sur la phase de déterminer le bilan surfacique de l'écosystème dunaire, mais ne néglige pas la réflexion sur les processus de fonctionnement. La zone d'étude est non seulement au cœur de cette problématique, mais elle est aussi un parfait exemple de cette dégradation qui observe un peu partout sur le littoral algérois.

3.LOCALISATION ET CHOIX DE LA ZONE D'INTERET

L'étude sur le risque d'érosion des dunes littorales en relation avec l'expansion urbaine porte sur la portion de côte de la Wilaya d'Alger comprise entre le port d'El Djamilia à l'Est au niveau la commune de Ain Benian et l'oued Mazafran à l'Ouest (limite de la commune de Zeralda) et une partie de la commune de Douaouda à cause de la réorientation de l'embouchure d'oued Mazafran (Figure 12). Avec un linéaire côtier de 30 km.

Elle se localise entre les latitudes 36°48'15" et 36°41'51" Nord, et les longitudes 2°55'03" et 2°48'07" Est. Notre zone comprend : une partie de la baie de Bouismail à l'ouest, et la baie d'El Djamilia à l'Est.

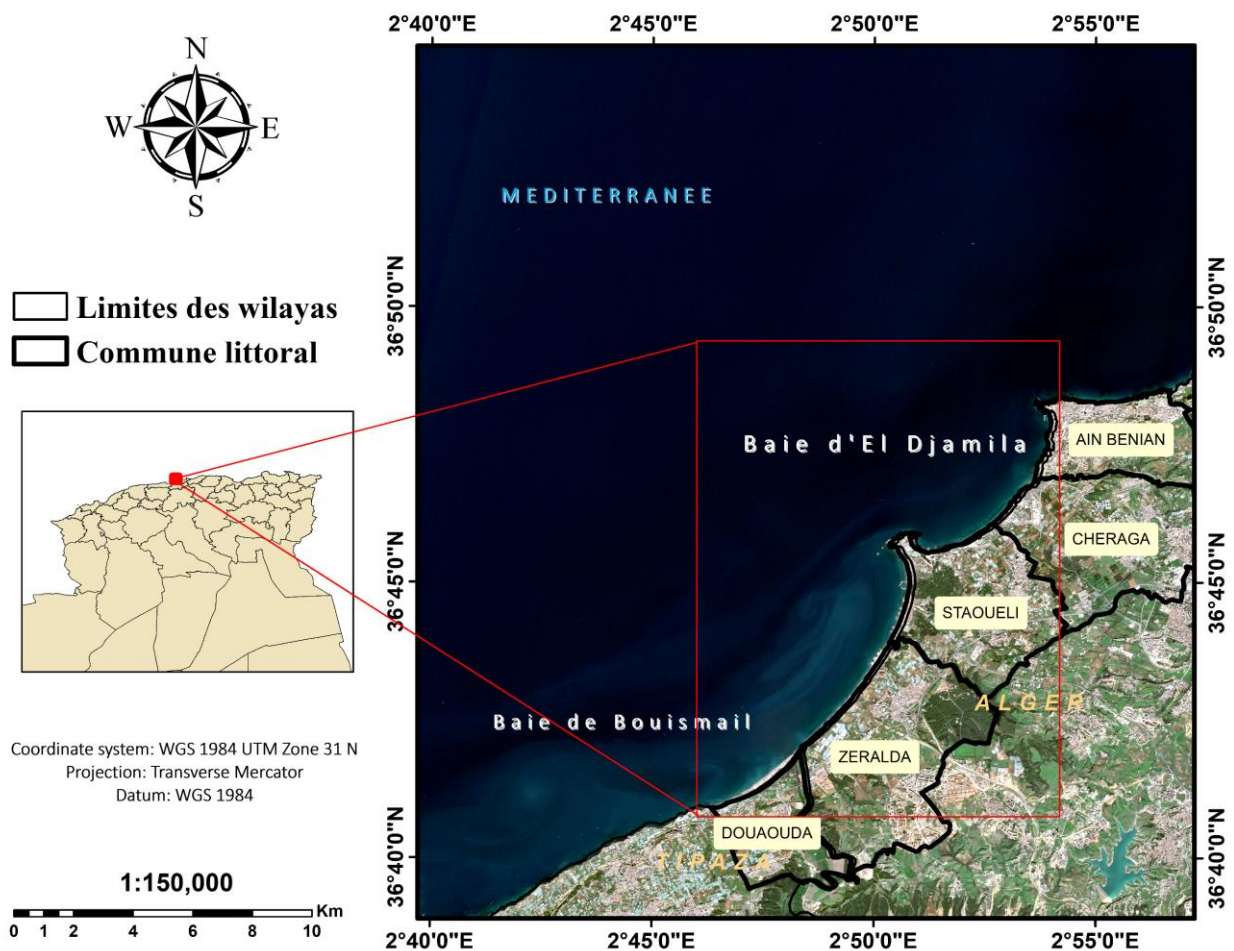


Figure 12: Situation géographique de la zone d'étude

Le fond de carte représente une image du satellite Sentinel 2 d'une résolution spatiale de 10 m, acquise en Janvier 2020

Le choix de cette zone est justifié par l'intérêt paysager particulier de cette région ainsi que par les différents types d'érosion causés majoritairement par les activités humaines, ces activités peuvent avoir des effets nuisibles sur la zone d'intérêt. Outre la dégradation de l'environnement, l'urbanisation du littoral donne naissance à des rapports conflictuels entre différents usagers.

De ce fait plusieurs travaux ont été réalisées au niveau d'autres zones. A travers l'identification des changements naturels affectant le rivage avec l'évolution de l'urbanisation de la côte (GHODBANI ET SEMMOUD, 2010) ; mettre en lumière le décalage entre le discours des sphères politiques et la gestion effective par les acteurs locaux (KACEMI, 2006) ;détermination de la dégradation continue sur le plan bathymétrique et surfacique (BELLABAD, 2020) et la quantification spatiale des impacts négatifs de l'urbanisation sur le milieu côtier (OTMANI ET AL., 2019) .

Et d'autres travaux au niveau de notre secteur d'étude afin d'effectuer un suivi d'évolution surfacique des cordons dunaires (BOUNOUA ET KACI, 2017), évaluer les états de vulnérabilité (BOUKHEDICHE, 2017), l'évolution du risque d'érosion à travers la morpho -dynamique des plage (YAHIAOUI, 2017).

Ce travail vise à déterminer pour la première fois le bilan surfacique de l'écosystème dunaire dégradées de la région ouest d'Alger en fonction des épisodes d'urbanisation. En vue d'obtenir une thématique complémentaire a les anciennes travaux pour assurer une meilleure restructuration de la zone.

---

## *CHAPITRE II*

### *Diagnostic physique et interaction de facteurs*

---

## 1. ETUDE CLIMATIQUE

Le taux d'érosion le plus élevé est étroitement lié aux événements tempétueux du climat et aux forçages hydrodynamiques dont l'étude est basée en général sur les précipitations, la température du climat et les paramètres du vent en provenance du continent et du large qui ont un rôle sur la morpho-dynamique des plages et des dunes. En effet, la sédimentation et les transports sédimentaires en mer et sur la côte sont fortement liés aux facteurs hydrodynamiques et bioclimatiques, car les transports cross-shore et long-shore engendrent respectivement des modifications dans le profil de la plage et la ligne du rivage afin d'atteindre un équilibre avec les nouvelles conditions hydrodynamiques. Dans la bande côtière de notre zone d'étude, le climat est typiquement méditerranéen, avec des hivers doux et pluvieux et des étés chauds et ensoleillés.

Une étude interannuelle et mensuelle des données climatiques (vent, température et précipitation) du climat local s'est effectuée à la base des données disponibles au niveau du site « NSRDB Data Viewer ». Cette étude a commencé à partir de 1988, et ceci sans discontinuité jusqu'en 2020, pour évaluer la variabilité interannuelle des processus d'érosion des plages et processus d'engraissement qui jouent un rôle important dans l'évolution de la morphologie côtière.

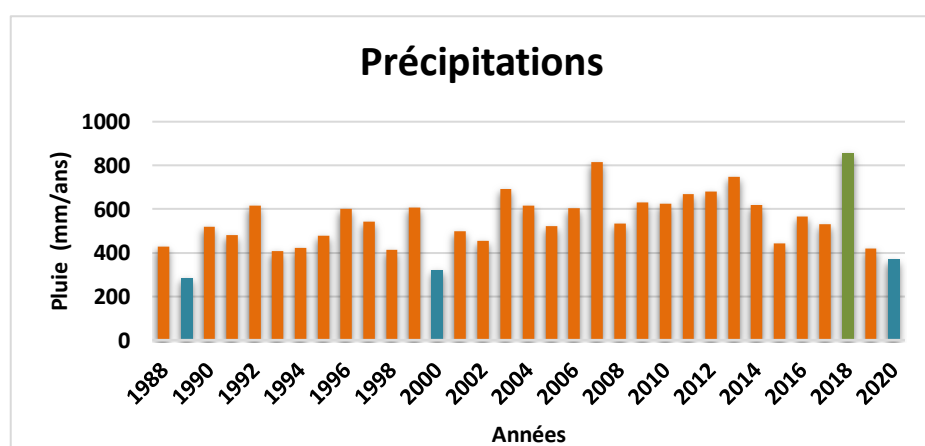
### 1.1 Les précipitations :

Les précipitations sont le principal facteur climatique qui détermine les régions menacées par la dégradation des sols et par une éventuelle désertification (OMM, 2005).

La majorité des études et analyses portent sur la précipitation bien plus que sur d'autres paramètres du climat, elle caractérise l'impact de la variabilité climatique sur les régimes pluviométriques saisonniers et devient primordiale pour proposer des solutions adaptées aux projets de développement.

#### 1.1.1 Variation annuelle

L'analyse des Variations des moyennes annuelles des précipitations sur la période entre 1988 et 2020 révèle une variation dans le régime pluviométrique qui tourne autour de 600 mm entre (1988, 2006) et entre (2008, 2017) (**Figure 13**), avec des pics qui dépassent les 800 mm en 2008 et 2018 qui sont des périodes d'étiage, ceci peut traduire une possibilité d'arrachement et d'apport de matériaux via les cours d'eau, pour reprendre le régime habituel en 2008 et 2019.



**Figure 13:** Variation des moyennes annuelles des précipitations (1988\_2020)

1.1.2 Variation mensuelle :

La région d'étude est soumise à un climat méditerranéen, caractérisé par des pluies très importantes En automne et surtout en hiver ; souvent avec des régimes orageux.

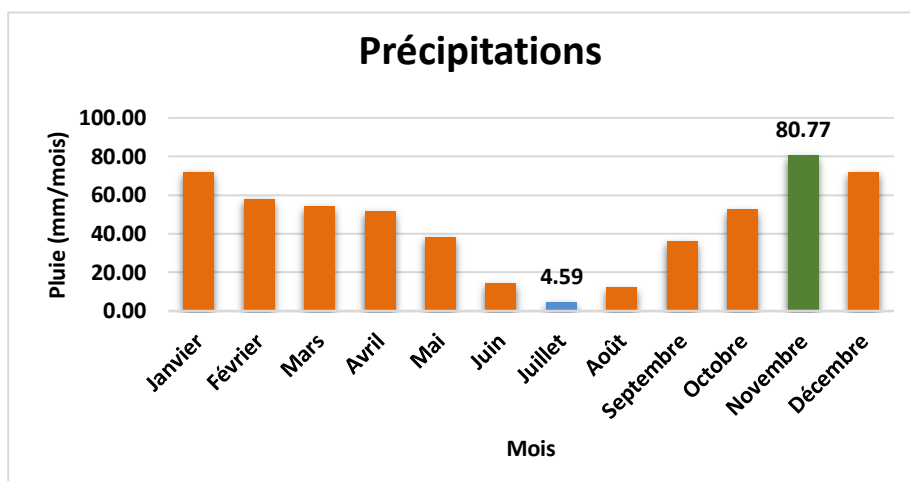


Figure 14: Variations de moyennes mensuelles des précipitations (1988-2020)

L'analyse de ces dernières données (Figure 14) met en évidence :

- Une période pluvieuse allant d'Octobre à Mars avec des valeurs mensuelles comprises entre 80,77 et 51,54 mm. Globalement, les mois les plus pluvieux sont Novembre et Décembre avec des cumuls mensuels de l'ordre de 80,77 et 72 mm. Ces pluies hivernales sont le plus souvent courtes et intenses.
- Une période sèche s'étalant sur le reste de l'année, c'est-à-dire du mois de Mai au mois de Septembre où les précipitations sont rares avec des valeurs mensuelles comprises entre 38,08 et 4,59 mm.

1.2Température :

L'analyse de la moyenne mensuelle des températures (Figure 15) montre que le mois d'Aout est le mois le plus chaud avec une moyenne de 26,54°C alors que le mois de Janvier est le mois le plus froid avec les températures moyennes n'excédant pas 11,90°C.

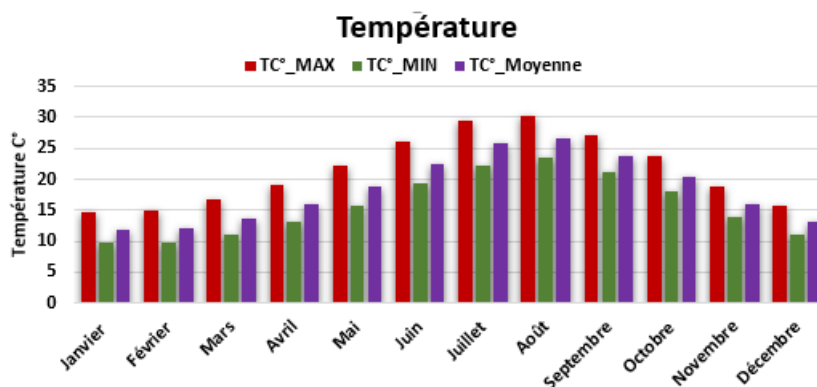


Figure 15: Les variations mensuelles des températures (1988-2020)

### 1.3 Synthèse climatique :

Cette zone est caractérisée par un climat de type méditerranéen avec des étés chauds et secs et des hivers tempérés doux et humides.

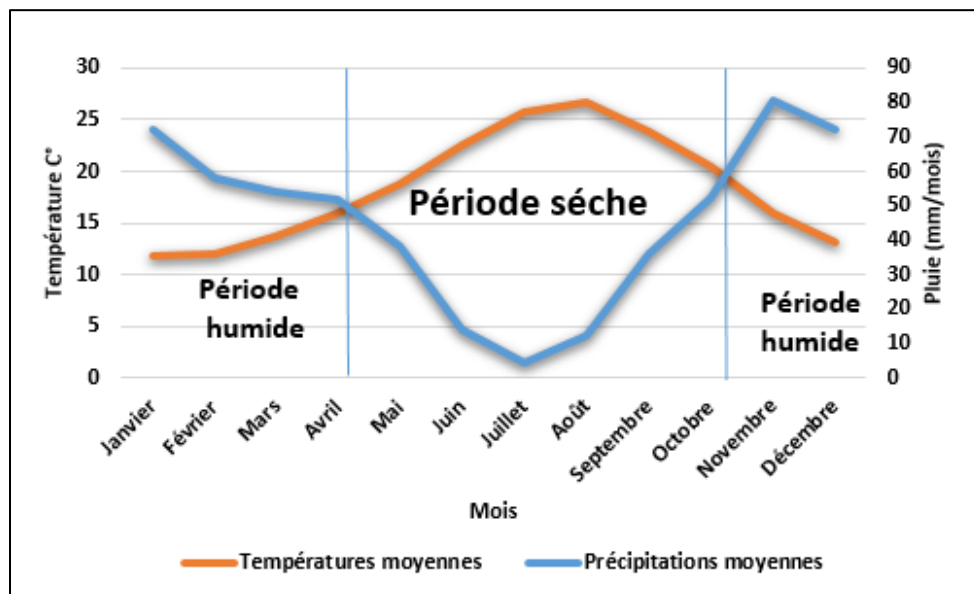


Figure 16: Diagramme Ombrothermique (NSRDB Data Viewer, 1988/2020).

Pour

déterminer le bioclimat d'une région, EMBERGER (1955) a institué un quotient pluviothermique  $Q_2$  valable pour les climats de type méditerranéen (HELALI ET MOUSSAOUI, 2016).

$$Q_2 = 1000 * P / (M - m) * (M + m)$$

Ce quotient a été modifié par STEWART (1969) en

$$Q_3 = 3,43 * P / (M - m)$$

- $Q_2$  : Quotient pluviothermique annuel (en mm).
- $P$  : Précipitation annuelle moyenne (en mm).
- $M$  : Moyenne des maximales des mois les plus chauds (en C°).
- $m$  : Moyenne des minimales des mois les plus froids (en C°).

Pour définir l'étage bioclimatique de notre région d'étude, nous avons utilisé le climagramme pluviothermique de **Sauvage (1963)** qui combine deux paramètres climatiques. L'axe des ordonnées représente les valeurs du quotient ( $Q_3$ ) et sur l'axe des abscisses figurent les valeurs de température minimale ( $m$ ) du mois le plus froid. Sur ce climagramme nous avons **cinq étages** bioclimatiques :

**Saharien, aride, semi-aride, subhumide et humide**

Ces derniers sont divisés en sous étages (inférieur, moyen et supérieur) puis en variantes thermiques en fonction de la valeur de (m) :

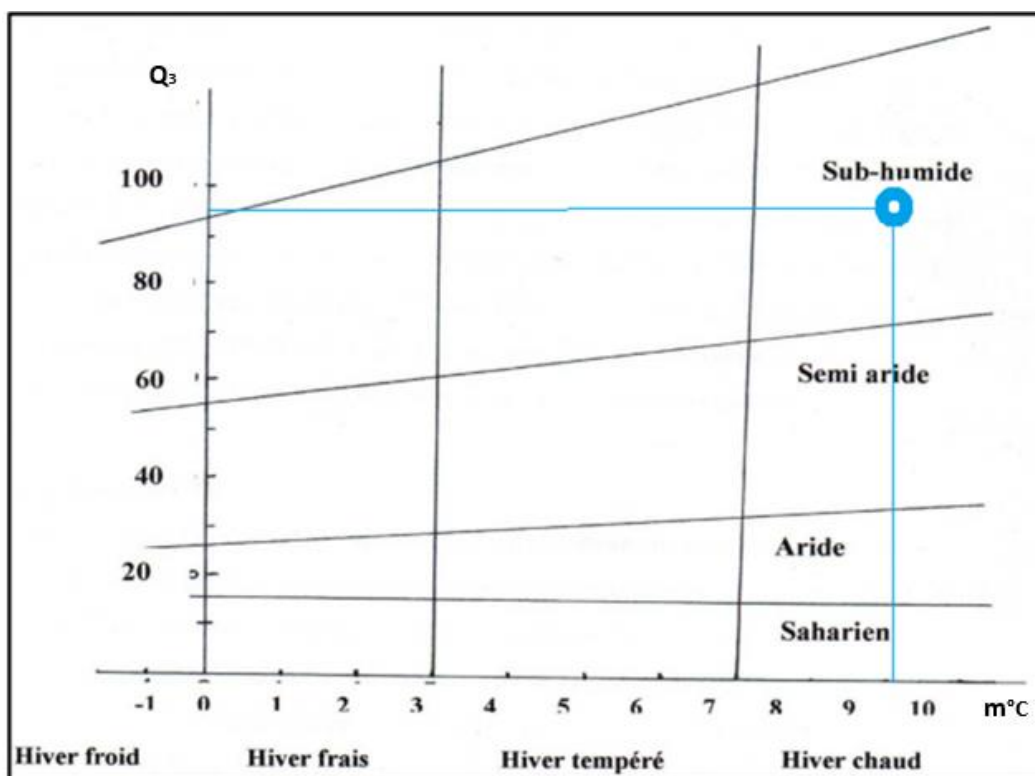
$0^{\circ} < m < -3^{\circ}$	Froid
$+3^{\circ} < m < +7^{\circ}$	Tempéré
$0^{\circ} < m < +3^{\circ}$	Frais
$m > +7^{\circ}$	Chaud

La valeur du quotient pluviométrique d'EMBRGER Q3 est égale à **90,59**

Suivant le climagramme d'EMBERGER (**Figure 17**) la zone d'étude possède un **climat subhumide chaud supérieur**.

**Tableau 2:** Données d'entrée pour le calcul du quotient pluviométrique d'EMBRGER

Variable	P	M	m	Q3
Valeur	545,68mm	30,32 C°	9,66 C°	90,59



**Figure 17:** Localisation de la région d'étude dans le climagramme d'EMBERGE

### 1.4 Les vents :

Pour les zones côtières, la compréhension des conditions de vent est extrêmement importante. En effet, ils génèrent des vagues et des courants de surface, et leur influence augmente avec leur vitesse.

Les vents par leurs fréquences et leurs intensités sont à l'origine d'importantes quantités de sables mobilisées, déplacées et déposées le long de la côte. Ils jouent donc un rôle considérable dans l'évolution géomorphologique des milieux littoraux, surtout les côtes basses d'accumulation (BENSALAH,2016).

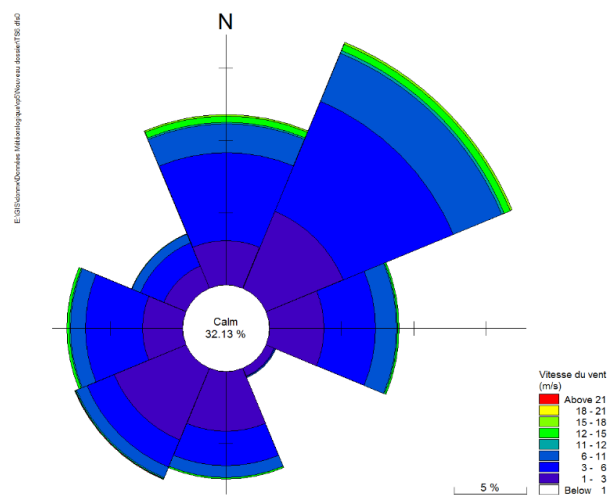
L'analyse du régime des vents locaux des dernières années est effectuée à partir de 02 sources de données météorologiques afin de valider la fiabilité des sources :

- Des données windguru de la station **Algiers** de 2005 à 2016.
- Des données du site internet **windfinder** ; qui met à disposition des statistiques des vents entre 2012 et 2016, à partir d'enregistrements infra-journalières (chaque trois heures) de 7 h à 19 h au niveau de la station « Port d'Alger » (**1. Annexe I : DONNEES DE LA DIRECTION DU VENT**).

L'analyse statistique des données du vent nous a permis de déterminer les fréquences d'apparition des vents par secteurs à deux échelles : annuelle et saisonnière.

#### Echelle annuelle :

L'analyse statistique des données issues du site Windguru (**Figure 18**: Répartition annuelle des vents en pourcentage (%)) (Données Windguru, Station Alger Port, (entre Mai 2006 -Mai 2017)) nous a permis de déterminer 3 directions dominantes dans notre secteur à savoir la direction N E NE et cette dernière présente la direction la plus pénalisante pour notre secteur.

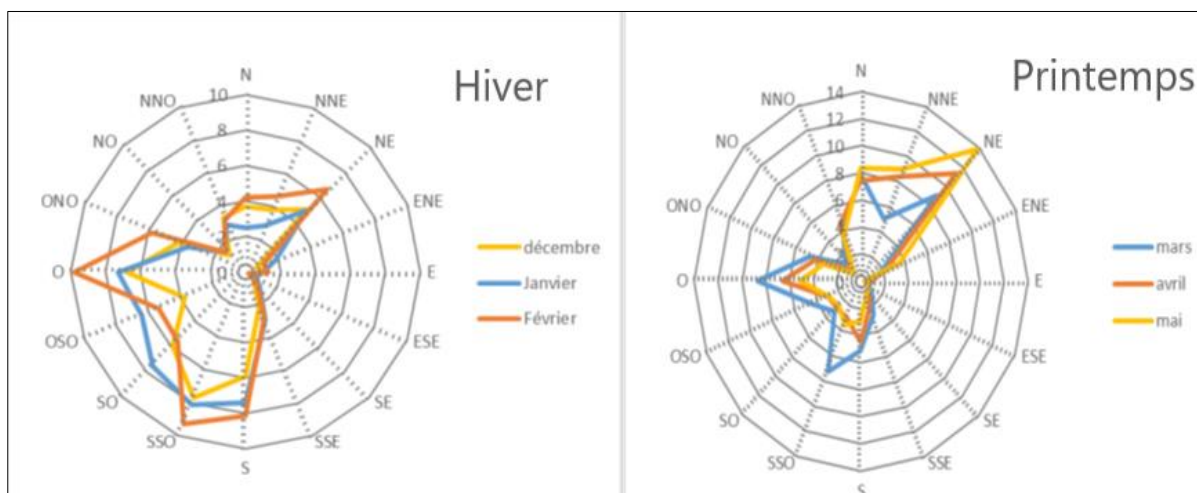


**Figure 18:** Répartition annuelle des vents en pourcentage (%) (Données Windguru, Station Alger Port, (entre Mai 2006 -Mai 2017))

**Echelle saisonnière :** Détermine l'abondance de deux régimes hivernale et estivale.

**La période hivernale (Hiver et printemps) :**

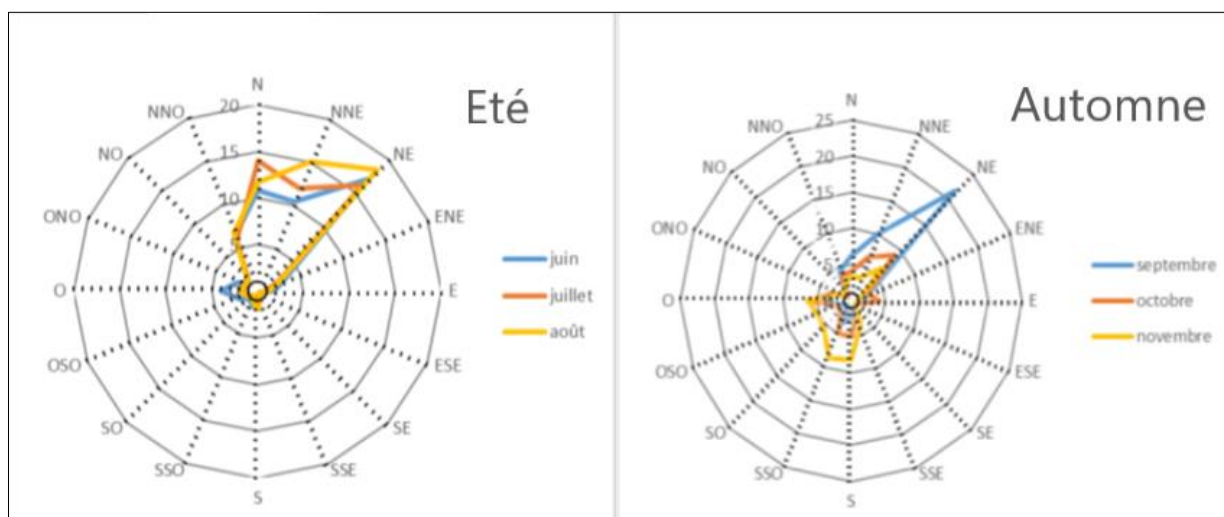
Les vents dominant proviennent des secteurs O à NO avec une fréquence de 8 % et un champ de vitesse moyenne de 3 à 9 m/s avec une fréquence de 37 %. Cette période est caractérisée par l'apparition des vents de tempêtes avec des vitesses supérieures à 12 m/s d'une fréquence moyenne de 3 % (**Figure 19**).



**Figure 19:** Roses des vents de la période hivernale : station Algiers (Données windguru, 2005-2016)

**La période estivale (Eté et automne) :**

Les vents qui dominent sont de secteur NE à NNE avec une fréquence d'apparition de 12,63 %, le champ de vitesse et de 3 à 8 m/s avec une fréquence de 40,24 % **Figure 20**.



**Figure 20:** Roses des vents de la période estivale : station Algiers (Données windguru, 2005-2016)

**1.5 Discussion des résultats et Intérêt :**

Notre zone d'étude est caractérisée par un climat typiquement méditerranéen avec des étés chauds et secs (les températures sont plutôt uniformes), et des hivers doux et pluvieux. Les précipitations sont abondantes et parfois diluviennes, avec des fréquences d'apparition des vents qui varient considérablement. Ces vents peuvent être générateurs de tempêtes sur la côte Cela peut refléter la possibilité d'arrachement et d'apport de matériaux via les cours d'eau et /ou d'érosion, au niveau des dunes et des plages.

2.ETUDE HYDROGRAPHIQUE

La connaissance de la provenance des eaux irriguant la zone d'étude ainsi que leurs principales caractéristiques (origine, débit liquide et solide, pente, dimension de bassin versant, etc.) constitue un élément primordial pour déterminer le chemin et la quantité de sédiments arrachés et transportés jusqu'aux zones d'embouchures.(BELLABAD, 2020)

Le réseau hydrographique de la côte Ouest algéroise est constitué essentiellement de deux cours d'eaux importants qui affectent la morpho-dynamique côtière : oued Mazafran qui représente la limite ouest de la zone d'intérêt et oued Beni Messous au centre de la baie d'El Djamila (BOUKHEDICHE, 2017).le reste du réseau hydrographique est saisonnier (Oued Aguar, Oued Bousagar, Oued Fouara) (Figure 21).

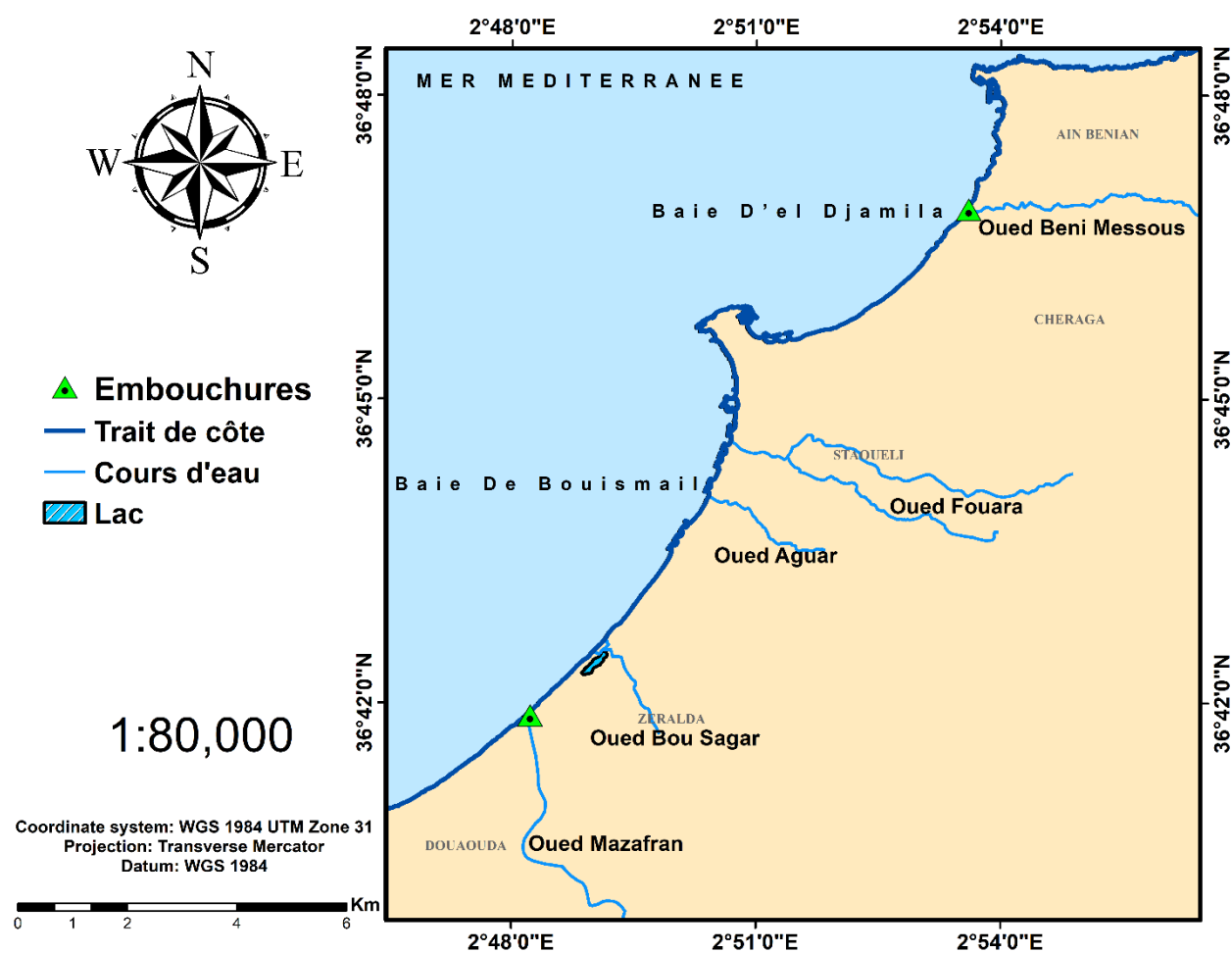


Figure 21: Réseau hydrologique de la zone d'étude

2.1 Inventaire des cours d'eau et sources d'alimentation :

Tableau 3: Les caractéristiques des Oueds de la côte Ouest algéroise.

Oued	Critères			Description
	Apports solides (moyenne annuelle) (t/Km <sup>2</sup> /an)	Longueur du principal cours d'eau (Km)	Superficie du bassin versant (Km <sup>2</sup> )	
L'oued Mazafran	1610	99	1889	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Le bassin versant de l'oued Mazafran (y compris les affluents) est l'un des plus importants bassins du côtier Algérois, d'après la subdivision des bassins faite par l'ANRH. Il occupe la partie centrale de la Mitidja.</li> <li>- Les reliefs du bassin versant du Mazafran montrent des zones où les pentes sont assez importantes, qui vont influent sur la vitesse d'écoulement du cours d'eau.</li> <li>- Le bassin du Mazafran est découpé en 3 sous bassins : bassin Djer-Bouroumi, bassin de la Chiffa et bassin du Mazafran proprement dit.</li> <li>- L'oued Mazafran possède trois principaux affluents qui sont : l'oued Djer, Le Bou Roumi et La Chiffa. Tous ces oueds prennent leur source dans l'Atlas Tellien, et traversent la plaine de la Mitidja suivant une direction généralement ouest-est.</li> <li>- Le bassin versant de l'oued Mazafran s'étale sur 3 wilayas : à l'Est la wilaya d'Alger, au Sud la wilaya de Blida et Médéa et à l'Ouest la wilaya de Tipaza.</li> <li>- L'oued Mazafran est caractérisé par un débit permanent et des périodes de crues en hiver et une période d'étiage durant l'été.</li> <li>- Les principales activités dans ces régions sont l'agriculture, l'activité industrielle et le tourisme.</li> <li>- Il se débouche dans la baie de Bouismail et joue un rôle primordial dans son évolution morphologique.</li> </ul>
L'oued Beni Messous	200	12	33	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Le bassin versant de l'oued Beni Messous est relativement réduit, et l'oued descend du massif de Bouzaréa avec un impact important sur la zone.</li> <li>- Pour les reliefs de ce bassin montre des zones où les pentes sont réduites (3%).</li> <li>- L'oued Beni Messous possède l'oued Defla et l'oued Bainem.</li> <li>- Les principales activités dans cette partie sont l'activité industrielle (STEP) et le tourisme.</li> <li>- Son embouchure se trouve à la plage d'El Bahdja au niveau la plage des Dunes entre la commune de Ain Benian et Cheraga, son embouchure est à environ 2Km à l'ouest du port d'El Djamila, avec un débit faible et permanent.</li> </ul>

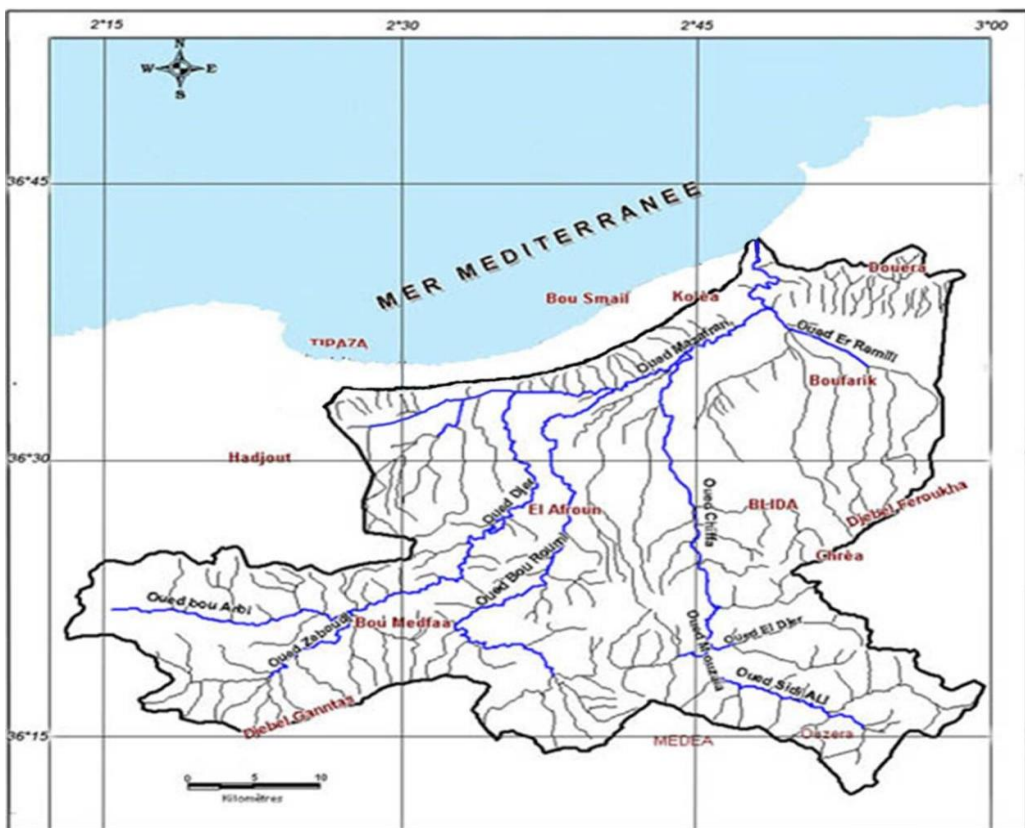


Figure 23: Carte thématique du bassin versant d'oued Mazafran et son réseau hydrographique (BOURAS ET ALI EDDINE, 2012)

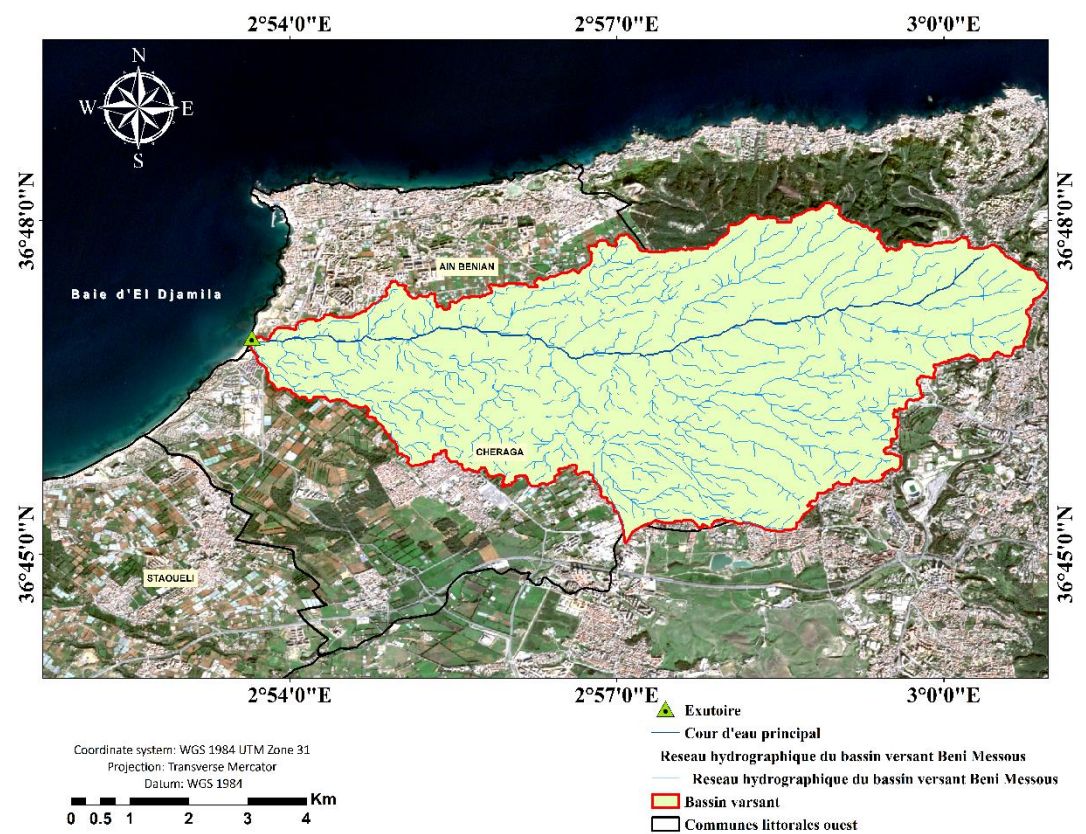


Figure 22: Carte thématique du bassin versant d'oued Beni Messous et son réseau hydrographique

## 2.2 Evaluation des flux sédimentaires (débits liquide et solide de l'oued Mazafran) :

## 2.2.1 Cadre sédimentologique :

## Partie 01 : Baie D'El Djamilia

La sédimentologie de cette zone montre différents types de granulométrie. Cependant, c'est le sable fin du large qui domine la baie d'El Djamilia. Régulièrement, ce sable forme une bande le long du bord de la côte, jusqu'à une profondeur de 10 m.

La principale dérive côtière causée par la houle du nord-ouest génère une dynamique importante, transportant les sédiments vers l'est le long de la côte. Les courants de retours absorbent les sédiments déposés latéralement dans l'océan. Cela conduira à la formation d'un environnement hétéro-gène à grain plus fin dans des zones extracôtières plus profondes pour envaser la péninsule de Sidi-Fredj (TARMOUL, 2014).

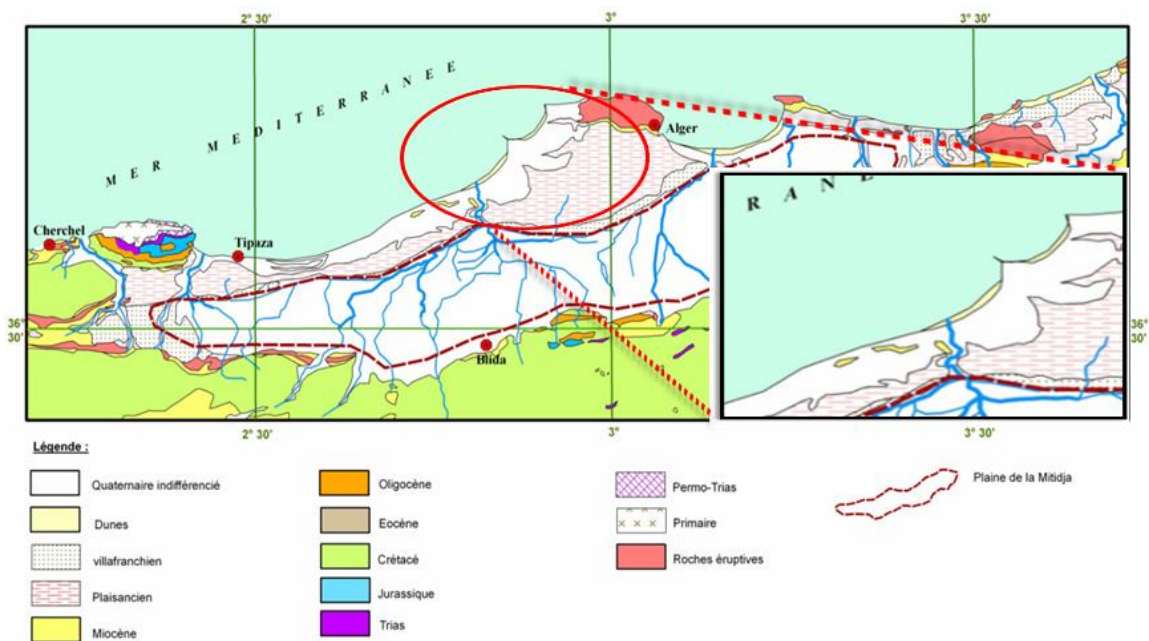


Figure 24: Carte géologique de la plaine de la Mitidja (PNE, 2010).

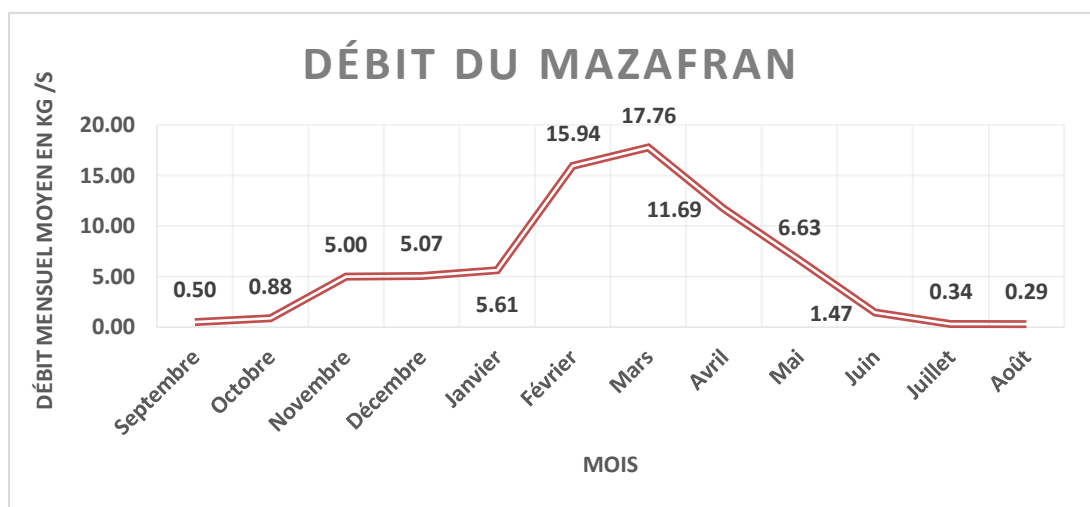
- **Vases** : quasiment absentes dans la baie d'El Djamilia. Elles apparaissent au large de la presqu'île de Sidi Fredj et forment une bande qui s'étale progressivement entre Zeralda et Bouismail (Figure 24).
- **Graviers envasés** : au niveau de l'embouchure de l'oued Béni Messous et s'étendent vers l'ouest de Bouismail (RABEHI ET RAHAL, 2011). Ils s'étendent entre 15 et 150 m de profondeur et sont inexistantes dans le secteur Est de la baie d'El Djamilia (TARMOUL, 2014).
- **Sables fins envasés** : occupent les fonds entre 15 et 60 m de profondeur au large de la presqu'île de Sidi-Fredj (TARMOUL, 2014).

### 2.2.2 Flux sédimentaire :

En conditions naturelles, les cours d'eau présentent un écoulement d'eau mais aussi transportent de la matière solide. Ils établissent une combinaison entre des variables de contrôle : la puissance (pente et débit) ou flux d'eau et la charge solide (volume, taille des sédiments) ou flux de sédiment et des variables de réponse : morphologie, variation des profils en long et en travers, sinuosités, faciès (HENRY, 2016). Dans ce cas une étude du bassin versant d'oued Mazafran a été effectuée pour suivre l'évolution des phénomènes d'érosion de la côte, l'aggravation de la dégradation des ressources dunaires ; due aux activités anthropiques remarquable et la superficie importante de son bassin versant donc une grande quantité d'apport solide.

#### DEBIT SOLIDE :

Les valeurs du débit solide moyen annuel, ainsi que les valeurs des apports solides moyens annuels ont été obtenues par l'ANRH :



**Figure 25:** Variation mensuelle du Débit solide d'oued Mazafran (ANRH) (2003\_2012)

Les débits de l'oued Mazafran augmentent progressivement en période hivernale et diminuent en période estivale par endroits au fur et à mesure qu'on s'approche de la zone alimentation de l'oued.

Le transport des sédiments et les processus de dépôt et d'érosion permettent au cours d'eau d'ajuster sa morphologie par rapport aux variables de contrôle. L'écoulement, via son débit liquide et la pente du cours d'eau, dispose d'une puissance permettant de transporter un certain débit solide. Si le débit liquide augmente, l'équilibre sera retrouvé via une augmentation du débit solide et/ou de la pente suite à de l'érosion (HENRY, 2016).

### 2.3 Corrélation entre le flux sédimentaire et le degré de précipitation :

L'analyse des Variations des moyennes annuelles des précipitations sur la période entre 1988 et 2020 (**Annexe III**) révèle une variation dans le régime pluviométrique qui tourne autour de 600 mm entre (1988, 2006) et entre (2008, 2017), avec des pics qui dépassent les 800 mm en 2007 et 2008 sont des périodes de crues, cela peut traduire une possibilité d'arrachement et d'apport de matériaux via les cours d'eau, aussi l'étude marque des périodes d'étiages en 1989 et 2000 qui résulte de la sécheresse des terres agricoles et la dégradation de la couverture végétale qui fixe les dunes, pour reprendre le régime habituel en 2008 et 2019.

En Septembre jusqu'à Novembre on constate une augmentation pluvieuse ; La succession de ces crues générées durant cette période de l'année a charrié la quasi-totalité des sédiments en suspension. Les crues qui surviennent en hiver n'ont pas un impact érosif comparable à celui des deux autres saisons, cela s'explique par le fait que des quantités importantes de particules solides ont été transportées par les premières crues d'automne. Elles contribuent beaucoup plus à la reconstitution des nappes aquifères et participent au soutien des écoulements de surface jusqu'au mois de juin. L'été reste une saison sèche avec un transport quasi nul.

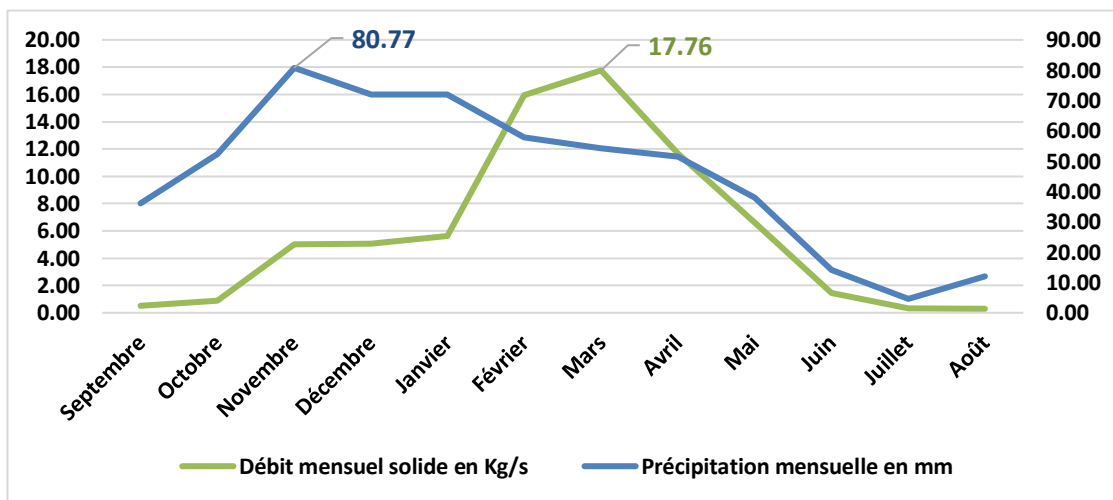
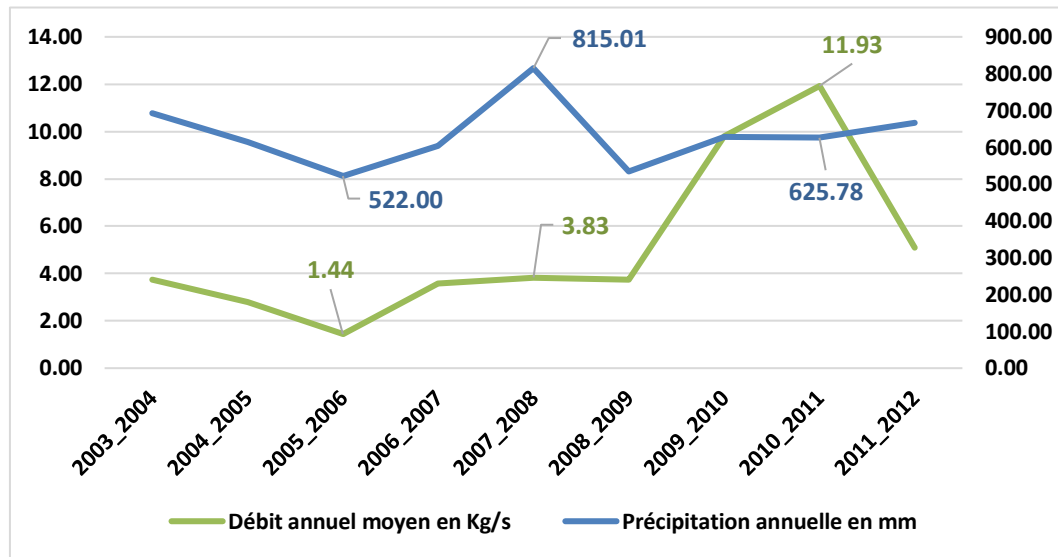


Figure 26: Variation mensuelle du débit solide et régime pluviométrique

Le régime hydraulique de l'Oued Mazafran est marqué par un long étiage de juin jusqu'au début de décembre avec des débits voisins de zéro (**Figure 26**). Pendant cette période, l'embouchure est fermée par un cordon littoral sableux au travers duquel les communications avec la mer se limitent aux phénomènes de percolation.

Le débit annuel solide est très variable et cela est dû à la variabilité spatio-temporelle des précipitations. On remarque que l'année 2005 a été celle qui a charrié un débit très faible Avec une concentration moyenne annuelle de 1,44Kg/s, par contre l'année 2010 a été celle qui a charrié le plus grand apport solide de toute la série d'étude (**Figure 27**).



**Figure 27:** Variation annuelle de Débit solide d'oued Mazafran (2003\_2012)

Donc le régime hydrologique de l'Oued Mazafran se caractérise donc par un long étiage de 6 mois et des crues d'hiver et de printemps soudaines, fortes et rapides. Le débit moyen annuel est très largement variable au cours de l'année hydrologique ; ce qui souligne bien le caractère fondamentalement irrégulier du climat.

Au final, une forte variabilité interannuelle des apports solides a été constatée donc une capacité d'érosion de système dunaire qui diffère entre les périodes humides et sèches. Il apparaît donc que le débit de l'Oued Mazafran est étroitement dépendant du régime pluviométrique.

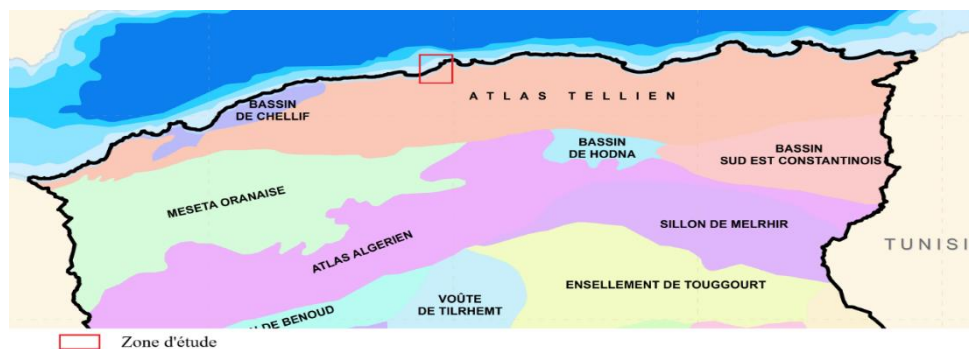
### 3. ETUDE GEOMORPHOLOGIQUE ET GEOLOGIQUE

La connaissance de la géologie et de la géomorphologie locale d'un site permet de définir sa sensibilité face aux agressions marines. L'analyse de cet aspect est nécessaire dans le diagnostic de la zone d'étude, car elle permet de comprendre les différents phénomènes d'érosions et d'altérations contrôlant d'une manière ou d'une autre les quantités sédimentaires rejetées en mer. (OTMANI, 2014)

#### 3.1. Cadre géologique :

Quatre domaines morpho structuraux, du Nord au Sud, caractérisent la géologie de l'Algérie (AOUDIA ET AL., 2000) : l'Atlas tellien, les Hauts plateaux, l'Atlas Saharien et la Plate-forme Saharienne. Notre zone d'étude fait partie du l'Atlas tellien (**Figure 28**).

L'Atlas tellien se présente comme une série de montagne et de vallées parallèles à la côte ayant une direction E-W à NE-SW. Il comprend des systèmes de failles et de plis. (BOUDIAF, 1996)



**Figure 28:** Carte de situation des bassins sédimentaire de l'Algérie

#### 3.1.1 Géologie régionale :

Ce domaine interne fait partie du côté occidental du grand ensemble régional du Sahel algérois qui s'insère dans un cadre régional beaucoup plus vaste appelé « l'Algérois ». Ce dernier regroupe plusieurs entités morpho-structurales :



**Figure 29:** Carte des grands ensembles géomorphologiques de l'Algérois (données SRTM data, image traitée sous MapInfo) (BELGAID, 2014)

- **Le massif d'Alger :** Connu également sous le nom du massif de la *Bouzaréah*, ce dernier est d'orientation E-W et s'étend depuis le NE de Bab El Oued à la forêt de Bainem sur une longueur de 20 Km et une largeur de 6 Km. Ce massif culmine à 407m et se distingue par sa

topographie très accidentée et par son contact abrupt avec la mer. Ses pentes peuvent atteindre 25% vers le Sud et le Sud- Est tandis qu’au Sud-Ouest. Les cours d’eau sont généralement courts et intermittents.

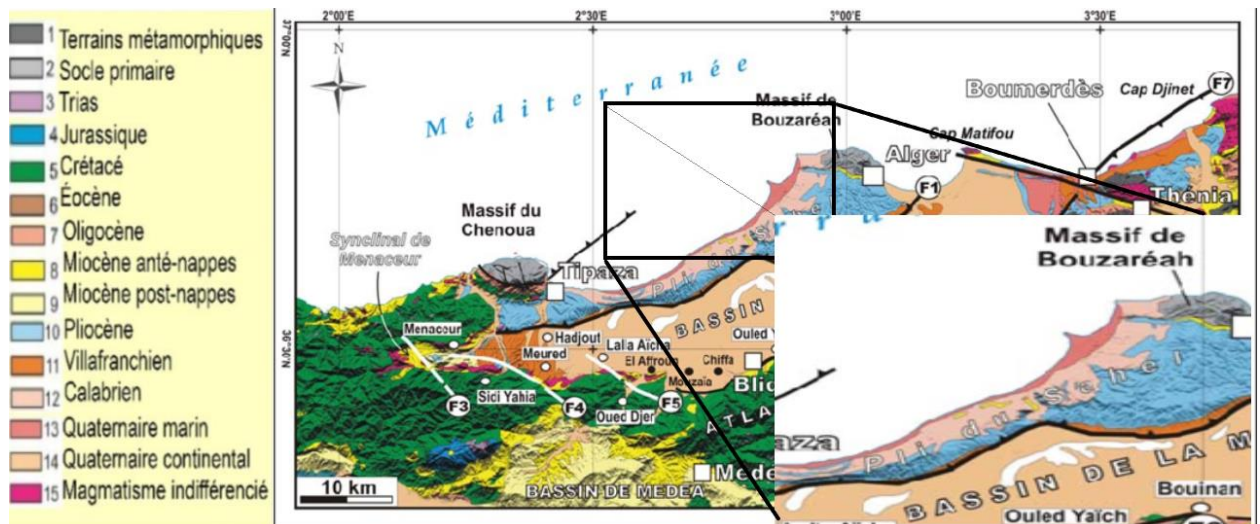
- **La plaine de la Mitidja :** Le bassin quaternaire de la Mitidja est un synclinal, de même direction que le Sahel, la Mitidja est une longue dépression qui s’étend sur 120 Km de longueur et 15 Km en moyenne de largeur. Elle est localisée entre le Sahel au Nord, les massifs de Blida au Sud. (**Figure 29**)
- **Le Sahel :** Le mot Sahel signifiant littoral, représente tout partie plat ou légèrement ondulé, peu élevé, bordant la mer. Et notre zone d’étude fait partie à Cette structure géologique. L’anticlinal du Sahel d’Alger s’étend sur environ 80 km. Cette dernière correspond à l’ensemble des collines qui séparent la plaine de la Mitidja de la Méditerranée depuis l’Oued Réghaia à l’Est jusqu’à l’Oued Nador à l’Ouest.

**Le Sahel occidental d’Alger :** C’est un plateau ondulé et très raviné qui s’appuie au Nord contre le massif de Bouzaréah. A l’Est du Mazafran, le Sahel s’élargit avec deux grandes directions anticlinales :

- ✓ La direction WSW-ENE depuis le Mazafran, passe par Mahelma et au Sud de Douéra-Khraicia,
- ✓ La direction SW-NE passe entre Douéra et Souidania et à l’Est de Béni Messous.(BELGAID, 2014)

**3.1.2Géologie locale :**

La région ouest algéroise est formée de roches métamorphiques (micaschistes, gneiss et calcaire). Les affleurements de la région sont des formations d’âge Pliocène et Quaternaire (**Figure 30**). Ils font partie du massif de Bouzeréah.(RABEHI ET RAHAL, 2011)



**Figure 30:** Carte géologique de la zone d'étude.

(Source : carte morpho-géologique du bassin de la Mitidja et ses environs, données topographiques SRTM-3 et carte géologique d’Algérie au 1/500000,2012, modifié)

- D'après SOGREAH, (2010), le faciès du **Quaternaire** marin, largement représenté tout le long du littoral, présente une succession de couches qui débutent par :
  - Un calcaire coquillier (connue aussi sous le nom de *lumachelle*),
  - Un grès et les dépôts de plage (qui terminent l'épisode marin)

Les dépôts dunaires, plus lapidifiés (terrasses plus récentes). Les dépôts marins peuvent atteindre 10 mètres d'épaisseur alors que les dépôts éoliens atteignent une trentaine de mètres d'épaisseur.

Le sahel est formé par des terrains néogènes d'âge Mio-Plio-Quaternaire, composés de marnes bleues ou grises recouvertes, localement, par des couches gréseuses ou sableuses.

- **Calabrien** : On distingue le Calabrien qui correspond à des formations argilo-sableuses, fossilifères qui surmontent le faciès astien, et le dépôt marin, formé par une dalle lumachellique (s'individualise du faciès Astien) massive et indurée avec des intercalations de lits sableux à graviers et galets.
- **Le Sicilien** : Les séries siciliennes reposent sur les marnes bleues plais-anciennes surmontées par des formations continentales formant la dune sicilienne de faciès gréseux avec des intercalations grésolo-limoneuses (paléosols), ces dépôts peuvent atteindre 30m d'épaisseur (SAOUDI, 1989).
- **Le Tyrrhénien** : Les formations retrouvées le long du littoral font partie du Néotyrrhénien constituées à la base par des dépôts de lumachelles à pétoncles, surmontés par une formation dunaire consolidée alternée de paléoso.

La formation limoneuse du Mazafran : qui s'étend le long de la cluse du Mazafran, ces limons atteignent leur épaisseur maximale à proximité 60 m.

➤ **Le Pliocène:**

- a) **Le Plaisancien** : formé par une série de marnes bleues (riche en micro-organismes et pauvre en macro-fossiles).
- b) **L'Astien** : le passage du plaisancien vers l'Astien se fait par l'intermédiaire d'un niveau de glauconie d'épaisseur de 100 m à 200m. Elle est formée par :
  - Le faciès marno-sableux.
  - Le faciès calcaireux-gréseux constitué des dalles plus au moins calcaires ou gréseuses.
  - Le faciès mollassique (correspondant à un faciès récifal ou subi-récifal).
  - Le faciès gréseux et sableux caractérisé par deux types de dépôts (marin ou continental).

➤ **Les faciès d'âge Miocène** : est composé par des marnes gréseuses riches en microfaune.

➤ **Socle primaire** : affleure principalement à Alger et au Chenoua (**Figure 30**) Elle est constituée d'un socle gneissique fortement métamorphique (gneiss ocellé, gneiss fin), surmonté par une série de schistes satinés faiblement métamorphiques, quant à la formation du secondaire, elle est caractérisée par des calcaires et les grés.

### 3.2. Cadre géomorphologique :

La bande littorale de la baie d'El Djamila se caractérise par : Des plages sableuses très développées près du port de Sidi Fredj (jusqu'à 90m de largeur), elles se réduisent progressivement jusqu'à disparaître à la plage Moretti. Plus à l'est on ne rencontre que des criques individualisées par leurs affleurements rocheux.

Le seul oued se déversant dans la baie d'el Djamila est l'oued de Beni Messous débouchant à environ 5 km à l'est de sidi Fredj (BELLAHSSENE ET MESSAOUDI, 2002) (**Figure 31**).



**Figure 31:** Localisation des plages de la baie d'el Djamila

La baie de Bou Ismail, se développe sur une plaine littorale, dominée par la morphologie des plages et des cordons dunaires. Ces structures se rencontrent à des altitudes qui sont généralement faibles, elles varient de 5 à 10m. Et cette zone est traversée par l'oued Mazafran (**Figure 32**).

Du méridien de la ville de Douaouda marine jusqu'au massif du Chenoua à l'ouest se développe une côte rocheuse marquée par la morphologie de falaises, et des plages de poches sableuses ou graveleuses.



**Figure 32:** Localisation des structures géomorphologiques de la baie de Bouismail

### 3.2.1 Géomorphologie sous-marine (Plateau continental) :

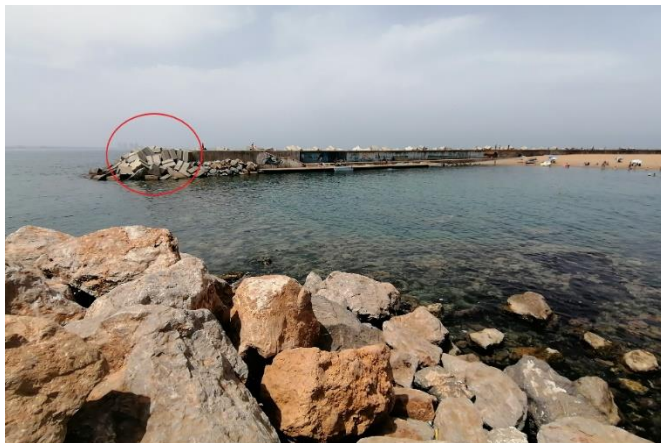
Toutes les caractéristiques de la marge continentale algérienne se retrouvent au niveau de la région algéroise. Ainsi la marge continentale des baies d'Alger et de Bouismail se caractérisent par une extension remarquable. Ces deux baies sont géographiquement séparées par le massif de La Bouzaréah (BAKALEM, 2008). Aux secteurs littoraux dont les altitudes sont élevées et correspondent à un plateau continental réduit. Et dans cette partie se trouve les cours d'eaux les plus important (CNERU GROUPE, 2004).

### 3.2.2 Géomorphologie littorale (Les Cordons dunaire) :

#### ➤ Baie d'El Djamila:

Les systèmes dunaires de la côte Ouest d'Alger sont en voie de dégradation à cause de l'extension excessive du tissu urbain, les constructions incontrôlées des structures de plage et l'extraction de sable à des fins de construction (AMIS, 2004).

Les dunes littorales sont en voie de disparition (**Figure 33**). En raison du manque du budget sédimentaire, due aux phénomènes d'érosion, des épisodes fréquents de submersion marine et une urbanisation très intense et incontrôlée qui couvre des espaces importants sur les sols dunaires.



Digue de clôture



Plage Artificiel



Plage la Fontaine 1



Plage la Fontaine 2

**Figure 33:** Localisation des dunes au niveau des plages de la baie d'El Djamila  
1 : Urbanisation, 2 : Dunes



**Plage El Bahdja**

1:Urbanisation  
2:Dunes consolidées

**Figure 34:** Localisation des dunes au niveau de la plage El Bahdja

➤ **Baie de Bouismail:**

Les dunes littorales de ce segment côtier constituent le prolongement oriental d'un cordon dunaire prenant naissance à l'embouchure de l'Oued Mazafran (**Figure 35**) et se prolongent jusqu'à l'Est de l'Oued Beni Messous (Baie d'El Djamila). Ces dunes ont une extension et une morphologie très variables en fonction de la direction des vents dominants. En effet, il existe deux bandes littorales parallèles à la côte. L'une borde la haute plage, c'est la zone des dunes mobiles, l'autre se situe vers l'intérieur des terres, elle est caractérisée par une couverture végétale dense ; c'est la zone des dunes fixes (BENSALAH,2016).



**Plage Kheloufi**

**Plage Colonel Aabas**

**Figure 35:** Localisation des cordons dunaires (Zeralda et Douaouda marine)

1 : Urbanisation, 2 : Dune, 3 : Végétation

Le cordon dunaire est considéré comme une barrière naturelle de protection de l'arrière-pays face aux forces côtières. Mais malheureusement, les acteurs de la zone l'ont fortement dégradé pour l'installation des infrastructures balnéaires comme le cas de Kheloufi à l'Ouest (BOUKHEDICHE, 2017).

3.2.3 Les plages :

La majorité des plages de la zone sont sableuses, qui ne diffèrent que dans la forme entre plages rectilignes et de poches ou de pied de falaises. Le secteur d'étude est caractérisé par l'abondance des plages sableuses ouvertes le long de la baie d'El Djamila jusqu'à oued Mazafran, Et compte dans son linéaire 27 plages (Figure 36).







A la suite du cordon dunaire et à l'Est de la jetée Sud du port de Sidi Fredj, s'étend une zone de plages sableuses de granulométrie variable, parallèle à la côte qui rétrécit vers le Sud-Est. Le développement des dunes littorales en arrière des plages de Staoueli et Club des Pins, a connu une importante déstabilisation. L'apport et le dépôt dans la baie de Bou Ismail est perturbé, ceci est due à des carrières d'exploitation de ces sables entre l'Oued Mazafran et Ras Acrata (TARMOUL, 2014).



Figure 36: Localisation des plages de la zone d'Etude

Tableau 4: Description des plages de la zone d'étude

Commune	Plage	Description
<b>Baie d'El Djamila</b>		
<b>El Djamila</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plage artificiel, Sableuse qui se situe à l'extrémité de Ain Benian.</li> <li>- Avec une superficie de 8065.94 m<sup>2</sup>, une longueur de 180m et une largeur de 20m.</li> <li>- Elle se compose principalement de sable moyen.</li> <li>- Présence d'une digue de clôture qui pose un problème de navigation et bloom phytoplanktonique.</li> <li>- Elle est composée d'un ensemble d'habitations individuelles de type colonial et type moderne.</li> <li>- Présence d'un port de pêche et de plaisance.</li> <li>- Le degré d'artificialisation est élevé et engendre des phénomènes d'érosion.</li> </ul>
<b>Méditerranée</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- La plus ancienne plage sablonneuse dans cette région.</li> <li>- Avec une superficie de 3099.36 m<sup>2</sup>, une longueur de 400m et une largeur de 20m.</li> <li>- Elle se compose principalement de sable moyen.</li> <li>- L'avantage de cette plage qu'elle est sablonneuse mais à l'action accrétion selon sa profile car on a deux fermetures dans cette partie.</li> <li>- Elle est composée d'un ensemble d'habitations variables.</li> <li>- La deuxième partie de cette plage marque une érosion remarquable.</li> <li>- Le degré d'artificialisation est moyen.</li> </ul>
<b>La Fontaine</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plage avec une partie rocheuse et une autre sableuse, avec un profil cassée à cause du rechargement artificiel dans cette partie.</li> <li>- Avec une superficie de 2817.9 m<sup>2</sup>, une longueur de 250m et une largeur de 20m.</li> <li>- La granulométrie de cette plage est très hétérogène, sable grossier et galets, présence de gravats.</li> <li>- La force hydrodynamique est minime à cause du reprofilage.</li> <li>- Le degré d'artificialisation est élevé</li> </ul>
<b>El Bahdja</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plage sableuse et l'une des 17 plages potentielles de la wilaya</li> <li>- Avec une superficie de 29052.67 m<sup>2</sup>, une longueur de 1200m et une largeur de 30m.</li> <li>- Elle se compose principalement de sable moyenne.</li> <li>- Le degré d'artificialisation est élevé, elle fait face à des phénomènes d'érosions importants.</li> <li>- Présence des formations dunaires stables (végétalisées).</li> <li>- Réalisation de reprofilage au niveau cette plage pour minimiser le risque important d'érosion.</li> </ul>
<b>Les Dunes</b>	<b>Cheraga</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plage sableuse qui était dans le passé une zone de forte accumulation sableuse</li> <li>- Avec une superficie de 4948.24 m<sup>2</sup>, une longueur de 150m et une largeur de 40m.</li> <li>- Elle se compose des sédiments moyens à grossiers.</li> <li>- Le degré d'artificialisation est élevé avec une forte érosion.</li> <li>- L'Oued Beni Messous débouche au niveau de cette plage d'une distance de 11.5Km.Ce qui explique le taux élevé de la pollution au niveau cet région.</li> </ul>

<p><b>Sidi Fredj Est</b></p>	<p>Staoueli</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plage sableuse avec un système dunaire instable et dégradé moyennement et il existe quelques dunes éparpillées qui sont fixées par une végétation psammophile</li> <li>- Avec une superficie de 9606.37 m<sup>2</sup>, une longueur de 120m et une largeur de 10m.</li> <li>- Elle se compose de sédiments fins à moyens.</li> <li>- Observation d'un phénomène d'accrétion et les dunes sont raser donc le sable descend vers l'estran.</li> <li>- Le degré d'artificialisation est moyen</li> <li>- La présence de 3 épis-Brise lame</li> </ul>
<p><b>Sidi Fredj Ouest</b></p>	<p>Staoueli</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plage sableuse avec rechargement artificiel pour diminuer les scénarios de la forte érosion</li> <li>- Avec une superficie de 9365.47m<sup>2</sup>, une longueur de 250m et une largeur de 20m.</li> <li>- Sable sur la partie Ouest de la presqu'île de Sidi Fredj, a quasiment disparu. Quelques taches de sables fins à moyens persistent du côté Est</li> <li>- La dominance d'une forte artificialisation donc des épisodes d'une érosion importante.</li> </ul>
<p><b>Baie de Bouismail</b></p>			
<p><b>Palm Beach</b></p>	<p>Staoueli</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plage sableuse qui représente un pôle touristique important</li> <li>- Avec une superficie de 26858.96 m<sup>2</sup>, une longueur de 550m et une largeur de 50m.</li> <li>- Le degré d'artificialisation est élevé, le taux d'urbanisation est important aussi elle contient des ouvrages de protection</li> <li>- La présence d'un oued saisonnier : Aguar</li> <li>- La granulométrie pour cette plage est très hétérogène a cause de l'action de reprofilage par un apport de sédiment de carrière.</li> </ul>
<p><b>Complexe touristique (CTZ)</b></p>	<p>Zeralda</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plage sableuse rectiligne exposée au forçage hydrodynamique frontale</li> <li>- Avec une superficie de 9606.37 m<sup>2</sup>, une longueur de 120m et une largeur de 10m.</li> <li>- Pour la granulométrie elle est grossière au niveau l'estran et plus fine en haut de plage</li> <li>- Le Transit littoral dans cette entité est important</li> <li>- Evolution de cette plage était naturelle et en situation plus au moins stable.</li> <li>- Le degré d'artificialisation est moyen avec la présence des ouvrages de protection.</li> </ul>
<p><b>Kheloufi 2</b></p>	<p>Zeralda</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plage sableuse avec des pentes douces qui ne dépassent pas 3%</li> <li>- Avec une superficie de 110316.61 m<sup>2</sup>, une longueur de 1000m et une largeur de 150m.</li> <li>- Caractérisée par la présence des accumulations sableuses fines d'origine marine déposée par la mer, sur le haut de plage les échanges sédimentaires plage-dune sont interrompus par la route. (BENSALAH,2016)</li> <li>- Présence des petites rise berme (micro falaise) qui témoignent de la morphodynamique importante de cette plage.</li> <li>- Le secteur dunaire de cette partie est le plus important dans la zone d'étude il est recouvert par des végétations</li> <li>- La rive droite d'oued Mazafran appartient à cette plage.</li> </ul>
<p><b>Colonel Aabas</b></p>	<p>Douaouda</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plage sableuse qui fait partie de la wilaya de Tipaza c'est la rive gauche d'oued Mazafran.</li> <li>- La dominance du sable fin.</li> <li>- Le degré d'artificialisation moyennement faible.</li> <li>- L'érosion est constatée sur le trait de côte.</li> </ul>

**Tableau 5:** Inventaire des plages de la côte ouest algéroise. (BOUKHEDICHE, 2017) (Modifié)

Plage	Description	Commune	Etat
<b>Palm Beach</b>	Est de l'oued Mazafran, longueur de 150 m, largeur moyenne de 50 m à sable fin à moyen	Staoueli	Plage autorisée
<b>Thalassothérapie</b>	Ouest de la presqu'île, continuité de la plage Ouest, coincée entre les promontoires rocheux à l'Est et un épi à l'Ouest. Aucun sédiment ne lui parvient naturellement. Sa longueur de 300 m,	Staoueli	Plage autorisée
<b>Sidi-Fredj Est</b>	Est de l'hôtel Riadh. Sa de longueur est 250m, sa de largeur de 40 m à sable fin	Staoueli	Plage autorisée
<b>El-Menzeh</b>	Plage de Riadh - plage El Menzeh proximité des ouvrages de protection. Sa longueur est de 200 m, sa largeur est de 20m, les sables sont fins	Staoueli	Plage autorisée
<b>Moretti</b>	A l'Est de la plage Minzah d'une longueur de 800m et une largeur de 45m à sable fin	Staoueli	Plage autorisée
<b>Sahel</b>	700m de longueur ; 30m de largeur ; sable fin	Staoueli	Plage autorisée
<b>Kheloufi 1</b>	1800m de longueur ; 150m de largeur, sable fin	Zeralda	Plage autorisée
<b>Familiale</b>	1000m de longueur ; 150m de largeur, sable fin	Zeralda	Plage autorisée
<b>Champ de tire 1</b>	1000m de longueur ; 150m de largeur, sable fin	Zeralda	<b>Plage interdite</b>
<b>Sable d'or</b>	800m de longueur ; 40m de largeur, sable fin	Zeralda	Plage autorisée
<b>Les Dauphins</b>	De longueur 400m, de largeur 30m, sédiments moyens à grossier, plage dégradée	Cheraga	Plage autorisée
<b>Club des Pins</b>	420m de longueur, 40m de largeur, sable fin	Cheraga	Plage autorisée
<b>Jeunesse</b>	200 m de longueur, 30 m de largeur, sable moyenne	Ain Benian	Plage autorisée
<b>Ain Benian</b>	150m de longueur ; 30m de largeur ; sable moyenne, érosion	Ain Benian	Plage autorisée
<b>L'îlot</b>	De longueur 300m ; de largeur 20m ; galets, présence de gravats, à l'est du port d'El Djamila	Ain Benian	Plage autorisée

### 3.2.4 Les falaises :

La présence des falaises et des côtes rocheuses est limitée au secteur ouest. Des plages de sable doré entre coupées arrivent jusqu'aux pieds de ces dernières et augmentent l'attrait touristique de cette zone (CNERU GROUPE, 2004).

**Tableau 6:** liste des falaises de la côte ouest algéroise. (BOUKHEDICHE, 2017)

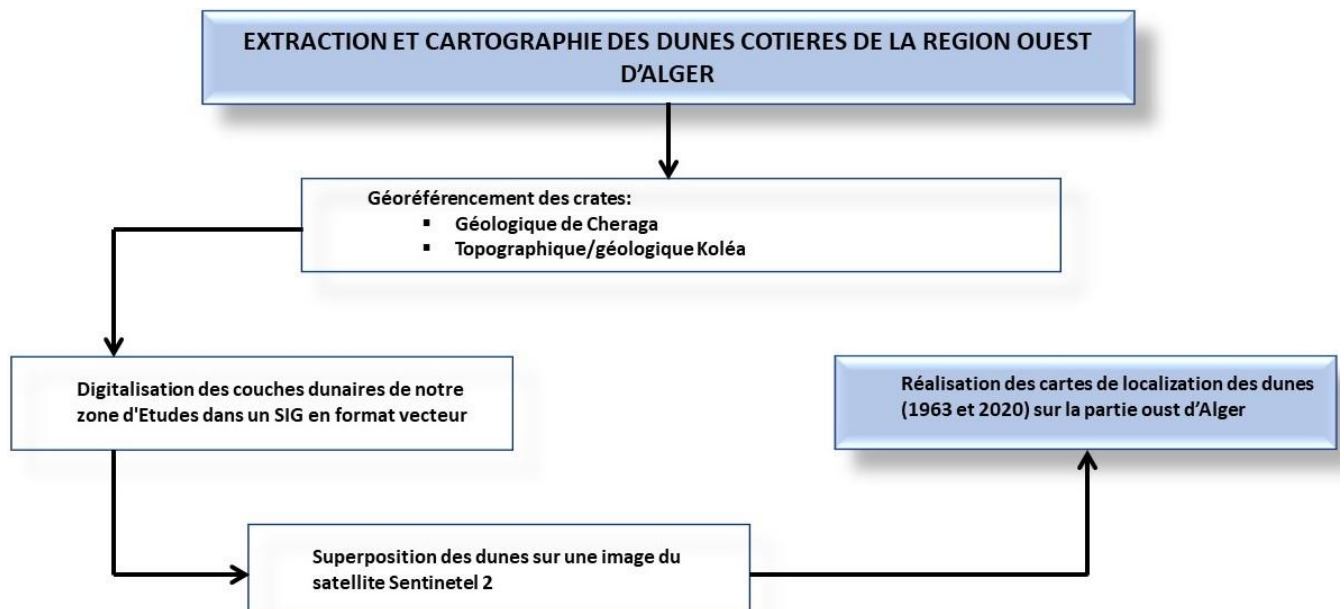
Nom de la falaise	Extension
Falaise de Ain Benian	À l'est du port d'El Djamila
Falaise de Staoueli	Cap de Sidi Fredj

### 3.3. Identification et extraction des traces dunaires (anciennes et actuelles) :

Le système dunaire est un système dynamique, qui dépend du fonctionnement de la cellule sédimentaire dans lequel il est inclus. L'entité géographique étudiée présente un système diversifié et dynamique tout le long de la frange côtière ouest d'Alger. Ce système est plus ou moins stabilisé par la végétation, avec une altitude qui ne dépasse pas les 2m, due à l'expansion urbaine et la forte fréquentation touristique notamment en période estivale (BENSALAH,2016).

### 3.4. Méthodologie :

Dans le but de préciser l'impact de l'artificialisation sur l'évolution diachronique des dunes côtières une extraction des anciennes dunes (1963) a été effectuée (**Figure 37**). La couche dunaire obtenue est comparée avec les dunes actuelles pour déterminer l'intensité de l'artificialisation / urbanisation et son impact environnemental.

**Figure 37:** Procédure de l'extraction des couches dunaires

**Tableau 7:** Caractéristiques des données utilisées pour l'extraction des anciennes dunes

Cartes utilisées		Création d'un vecteur sur ArcGIS (SIG)	Image satellitaire Sentinel 2
Cheraga	Koléa		
Carte géologique de Cheraga : 1 :50000 publiée en 1963 mais réalisée entre 1933 et 1960	Carte topographique / géologique de Koléa : 1 :50000 publiée en 1911 mais réalisée entre 1905 et 1910	En format vecteur dans un système de projection UTM Zone 31N, WGS-1984	D'une résolution spatiale de 10 m, acquise en 25 Janvier 2020

**CARTE GÉOLOGIQUE DE CHERAGA**

Symbole	Type des dunes
a <sup>D</sup>	Dunes côtières de sable meuble
q <sup>3cD</sup>	Dunes consolidées de la phase de régression postérieure
q <sup>3bD</sup>	Dunes consolidées postérieures
q <sup>3aD</sup>	Dunes consolidées avec début de lapidification

**CARTE TOPOGRAPHIQUE / GÉOLOGIQUE DE KOLÉA**

Symbole	Type des dunes
Ad	Dunes côtières de sable meuble

**Figure 38:** Symbologie des dunes extraites à partir des cartes géologiques

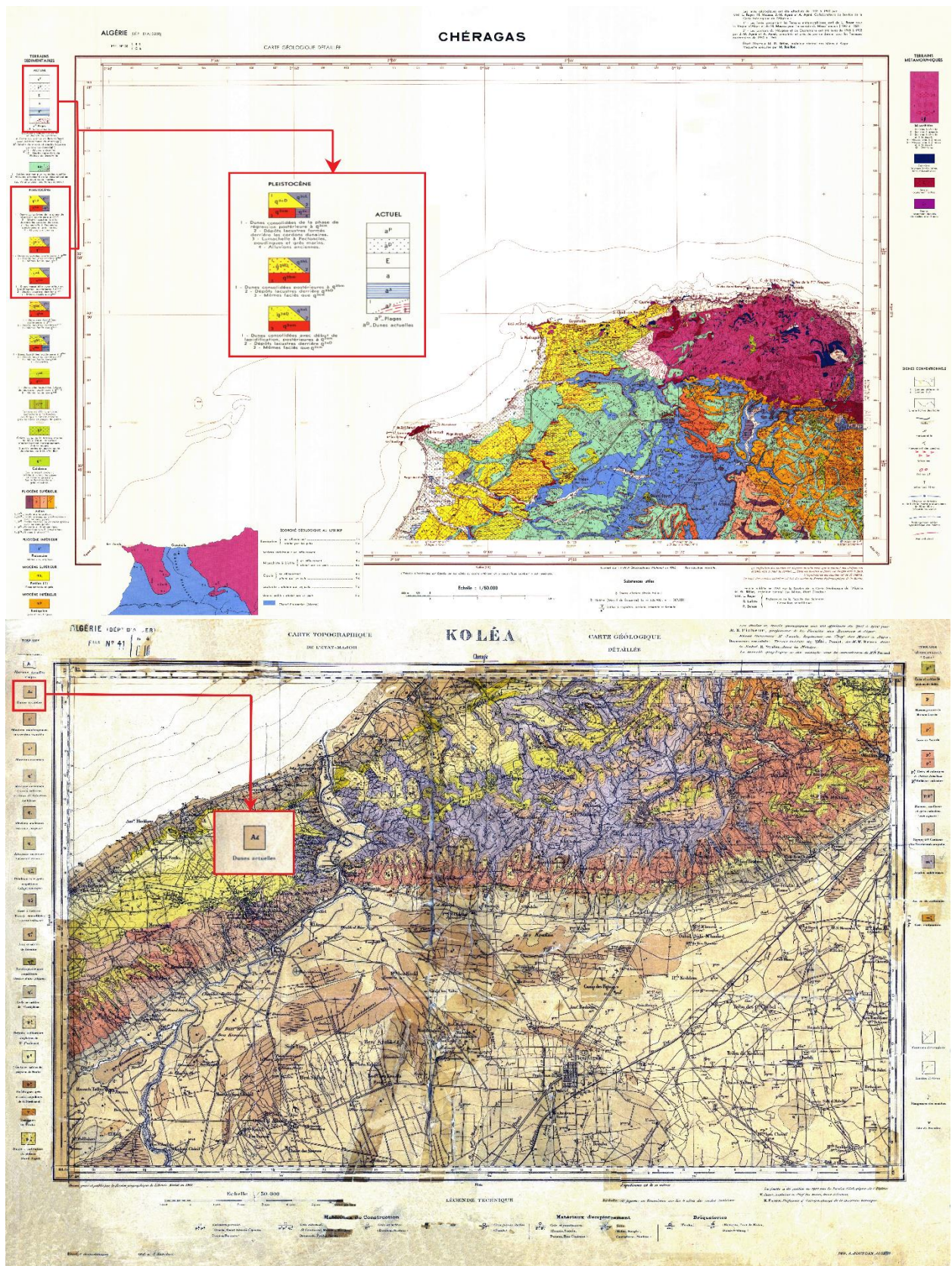


Figure 39: Sol dunaire de la partie ouest algéroise  
Cheraga (ASGA 1933\_1963)  
Koléa (Service Géographique de l'Armée 1905\_1911)

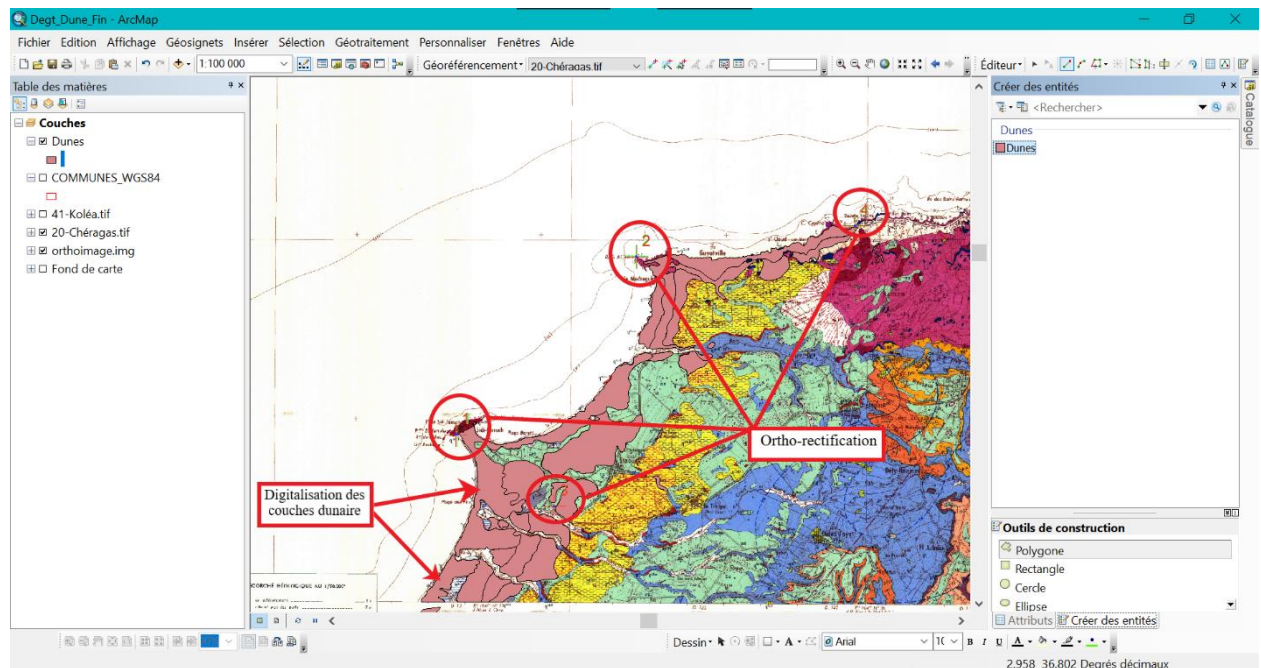


Figure 40: Interface du logiciel ArcGIS

### 3.5. Discussion des résultats :

On observe que la majorité du massif dunaire est étalée sur la zone d'étude qui comprend : une partie de la baie de Bouismail à l'ouest et la baie d'El Djamilia à l'Est qui représente un linéaire côtier sableux homogène (Figure 41).

En effet, il existe deux bandes littorales parallèles à la côte de la plage d'El Djamilia (Ain-Benian) jusqu'à la plage Champs de tir (Zeralda). L'une borde la haute plage, c'est la zone des dunes de sable meuble, l'autre se situe vers l'intérieur des terres, et elle est caractérisée par une couverture végétale ; c'est la zone des dunes fixes consolidées.

Au-delà de la plage Champs de tir il y a une rupture géomorphologique remarquable, il reste seulement la bande littorale des dunes à sable meuble (Zeralda - Douaouda marine), ceci est due à de multiples facteurs :

- La nature géomorphologique des massifs dunaires qui dépend de la direction et de la vitesse du vent (et donc sa capacité de transport).
- La topographie de la côte et du type de végétation.
- La fréquence des inondations par l'eau de mer,
- L'action constructrice ou destructrice de la houle.

La superposition de ces dunes sur l'image satellitaire montre que les massifs dunaires de sable meuble et consolidés se concentrent relativement au milieu de notre zone d'étude ; c'est à dire au niveau de la commune de Staoueli. Grace aux données acquises sur les cartes anciennes et les investigations in-situ, une variété relative de géomorphologie a été observée, elle est due à l'alternance des agents hydrodynamiques et la nature du terrain.

Et cette superposition suggère aussi que la majorité de l'urbanisation se trouve sur les zones des anciennes dunes, donc une grande partie des dunes connaît une dégradation régressive considérable.

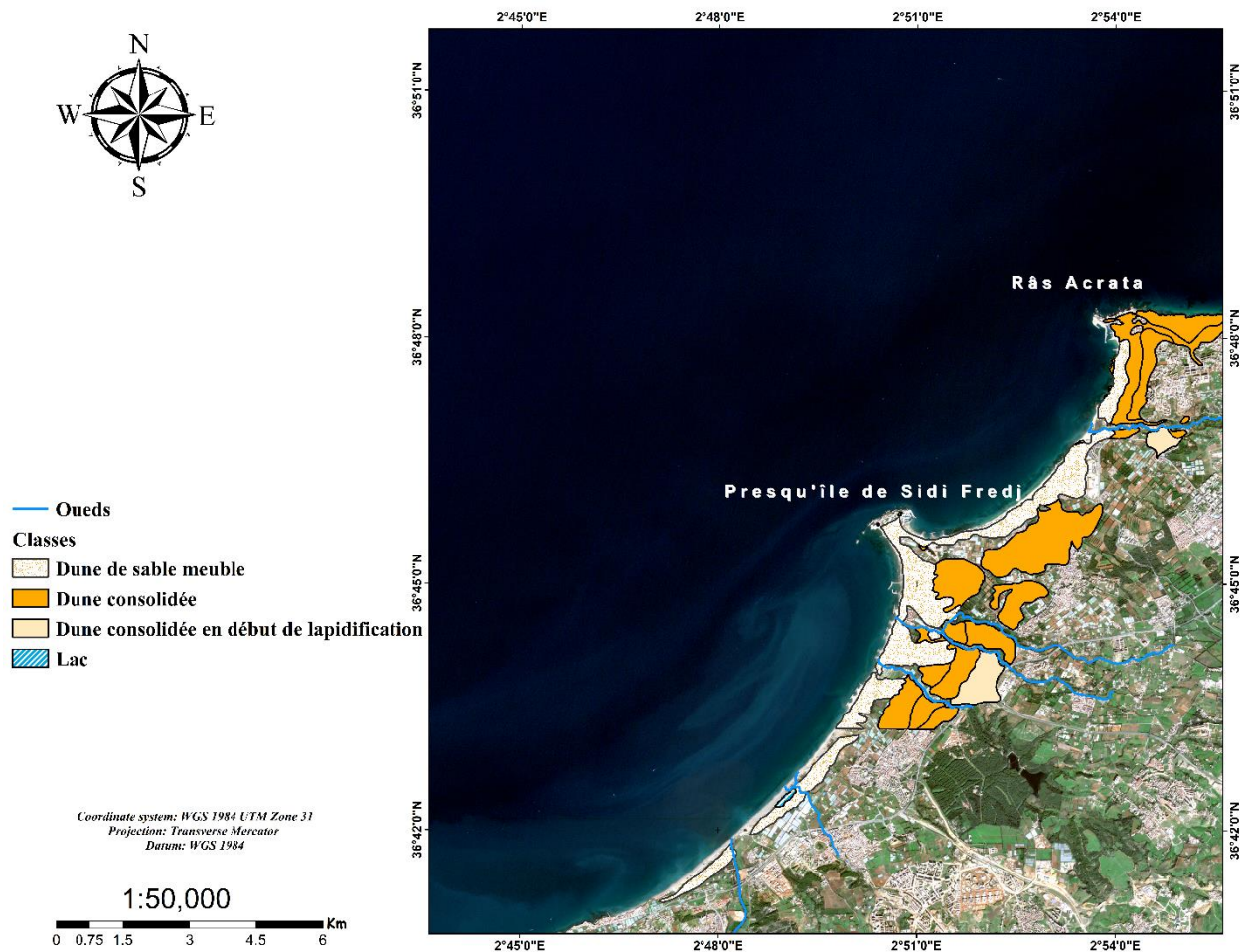


Figure 41: Localisation des dunes côtières (1963) sur la partie ouest Algéroise

Les raisons de cette occupation importante des espaces dunaires suivent une logique constante, elles sont d'une part dues au potentiel offrant une variété des activités dans ce type de côtes ainsi que dans les zones qui les avoisinent ; D'autres part, une raison historique qui se traduit par un exode rural dans les années 1990 pour des raisons socio-politiques.

Face à cette contrainte d'occupation des dunes, les instruments législatifs ne semblent pas efficaces, ou n'ont pas été élaborés à temps. Il apparaît donc nécessaire de signaler et de travailler sur cette vulnérabilité institutionnelle. Ce type de végétation est souvent causé par le piétinement pendant la période estivale, ce qui a facilité la formation de couloirs déflationnistes.

### 3.6. Les caractéristiques des dunes de la région ouest algéroise :

#### 3.6.1. Végétation :

La Végétation joue un rôle primordial dans la formation et la stabilisation des dunes côtières. Donc l'absence de végétation procède des dunes très dynamiques. En effet, en freinant le vent, en piégeant le sable, et en le retenant grâce à son système végétatif.

C'est pourquoi l'érosion éolienne est à craindre dans les régions arides et semi-arides, où les formations végétales naturelles (arborées, arbustives et herbacées) sont clairsemées, ou inexistantes (BOUNOUA ET KACI, 2017).



**Figure 42:** Evolution diachronique de la couverture végétale de la plage de Sidi Fredj  
 Végétation dunaire sur la plage Sidi Fredj Est (1970\_2021)  
 (BELKHERROUBI ET BELKHERROUBI, 2017)

Dans notre zone d'étude et selon les observations sur terrain (**Figure 42**), la sur-fréquentation humaine (extraction des matériaux, urbanisation illicite, activité touristique) favorise la dégradation du couvert végétal. Ce type de végétation est souvent empêchée par l'action de piétinement et les processus de nettoyage des plages par l'action de brûler les déchets et les végétations, durant la période estivale ce qui a favorisé la formation des couloirs de déflation, qui va augmenter l'exposition des dunes à l'action du vent favorisant ainsi le départ des sédiments dunaires vers l'arrière-plage.

La **Figure 42** montre l'existence de végétation dunaire datant d'avant les années 1970. Due à l'exposition au risque anthropique la zone a connu une forte dégradation dunaire durant les années 2000 ou le couvert végétale a été rasé pour des raisons d'aménagements touristiques.

Et pour l'état actuelle des dune (2021), on observe la présence de quelques espèces végétales éparpillées tout au long des plages. La pente prend une allure plus douce donc on est en face à une plage basse et proche de la mer avec une forte présence anthropique par l'occupation de sol et une fréquentation touristique élevée. Ce qui accentue la vulnérabilité et la dégradation dunaire en raison de l'absence de fixation assurée par la végétation.



**Figure 43:** Echantillons de végétaux présents au niveau des cordons dunaires de la zone d'étude

Dans ces plages : (Azur, Palm Beach, Fontaine et Kheloufi), le couvert végétal à un degré de vulnérabilité bas comparé avec les autres plages de notre zone d'étude car le degré d'artificialisation et l'expansion des habitats sont relativement moyens. Les talus dunaires sont fixés temporairement par des espèces végétales spécifiques aux espaces dunaires (**Figure 43**).

Le cordon dunaire du Mazafran est soumis à l'influence de constructions telle que l'urbanisation linéaire du front de mer. On note également la présence d'aménagements (chantier, bâtis...) susceptibles de dénaturer cet espace.

### 3.6.2. L'Indice NDVI :

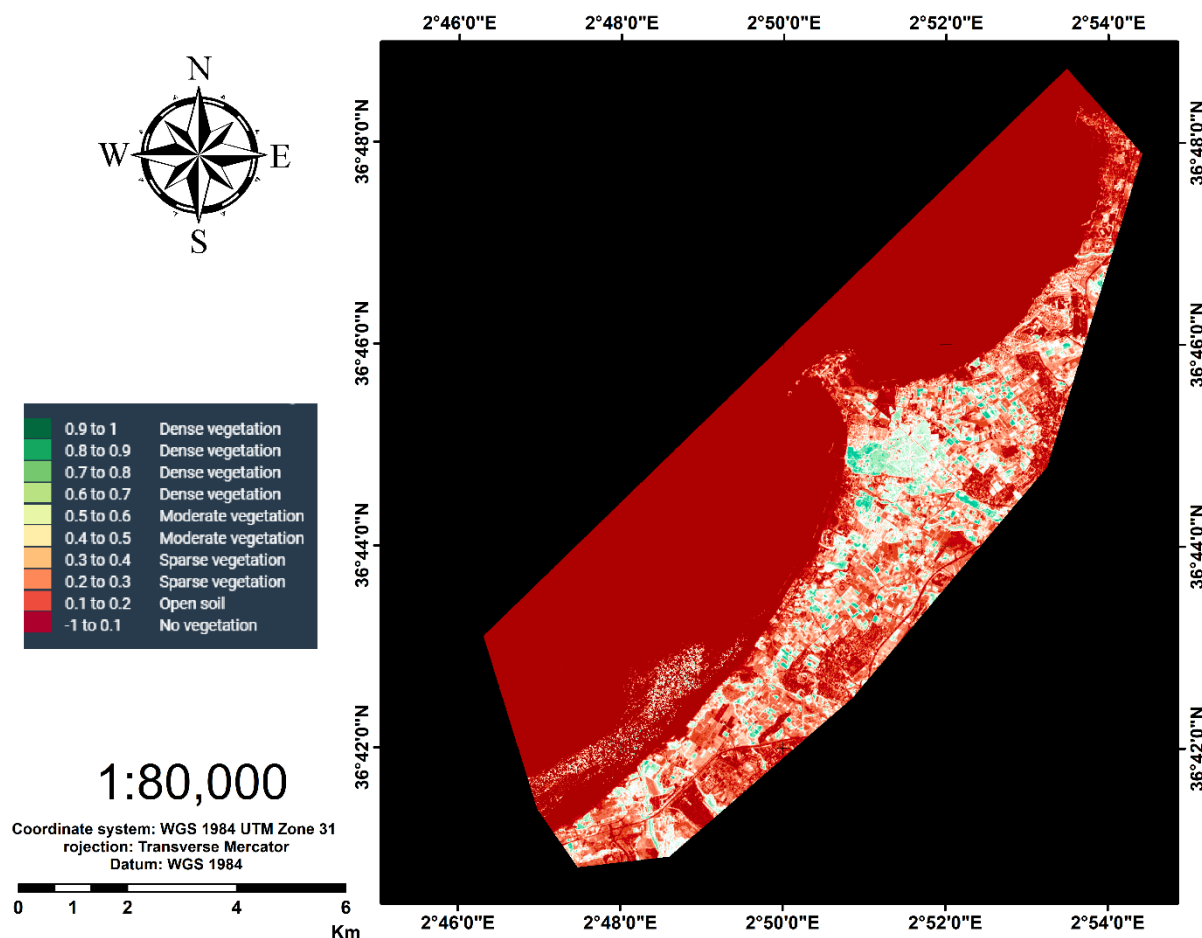
NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) est un indice normalisé permettant de générer une image affichant la couverture végétale. Cet indice repose sur le contraste des caractéristiques de deux canaux d'un jeu de données raster multispectral : l'absorption du pigment chlorophyllien dans le canal rouge (R) et la haute réflectivité des matières végétales dans le canal proche infrarouge (NIR).

L'indice NDVI est privilégié pour l'observation globale de la végétation car il permet de compenser les changements de conditions d'éclairage, de pente de surface, d'exposition et d'autres facteurs exogènes. (LILLESAND ET AL., 2004)

Cet indice est sensible à la vigueur et à la quantité de la végétation, il est déterminé par l'équation :  
**NDVI=(NIR-R) / (NIR+R)**

Les valeurs du NDVI sont comprises entre **(-1 et +1)**, les valeurs négatives correspondant aux surfaces autres que les couverts végétaux, comme la neige, l'eau ou les nuages pour lesquelles la réflectance dans le rouge est supérieure à celle du proche infrarouge. Pour les sols nus, les réflectances étant à peu près du même ordre de grandeur dans le rouge et le proche infrarouge, le NDVI présente des valeurs proches de 0.

Les formations végétales quant à elles, ont des valeurs de NDVI positives, généralement comprises entre **0,1 et 0,7**. Les valeurs les plus élevées correspondant aux couverts les plus denses et ceux présentant une vitalité importante.



**Figure 44:** Distribution spatiale de l'indice de végétation NDVI (2015-2021)

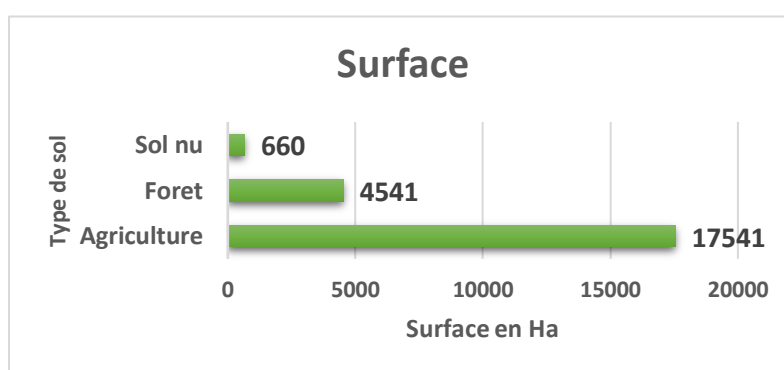
Les valeur NDVI sont comprises entre -0,78 et 0,93 (**Figure 44**). Les valeurs NDVI les plus élevées sont observer au niveau des communes de Cheraga (Forêt de Bouchaoui et le lit de l'oued Beni Messous), Staoueli (Forêt de Sidi Fredj, Terrain agricole La FAO) et au niveau la commune de Zeralda (Foret de Zeralda, les terres agricoles et la réserve naturelle près de l'oued Mazafran).

Dans la partie Est de la zone d'étude (Ain Benian), il y a eu une disparition de la couverture végétale par le processus de l'artificialisation intensive sur les dunes consolidées (les sols dunaires consolidés sont des terrains très favorables à la construction).



**Figure 45:** Les espèces végétales au niveau de cordon dunaire Mazafran (BOUNOUA ET KACI, 2017)

A l'aide de la table attributive de l'occupation du sol (**Figure 51**), la (**Figure 46**) montrent que la majorité de surface de couvert végétale sont des terres agricoles (17541ha) qui font partie de la commune de Zeralda et Staoueli, ce sont des communes agricoles et elles ont rejoint la wilaya d'Alger après le dernier découpage administratif en 1997 ; avec un étalement urbain moyen.



**Figure 46:** Histogramme de la surface du couvert végétal de 2021 de la zone d'étude

### 3.6.3. Les rides (Ripple-marks) :

Sur le haut de plage se développent de petites rides centimétriques parallèles entre elles, identiques et symétriques (**Figure 47**). Ces rides, appelées « ripple-marks », témoignent d'un échange sédimentaire entre le haut de la plage et la dune. Cette même morphologie est formée également sur les petits fonds par des courants de faible vitesse. (BENSALEH, 2016)



**Figure 47:** Ripple-marks

1 : Formée par les courants marins 2 : Formée par l'action éolienne

## 4. ETUDE ANTHROPIQUE

### 4.1 Introduction

En se basant sur les derniers recensements (2008), fournies par l'Office National des Statistiques (ONS), les communes de la zone d'étude comptent au total 196 842 habitants. La commune d'Aïn Benian, avec la plus petite superficie, compte à elle seule 34,7 % de la population totale, ce qui montre la pression urbaine que connaît l'Est de la baie d'El Djamila.

Du côté Ouest, si les communes de Staoueli et Zeralda ne sont pas autant urbanisées, car ce sont des anciennes communes agricoles, elles sont fortement orientées autour de l'activité touristique et hôtelière. Elles accueillent en période estivale, d'après l'Office National du Tourisme d'Alger, une population de plus de 2 millions d'estivants ce qui est très significatif de la pression touristique qui s'exerce sur la baie. (TARMOUL, 2014)

Il faut signaler que la forte déstabilisation de cette entité géographique et la précarité du massif dunaire est sous l'influence de :

- L'étalement rapide et hiérarchique de tissu urbain sur les dunes (meuble et consolidés).
- Artificialisation de la frange côtière et implantation des infrastructures de protection.
- La forte fréquentation touristique (période estivale).
- Rechargement artificiel (roche et sable de carrière) et les chantiers installés par les stations d'épuration.
- Le lessivage des sols des grands périmètres agricoles.

### 4.2 Evolution chronologique de l'urbanisation du littoral :

Afin de déterminer l'impact de défrichement et occupation des sites patrimoniaux sensibles qui comprennent les espaces naturels comme la forêt de Zeralda, les zones humides du Mazafran, la bande littorale et les cordons dunaires, on a réalisé une étude de tendances évolutives (spatio-temporelles) de tissu urbain. En parallèle ; la superficie des dunes extraites précédemment a été calculée pendant un intervalle de temps adéquat, dans l'objectif de déterminer le taux de fragilisation des massive dunaire par l'étalement urbain.

## Sélection des zones urbanisées (1987-2000-2010-2021)

L'extraction des taches urbaines multi-dates s'est faite à partir d'imagerie satellitaire de haute résolution pour la date 2021, Archive Landsat (Landsat TM, Landsat ETM) pour les dates 1987,2000 (**Tableau 8**) et une Orthoimage de haute résolution pour la date 2010.

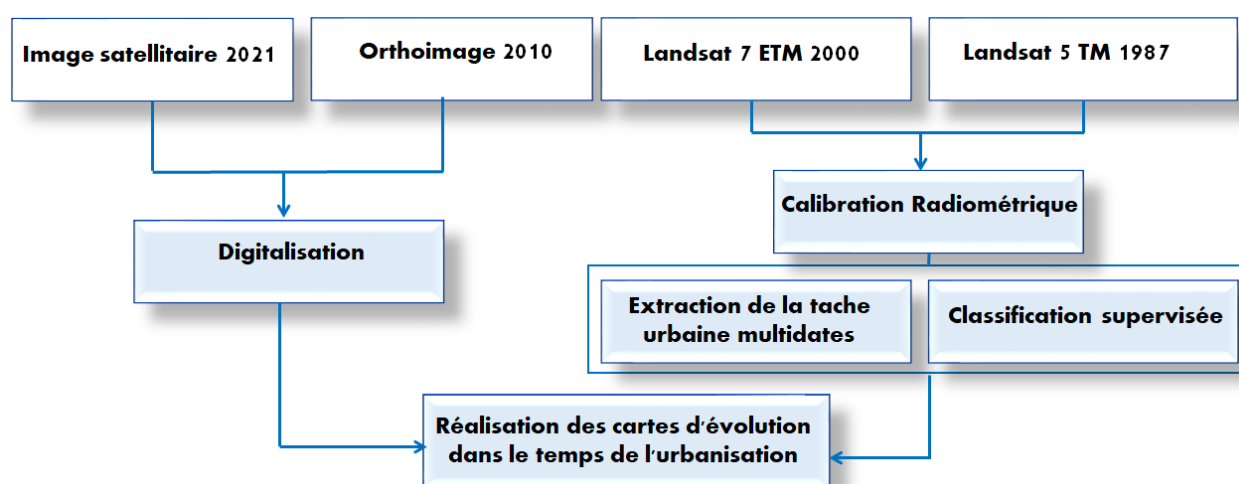
Tout d'abord, les deux scènes Landsat sont normalisées radiométriquement. L'images satellitaire est téléchargée par le logiciel Terra Incognita. Elle est géoréférencée et à haute résolution, ensuite la création des couches de vecteurs : à travers format vecteur sous SIG dont la table est alimentée manuellement pour identifier les zones urbaines apparentes sur le terrain et les comparer selon leur affectation via les méthodes de télédétection; cela permettra de dresser la matrice de l'analyse systémique et évaluer l'influence des activités d'artificialisation sur le système littoral d'une façons générale et le système dunaire particulièrement au niveau des anciennes dunes consolidées et actuelles. L'extraction des taches urbaines se fait par commune (Ain Benian, Cheraga, Staoueli et Zeralda).

**Tableau 8:** Caractéristiques des images satellitaire utilisées

Date de la scène	Capteur	Résolution spatiale (m)
12/11/1987	Landsat TM	30
16/06/2000	Landsat ETM	15
2010	-	0.5
07/03/2021	-	1.19

#### 4.2.1 Méthodologie :

Après la localisation des dunes suit l'extraction des tâches urbaines multidates s'est faite à partir d'archives landsat daté 1987 et 2000 un orthoimage 2010 et images satellitaire de la date 2021 qui sont résulte des cartes d'évolution dans le temps de l'urbanisation a partir de la dégustation et la calibration radiométriques (**Figure 48**).



**Figure 48:** Schéma relatif à la méthodologie de cartographie utilisée.

4.2.2 Extraction et quantification du tissu urbain :

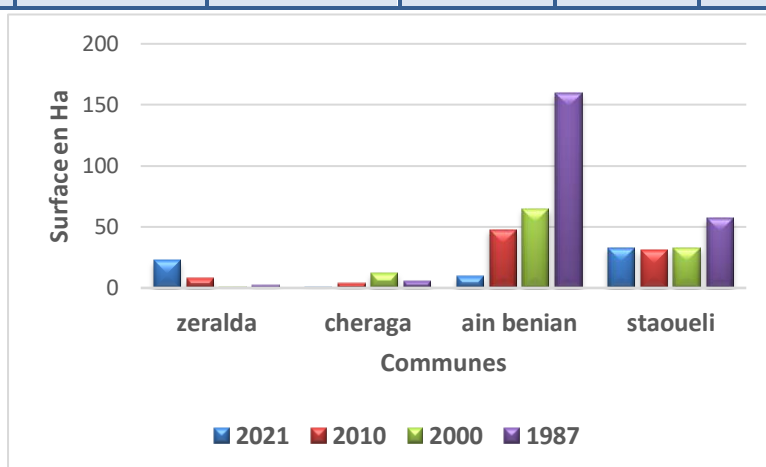
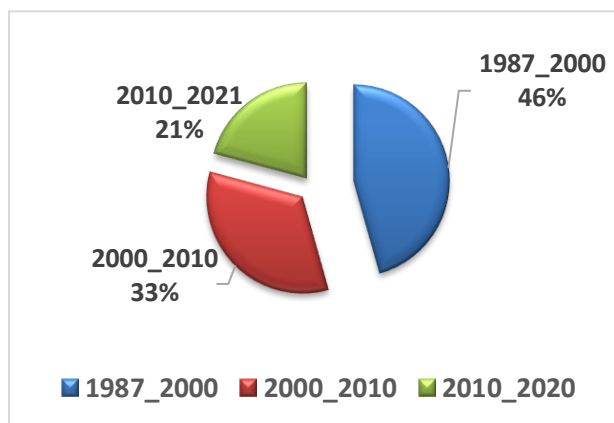
4.2.3 Analyse de la dégradation dunaire sur les zones urbanisées :

Afin de quantifier la surface dunaire dégradée, une superposition spatiale de carte de dunes préalablement extraites (**Figure 41**) sur une zone d'urbanisation multi-temporelle a été réalisée. La superposition montre l'étalement urbain global sur la plupart des blocs dunaires (dunes meubles ou dunes consolidées), et les dunes qui n'ont pas été détruites, ont subi une forte segmentation.

Au cours des 60 dernières années, les dunes de la zone d'étude ont subi une destruction continue dans le temps et dans l'espace. En effet la baie d'El Djamila et la partie Est de la baie de Bouismail ont perdu environ 44 ,36% de leur massif dunaire (**Tableau 9**).

**Tableau 9:** Surface dunaire défrichées dans la zone d'étude de 1987 à 2021 (en hectares).

	Surface défriché HA						Surface Restantes	
	Surface Dune jusqu'à 1960	Urbanisation 1987	Urbanisation 2000	Urbanisation 2010	Urbanisation 2021	Total	Hectare	%
<b>Dune meuble</b>	697,11	106,7987	164,5805	66,8736	34,72973	372,9825	324,129	46,49
<b>Dune consolidé</b>	1233,926	229,8257	110,0362	81,45485	62,37901	483,6958	750,23	60,80
<b>Total</b>	1931,037	336,6244	274,6167	148,3284	97,10874	856,6783	1074,36	55,64



**Figure 49:** Surface dunaire défrichée (1987\_2021)

Le plus grand taux de défrichement a été réalisé entre 1987 et 2000 (46%) (lors de l'urbanisation économique du pays « post- indépendance ») à raison de 21,7 Ha/an, ensuite il diminue jusqu'à 15 ,65 Ha/an dans la période entre 2000 et 2010 par un pourcentage moyen de 33% (**Figure 49**).Ceci est dû aux pressions démographiques sur le foncier (périodes d'exode rural / habitat précaire des années 1990 ou politique étatique de logement durant les années 2000) et la troisième période de 2010 à 2021 est caractérisée par un défrichement très faible de 9,71 Ha/an.

Une dégradation notable des dunes a été constaté pendant la période d'étude qui due a l'activité d'urbanisation surtout dans la commune de Ain Benian par contre les communes agricoles de Staoueli et Zeralda présentent un faible étalement urbain (**Figure 50**).

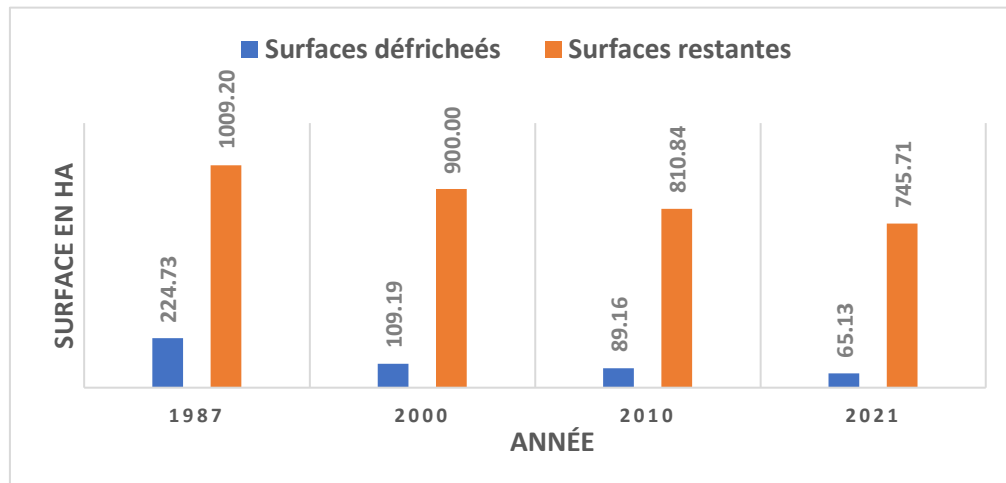


Figure 50: Surfaces dunaires défrichées et restantes au niveau la zone d'étude

4.2.3 Discussion et résultats:

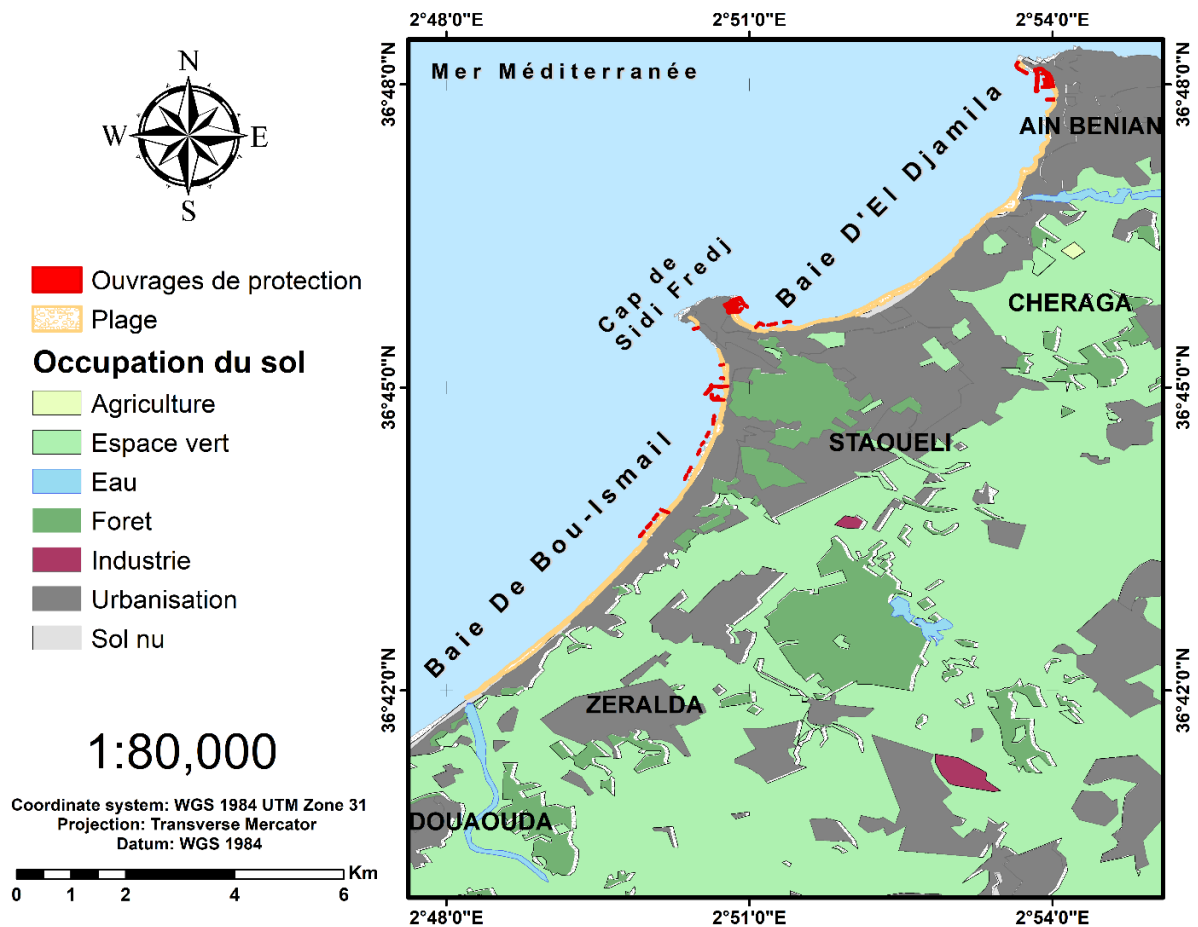


Figure 51: carte d'occupation du sol de la zone d'étude (2020)

L'histoire de l'urbanisation n'est pas linéaire, et s'est faite lentement au détriment des espaces naturels, malgré la présence d'instruments législatifs interdisant l'urbanisation littorale dans diverses bandes de servitude (loi littorale 2002-02, Plan directeur d'aménagement et d'urbanisme (PDAU, etc.) (GHODBANI, 2013).

Une disparition notable des dunes côtières consolidées au niveau des communes d'Ain Benian et Staoueli (**Figure 51**), est rattachée à l'urbanisation près de la côte, sous la pression démographique sur la capitale.

En effet, ces anciennes dunes défrichées (ou enfouies sous des zones urbaines), perdent leur lien écosystémique avec les plages du fait de l'artificialisation intensive, et tendent à disparaître définitivement (les sols dunaires consolidés sont des terrains très favorables à la construction) (OTMANI ET AL., 2019).

L'étude diachronique de l'occupation du sol tient compte de l'histoire, des contraintes du présent et exigence de l'avenir pour expliquer les causes de dégradation de ces systèmes dunaires en vue d'améliorer l'utilisation des espaces.

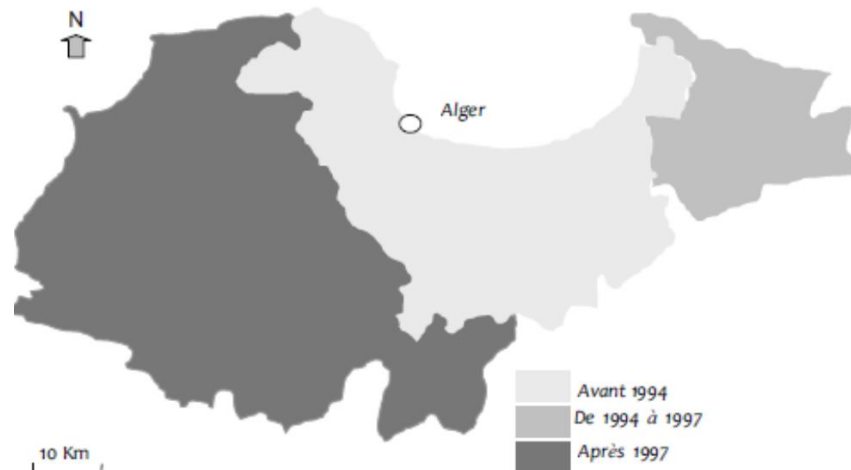
En effet, l'évolution de l'expansion urbaine est passée par trois périodes :

#### **La période de 1987 à 2000 :**

Le POG (le Plan d'Orientation Générale) était le premier Plan d'aménagement approuvé en Algérie en 1975 jusqu'à 1986. Toutefois, en 1979 ; le P.O.G. est dénoncé et une nouvelle étude est envisagée sous la forme d'un Plan Directeur et d'Urbanisme (P.U.D.), qui est arrivé à terme en 1987. En 1990, et conformément à la nouvelle loi sur l'aménagement et l'urbanisme, les autorités de la wilaya ont reconduit le P.U.D. par une actualisation des données démo-économiques sous la forme d'un Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme (P.D.A.U.) (RABEHI, 2018).

L'urbanisation s'est également intensifiée (avec un taux de population urbaine d'environ 80%) à cause de divers facteurs locaux, dont l'exode des populations rurales entre 1990 et 2000 en raison du climat d'insécurité ( d'instabilité sociopolitique) régnant durant cette période.(HAFFAD, 2004)

La saturation urbaine de la commune de Ain Benian pendant l'année 1987 (336.6 HA) par rapport aux autres communes (**Figure 51**) est reliée au découpage administratif. L'Algérie a connu trois principaux découpages administratifs : 1963, 1974 et 1984. Un dernier découpage a été élaboré en 1997 mais il a touché uniquement aux limites administratives de la wilaya d'Alger(HADJIEDJ, 2003)(**Figure 52**).



**Figure 52:** Carte de l'évolution administrative de la wilaya d'Alger(RABEHI, 2018)

Dans un pays où l'urbanisation est souvent mal contrôlée et planifiée et en face à l'héritage colonial qui a accentué le déséquilibre territorial. L'exode rural des populations des wilayas limitrophes, est parmi les facteurs marqués dans le processus d'urbanisation de la capitale (HADJIEDJ ET CHALINE, 2003), il est aussi partiellement lié aux vagues de construction d'habitats précaires qu'a subi la capitale au début des années 2000 (PNUE-PAM, 2009).

### **La période de 2000 à 2010 :**

Alger a connu une mutation démographique remarquable au cours de la période de la décennie noire par les mouvements et l'occupation de la frange littorale en raison du fort potentiel économique. Par l'implantation des infrastructures étatiques, zones résidentielles et les zones d'expansion touristique (ZET). Notre zone d'étude est fortement orientée autour de l'activité touristique, elle possède le plus grand nombre d'hôtels de tout le secteur algérois.

A partir de 2005, l'état a une vision plus globale de la gestion du territoire, en prenant en compte, la métropolisation et de nouveaux instruments multi échelles (SNAT ; SRAT, SDAAM, SDAL, POS), et multisectoriel (SDAT, SDAP...) ont vu le jour (AGHARMIOU, 2013).

L'évolution urbaine dans cette période est régulièrement montante à cause du développement économique et social, par la migration des populations vers les nouveaux pôles avec une extension de 15,65 Ha/an. Au-dessus les zones avec des formes dunaires consolidées (source indirecte de matériaux sédimentaires). Mais il reste une région agricole avec particulièrement la culture maraichère. Il existe aussi plusieurs coopératives agricoles à travers les communes de la zone d'étude.

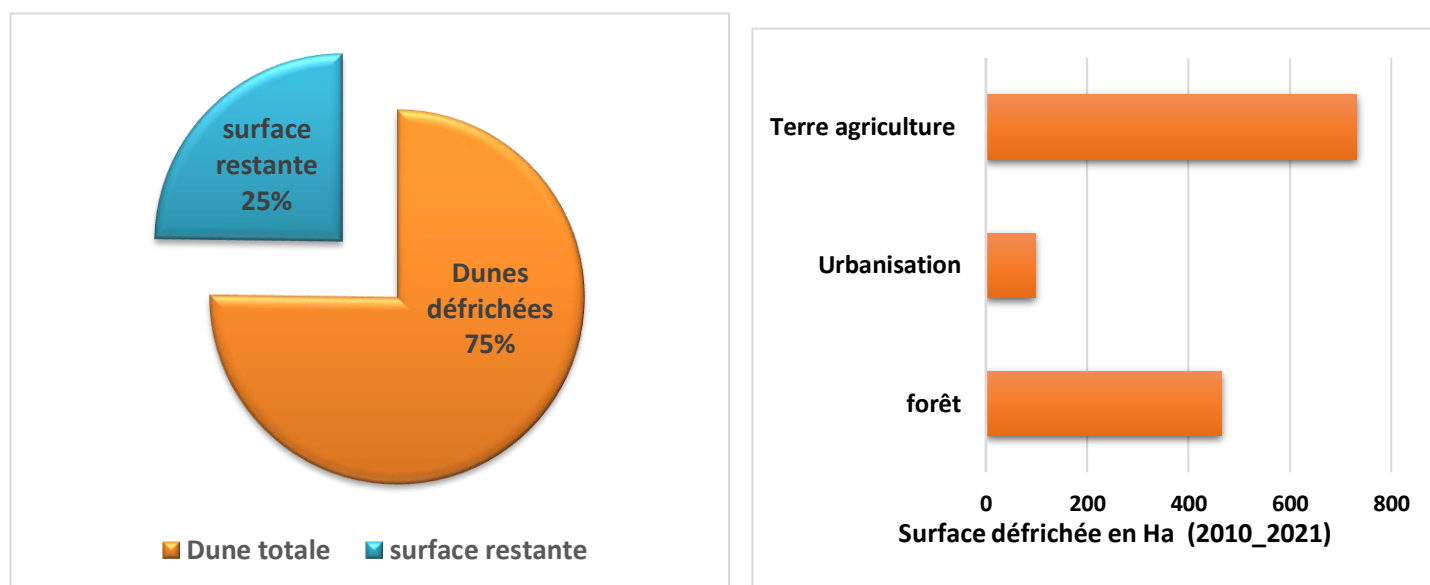
### La période de 2010 à 2021 :

Alger qui était un territoire "aéré" en 1985, "fortement fragmenté" en 2000, devient "partiellement saturé" par l'urbanisation en 2015 sur sa frange littorale. (RABEHI, 2018)

Occupation de la zone d'étude pendant cette période est de 9,71 Ha/an, ce faible taux de défrichement est dû à la saturation du site vers la fin de 2015. Soutenu par l'implantation de plusieurs unités d'habitat et équipement côtiers, via les projets étatiques de logement (suite à la crise du logement que vit le pays) (**Tableau 10**) qui ont touchés les communes de notre zone d'Etudes :

- Logement promotionnel public-LPP, pour des ménages aux revenus aisés :
  - ✓ Aïn Benian : projet de 132 logements (lancement des travaux : 02/11/2014)
  - ✓ Aïn Benian : projet de 472 logements (lancement des travaux : 13/11/2014)
  - ✓ Staoueli : projet de 872 logements (lancement des travaux : 27/10/2014)
  - ✓ Staoueli : projet de 98 logements (lancement des travaux : 27/10/2014)
  - ✓ Zeralda : projet de 62 logements
- Logements location-vente (AADL)
  - ✓ Projet de 600 logement (Belle vue) en 2013
  - ✓ Projet de 600 logement Belle vue en 2016
- Logements publics locatifs (Logements social)





Malgré le nombre important de la population occupant les communes de la zone d'étude qui se partagent le littoral de la wilaya d'Alger et l'importance de l'urbanisation (la partie est avec une hégémonie urbaine quasi-totale), l'agriculture reste plutôt un facteur important pour la dégradation dunaire (**Figure 53**).



**Figure 53:** Taux de pertes de dunes par occupation du sol

**Tableau 10:** aperçu des types d'habitats dominants dans la zone d'étude

Ain Benian	
Type habitat	Aperçu
Précaire colonial	
Individuel	 <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <span>Plage artificiel</span> <span>Plage la fontaine</span> </div>
Collectif	 <p style="text-align: center; margin-top: 10px;"><b>Cité AADL Bellevue</b></p>
Cheraga	
Equipement culturel	 <p style="text-align: center; margin-top: 10px;"><b>CIC :Centre international de Conférence Staoueli</b></p>

<p><b>Equipement sanitaire</b></p>	 <p><b>Le Complexe de thalassothérapie Sidi Fredj</b></p>
<p><b>Collectif (Projet)</b></p>	
<p><b>Equipement touristique</b></p>	 <p><b>Zeralda</b></p>
<p><b>Equipement touristique</b></p>	 <p><b>Complexe touristique</b></p>

### 4.3 Les aménagements côtiers sur le littoral ouest d'Alger :

L'artificialisation du littoral en tant que telle provient de différentes catégories d'ouvrages, répondant à des usages variés (**Tableau 11**).

Les ouvrages de protection sont principalement construits pour protéger les terrains le long de la côte de l'érosion et pour soutenir le sol. On trouve divers types sur l'entité géographique étudiée, notamment des enrochements, des murs de soutien en béton, et des Epis et brises lame.

**Tableau 11:** L'équipement côtiers observé durant l'investigation sur terrain

<b>Baie d'El Djamila</b>	
Plage El Djamila	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Port d'El Djamila avec la digue de clôture qui impose une contrainte de navigation (<b>Figure 54</b>), et elle ferme toute la plage pour que le sable ne se diverse pas dans cette partie donc on est en face à une variété d'agitation qui va causer des blooms phytoplanctoniques de 2m a 8m.</li> <li>- La plage artificielle était remplie par le sable mais l'évolution spatio-temporelle a confirmé la disparition des volumes importantes de sable à travers le lessivage due à la précipitation, c'est à dire l'eau s'accumule et il transporte le sable avec lui par création d'un trajet au-dessous de l'ouvrage.</li> </ul>
Sidi Fredj Est	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Epi en « L » perpendiculaire au rivage, cet ouvrage permettra ainsi de modifier le profil de plage.</li> <li>- Présence d'affouillement confirmée au niveau de cette ouvrage (<b>Figure 55</b>)</li> </ul>
<b>Baie de Bouismail</b>	
Azur plage Palm Beach	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Présence de 5 brises lame qui résulte la perturbation dans l'équilibre naturel du transport sédimentaire (<b>Figure 56</b>).</li> <li>- Des murs de soutiens en haut de plage qui ont modifié la pente de cette plage.</li> </ul>
Complexe touristique	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plage rectiligne souffre d'érosion donc le LEM a réalisé des ouvrages de protection</li> <li>- En 2004, une série de trois brise-lames a été construite au niveau de la plage avec un espacement de 70m et longueur de 200m (<b>Figure 57</b>)</li> <li>- Épis en « I » avec une longueur de 130 m et vertical a la côte. (BENSALAH,2016)</li> <li>- Barres hydrodynamiques se naissent au point de déferlement à cause du mouvement sédimentaire.</li> </ul>

➤ Galerie des photos d'équipement côtiers :



**Figure 54:** 1\_ Digue de clôture (Plage d'El Djamila)  
2 -Le volume de sable perdue au niveau de la plage artificiel



**Figure 55:** Ouvrage de protection au niveau la plage Sidi Fredj Est1 : Trait de côte, 2 : Dégradation de la couverture végétale,3 : Ouvrages de protection



**Figure 57:** Ouvrages de protection (Plage Complexe touristique)



**Figure 56:** ouvrages de protection (Plage Azur - Palm Beach)

**4.4 Fréquentation touristique :**

La zone d'étude est une des plus attractives de la région à cause de l'étalement des plages en ruban sablonneux sur notre zone, avec ses stations balnéaires, reste très convoitée par un tourisme, souvent, massif et destructeur de l'identité de son environnement.

Cette expansion touristique est concentrée sur la période estivale et reste confiné sur le secteur des plages. Elle génère souvent des problèmes (**Figure 58** et **Figure 59**).

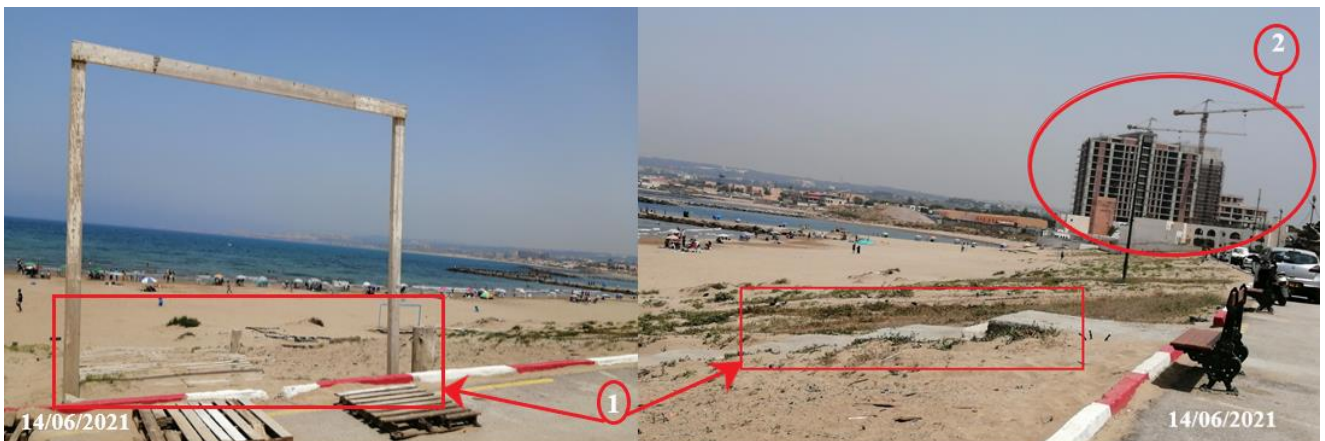


**Plage Azur\_Palm beach**

**Plage Méditerranée**

**Figure 58:** Activité touristique sur la zone d'étude

**1 :** Etalement des hôtels, **2 :** Chemins d'accès aux plages, **3 :** Mur de soutien, **4 :** Trait de côte



**Plage Sidi Fredj Est**

**Figure 59:** Régression du couvert végétal de la plage Sidi Fredj Est

**1 :** Chemins spécifiques pour accéder à la plage, **2 :** Urbanisation

#### 4.5 Rechargement artificiel :

Le rechargement des plages est une technique qui consiste à apporter artificiellement du sable ou des galets à la plage pour compenser le déficit sédimentaire (recharger la dune et limiter la déflation) et modifier le niveau topographique de la région côtière. Sa finalité peut être touristique (améliorer l'aspect visuel, conserver une largeur de plage et donc une capacité d'accueil suffisante) mais également sécuritaire (protéger l'arrière-côte) (**Figure 61** et **Figure 60**). Sur le plan écologique il existe une possibilité de détruire des habitats (plage et estran) en enfouissant des communautés végétales.



Azur Plage

Plage la Fontaine

**Figure 61:** Reprofilage au niveau des plages de la zone d'étude

1 : Trait de côte, 2 : Bétonisation du rivage, 3 : Effondrement, 4 : Réorientation de la direction de diversement



Plage El Djamila

Plage El Bahdja\_Les Dunes

**Figure 60:** Types de rechargement dans la zone d'étude  
Rechargement (1 : en sable, 2 : en enrochement)

## 5. ETUDE DE L'EVOLUTION DE LA LIGNE DE RIVAGE

### 5.1 Introduction :

Le trait de côte généralement est la ligne qui sépare la terre et la mer, mais avec la complexité de la morphologie côtière, il est souvent très difficile de le déterminer sur terrain. Pour analyser ces changements, une définition du « trait de côte » doit être donnée de manière à prendre en compte les différentes configurations géomorphologiques des littoraux ainsi que les notions d'évolution temporelle relative (LE BERRE ET AL., 2005). L'activité anthropique à travers ; les extractions de matériaux aux embouchures des fleuves ; l'arasement des dunes bordières ; les aménagements du front de mer ; les travaux portuaires et ouvrages de protection, sont susceptibles de provoquer l'augmentation d'érosion côtière.

L'érosion est un facteur essentiel qui doit être pris en compte dans l'aménagement du territoire, car le degré d'érosion est un indicateur majeur de la durabilité d'un schéma d'aménagement du territoire (GRIESBACH ET AL. 1998).

L'étude des changements passés d'un littoral peut se faire par différentes méthodes d'analyse. L'interprétation de photographies aériennes, l'analyse de cartes (historiques, topographiques et hydrographiques), l'étude des images satellitaires, des relevés sur le terrain et des enquêtes auprès des gens du milieu constituent autant de sources d'information pour étudier le trait de côte (GRENIER and DUBOIS, 1990).

Le choix de la méthodologie de suivi du trait de côte doit être en fonction des caractéristiques du milieu, des moyens et outils disponibles ainsi que les besoins en matière de précision (BOUKHEDICHE, 2017).

La cartographie de l'érosion est un outil fondamental pour connaître la répartition, l'ampleur géographique du phénomène et d'incorporer ce phénomène comme facteur dans le processus d'aménagement du territoire (GRIESBACH ET AL. 1998).

### 5.2 Calcul des taux d'érosion / accrétion :

- Le DSAS (Digital Shoreline Analysis System) :

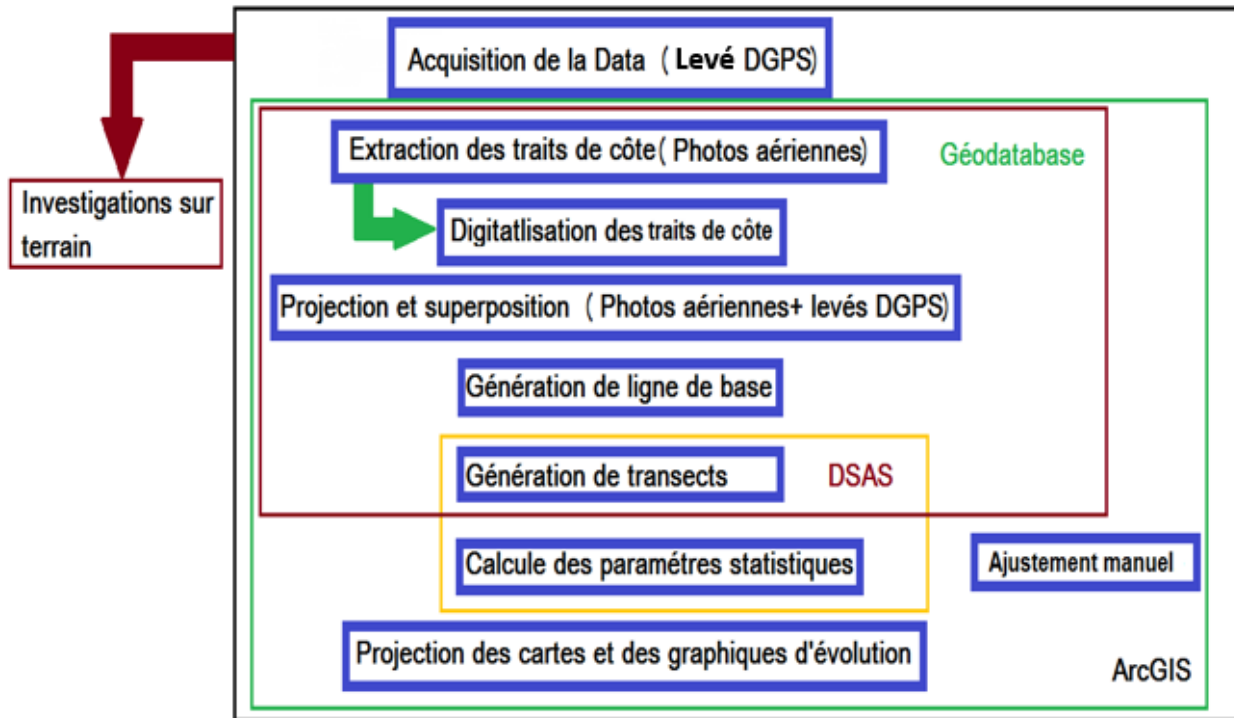
DSAS (Digital Shoreline Analysis System) est un système d'analyse et de digitalisation du trait de côte, c'est une application de logiciel gratuite pour le système ESRI (Institut de Recherche du système environnemental), utilisé dans les SIG (système d'information géographique) pour le logiciel ArcGIS. DSAS calcule les statistiques de taux des variations d'une série chronologique des données vectorielles de trait de côte. (HIMMELSTOSS ET AL, 2009)

Pour cette étude on a utilisé un espacement de **20m** entre les transects pour obtenir **1118** transects le long de la zone d'étude.

### 5.3 Méthodologie :

L'étude de trait de côte se fait par plusieurs étapes à l'aide des différentes sources et à très hautes résolutions spatiales ; les données utilisées proviennent de APPL et SAS Planet (**Annexe IV**).

Le traitement de ces données est réalisé par la digitalisation sur ArcGIS



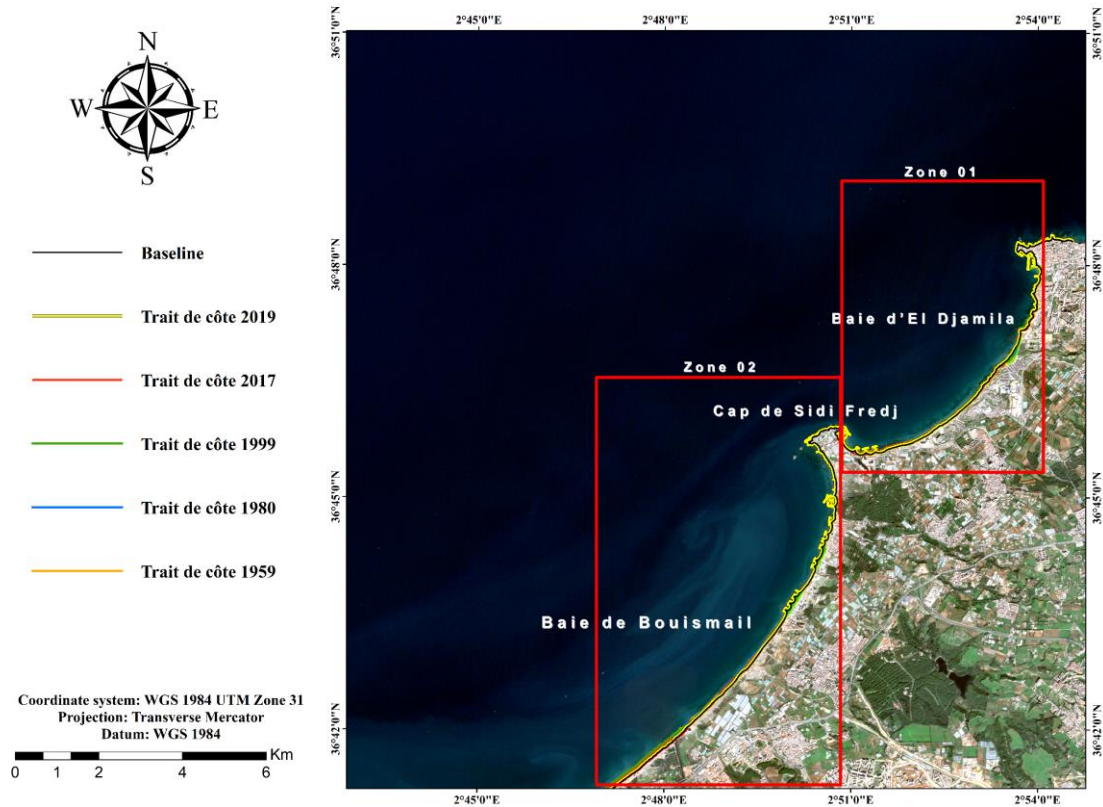
**Figure 62:** Étapes de la méthodologie de suivi du trait de côte.

### 5.4 Bilan statistique et projection des cartes d'aléas :

Les calculs statistiques de la variation de la ligne de rivage ont été effectués le long des 1118 transects, répartis le long des 17 Plages allant de la plage Méditerranée à l'Est Jusqu'à celle de Kheloufi 1 à l'Ouest.

On a divisé la région d'étude en 2 entités géographiques :

- Entités géographiques 01 : Le long de la baie d'El Djamila.
- Entités géographiques 02 : Cap de Sidi Fredj jusqu'à Oued Mazafran.



**Figure 63:** Carte des entités géographiques de la zone d'étude

Pour bien comprendre la tendance évolutive de ces différents rivages selon l'échelle spatio-temporelle, on a projeté les résultats statistiques des indicateurs EPR, NSM et LRR, ils matérialisent les minimums, les maximums ainsi que les vitesses moyennes d'évolution de la ligne de rivage (**Figure 63**).

Afin de mieux cerner la dynamique du trait de côte sur une période de 60 ans, des cartes d'aléa à l'érosion ont été réalisées sur quatre périodes : de 1959 à 1980, 1980 à 1999, 1999 à 2019 et 1959 à 2019.

Ces classes (**Tableau 12**) représentent le degré de progression ou de dégradation de la zone étudiée ont été cartographié et un bilan surfacique a été calculé à partir de la création de polygones à l'aide d'ArcGIS entre le trait de côte le plus ancien et le plus récent pour chaque période étudiée. Les surfaces de chaque polygone représentent la surface perdue de la plage dans le cas du recul du trait de côte (bilan négatif) ou la surface d'engraissement dans le cas d'avancement du trait de côte (bilan positif), la différence entre les deux bilans renseigne sur l'état de la zone en fonction du temps.

**Tableau 12:** Classification des valeurs de changement du trait de côte à partir des paramètres EPR

	Taux de changement de trait de côte (m/an)	Classification des traits de côte
1	>- 2	Erosion très élevée.
2	>- 1 à <- 2	Erosion élevée.
3	> -1 à < 0	Erosion modérée.
4	0	Stable.
5	> 0 à < +1	Accrétion modérée.
6	> +1 à < +2	Accrétion élevée.
7	> +2	Accrétion très élevée.

## 5.5 Evolution de la ligne de rivage :

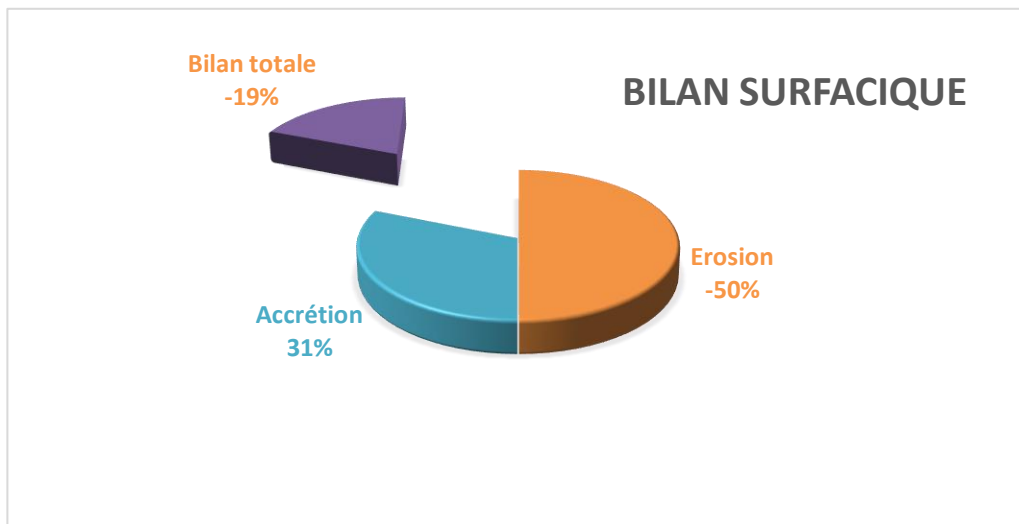
### 5.5.1 Période allant de 1959 à 2019 :

Pour quantifier les pertes et les gains en sédiments le long de la zone d'étude, les déplacements du trait de côte ont été exprimés en termes de surfaces.

Au cours de 61 dernières années (1959 à 2019), les résultats de la variabilité spatio-temporelle du rivage montrent que les surfaces des plages perdues dominent celles gagnées par accrétion (**Annexe V, Tableau 7**). Le budget sédimentaire global sur cette période est négatif.

Le bilan surfacique net montre que la zone a connu une perte en sédiment de l'ordre de  $-15221,12 \text{ m}^2$  avec une accrétion modérée de  $+0,06 \text{ m/an}$ , soit une surface de  $+196752,62 \text{ m}^2$ .

Cette étude a révélé que durant cette période, sur 50 % des transects correspondant à 17 km du linéaire côtier, la côte est en érosion, La zone en accrétion représente 31 %, soit 10,5 km du linéaire côtier (**Figure 64**).



**Figure 64:** Bilan surfacique de la zone d'étude entre 1959 et 2019

L'engraissement a été marqué tout le long des plages : les Dunes, El Riadh, CRF Staoueli, Palm Beach, Club des pins, Azur plage et Complexe touristique Zeralda où le rivage s'est introduit jusqu'à 3,53m vers la terre. Cela est non seulement dû aux ouvrages de protection installés au niveau de ces plages mais aussi au manque des apports de l'Oued Beni Messous. Tandis qu'une stabilité a été enregistrée au niveau des plages : Méditerranée, Jeunesse, Fontaine, plage d'Or, Sidi Fredj Est et Sidi Fredj Ouest (**Figure 65**).

Par ailleurs, le reste de la zone montre une érosion élevée à très élevée qui a atteint un EPR max de -1,27 m/an et un LRR max de -1,3 m/an au niveau de la plage Kheloufi 1, La conjugaison des facteurs naturels et anthropiques ont rendu ces secteurs plus fragiles et vulnérables (Erreur ! Source du renvoi introuvable.).

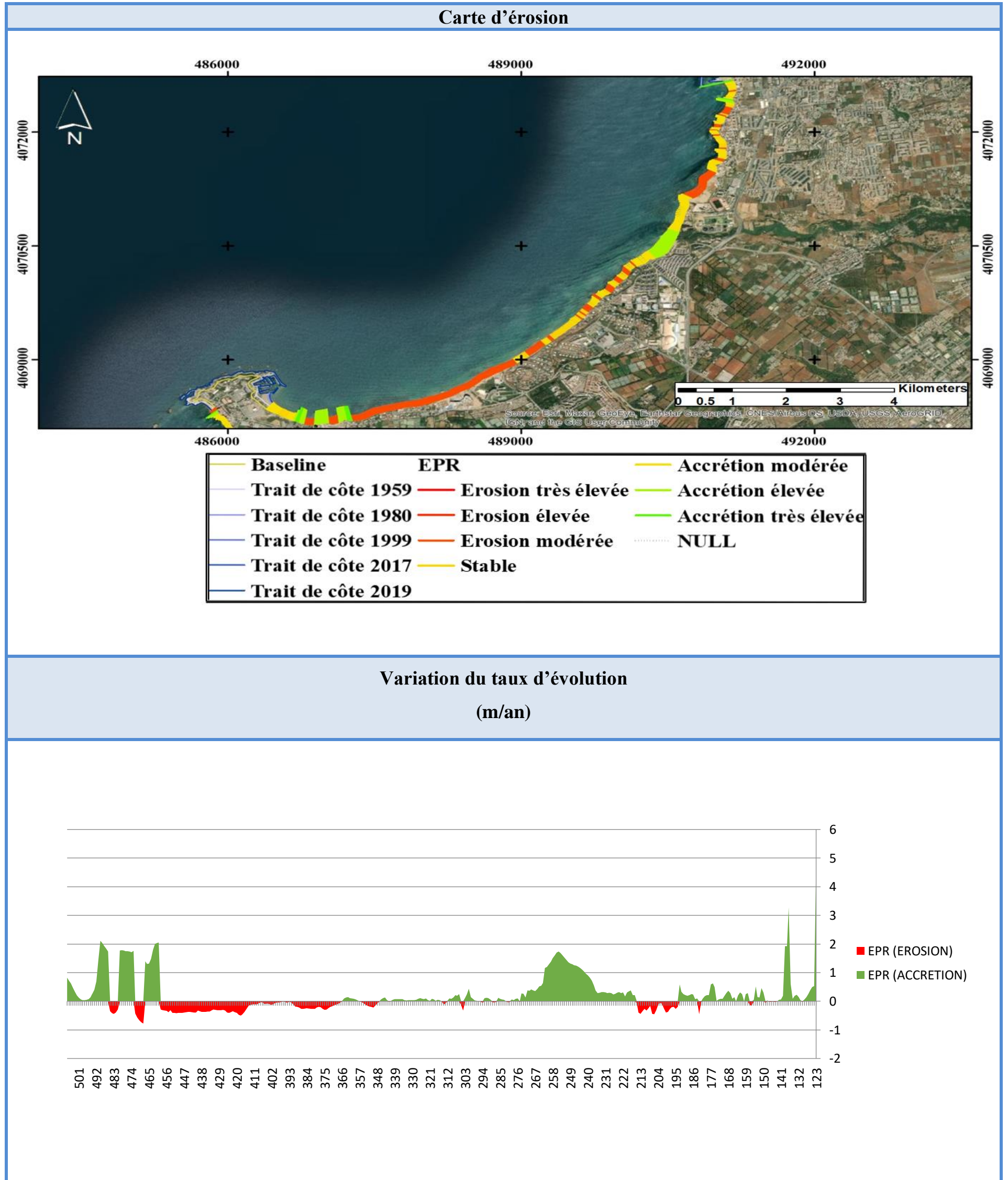
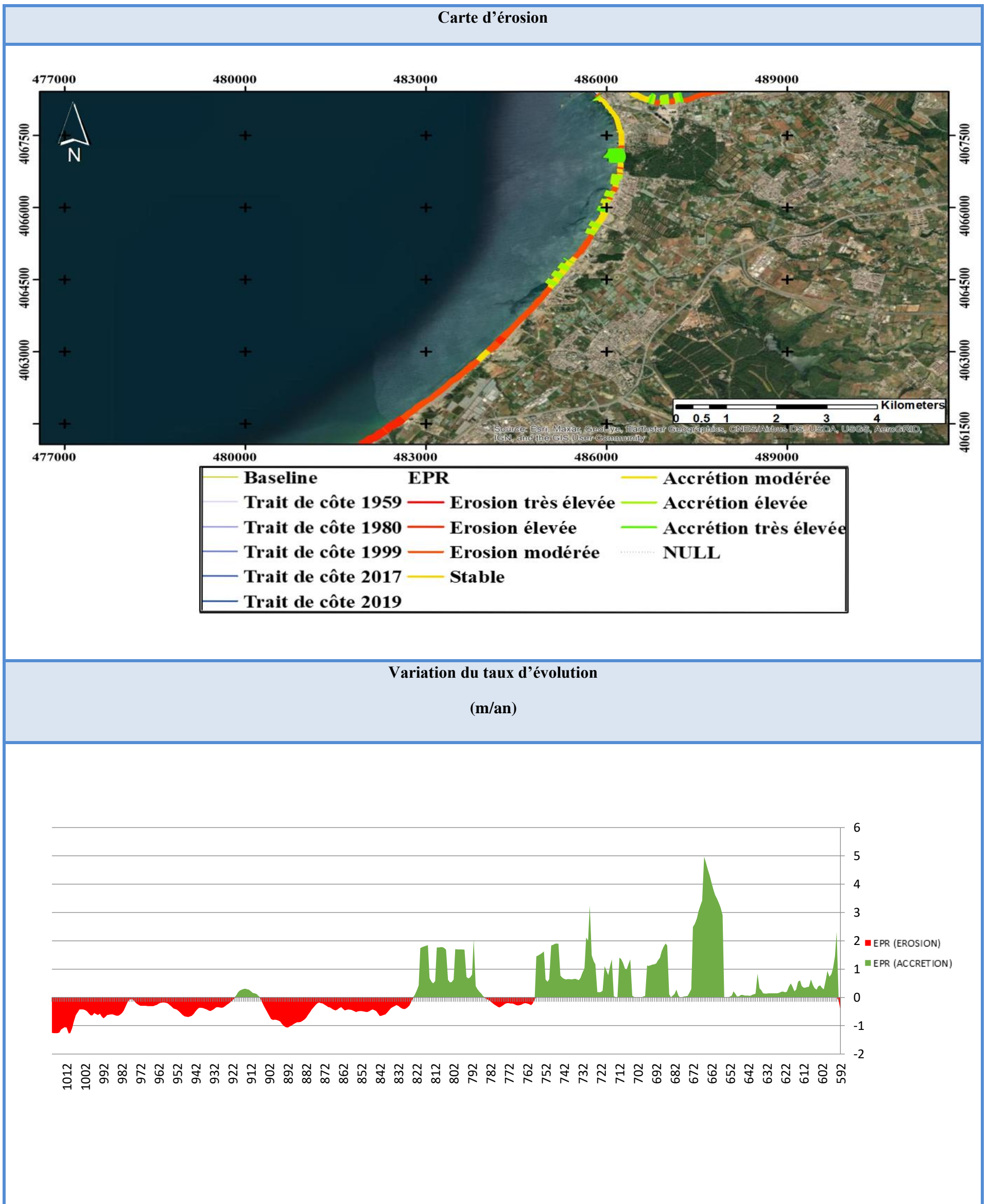


Figure 65: Evolution du trait de côte entre 1959 et 2019 de l'entité géographiques 01



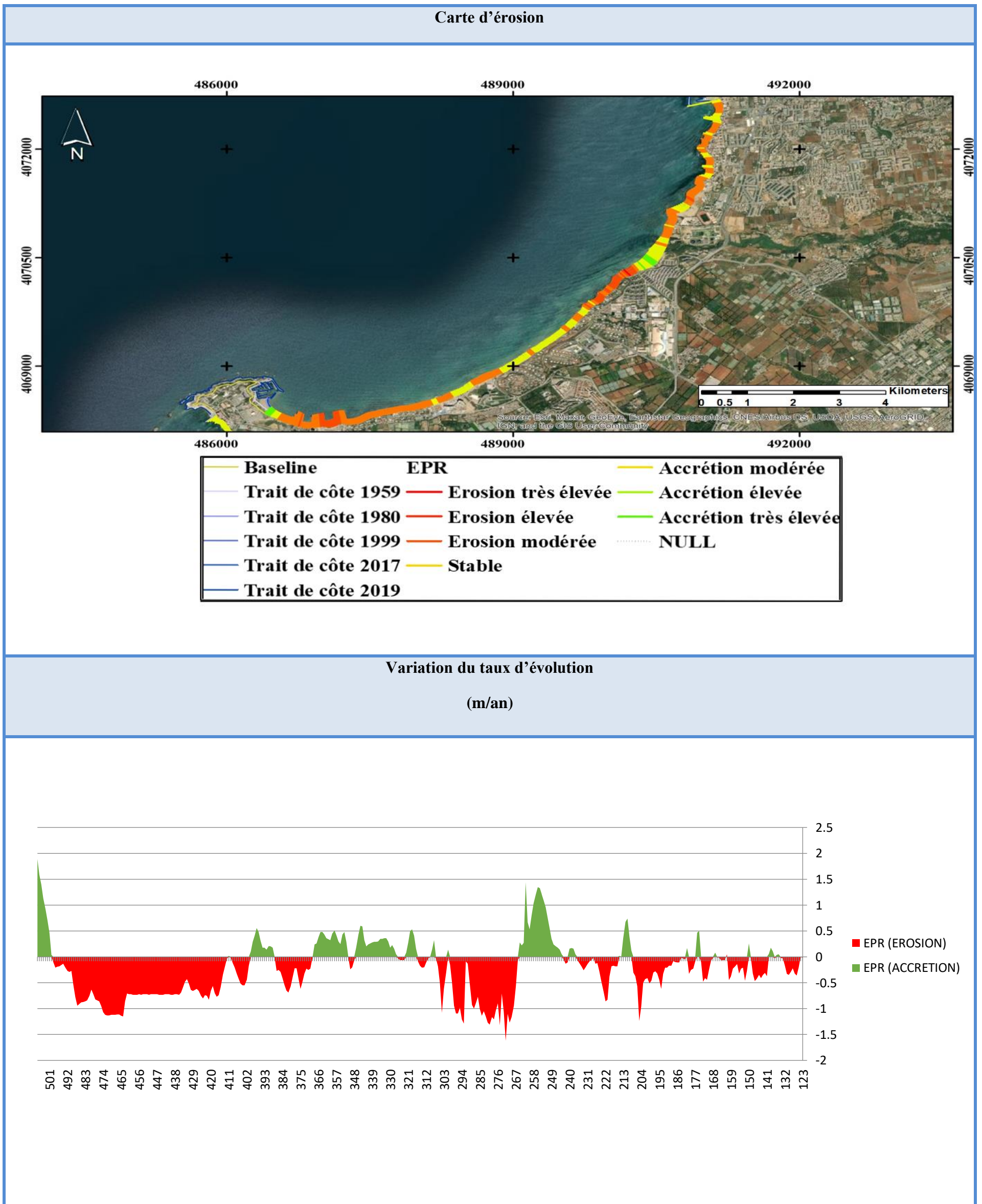
**Figure 66:** Evolution du trait de côte entre 1959 et 2019 de l'entité géographiques 02

### 5.5.2 Période allant de 1959 à 1980 :

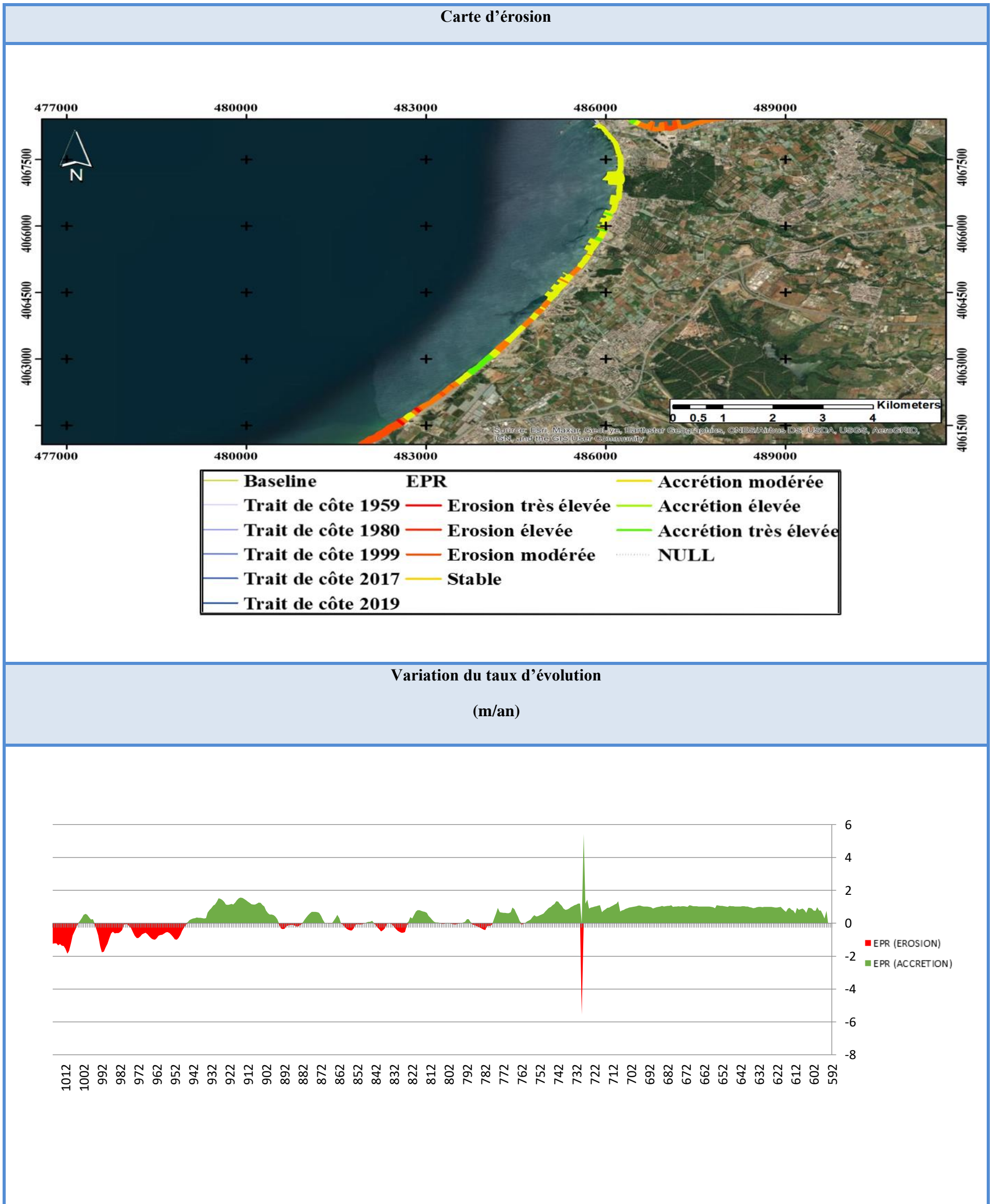
Au cours de cette période, le trait de côte affiche une stabilité tout au long de la zone d'étude avec un EPR moyen de +0,012 m/an et un NSM moyen de +0,26m (**Annexe V, Tableau 8**).

Les plages de la baie d'El Djamila affichent une érosion élevée sur presque l'intégralité de son rivage, à l'exception de quelques endroits qui restent stables. Cette érosion a été marquée principalement au niveau des plages : Méditerranée, la Jeunesse, Fontaine et El Bahdja, cette dernière enregistre un EPR max de -1,24 m/an et un NSM moyen de -4,32 m au niveau du transect 204 (**Figure 67**).

En outre, les plages de la baie de Bou-ismail sont en pro-gradation avec un EPR de l'ordre de +0,13m/an et un NSM moyen de  $\pm 2,86$  m, à l'exception des alentours de l'embouchure d'Oued Mazafran dont la position est naturellement mobile et une érosion très élevée se manifeste avec un EPR max de -1,84 m/an au niveau de la plage de Kheloufi 2 (**Figure 68**).



**Figure 67:** Evolution du trait de côte entre 1959 et 1980 de l'entité géographiques 01



**Figure 68:** Evolution du trait de côte entre 1959 et 1980 de l'entité géographique 02

### 5.5.3 Période allant de 1980 à 1999 :

Le trait de côte durant cette période est en constante évolution entre phase d'érosion et phase d'engraissement. La zone d'étude affiche en moyenne un taux d'évolution de  $-0,05$  m/an, soit une distance de  $-1,02$  m (**Annexe V, Tableau 9: PERIODE ALLANT DE 1980 A 1999**).

Les plages Dauphin, Sheraton, Sahel ainsi que les transects 339 jusqu'à 992 affichent une érosion élevée à très élevée le long de ces segments qui peut atteindre un EPR min de  $-1,96$  m/an enregistré dans Azur plage.

Tandis que le reste du littoral de la zone d'étude présente une alternance de micro-secteurs stables et en accrétion entre les transects (123-339, 429-501 et 1000-1020) dont la vitesse d'avancée peut atteindre la valeur maximale de  $107,37$  m au niveau du transect 137 qui correspond à la plage de la jeunesse (**Figure 69**).

L'érosion de ces secteurs est due d'une part, à la présence du port de Sidi Fredj (c'est un piège à sédiments) qui empêche le transit littoral en créant une zone d'accrétion en amont (Plage Sidi Fredj Est, El Riadh, El Menzeh et Moretti) et une autre d'érosion en aval (**Figure 70**). D'autre part, l'érosion est due à l'occupation anarchique au niveau des anciennes dunes, à partir des années 80, s'ajoute à cela, la diminution de la quantité des sédiments arrachés et acheminés vers la côte le long du bassin versant.

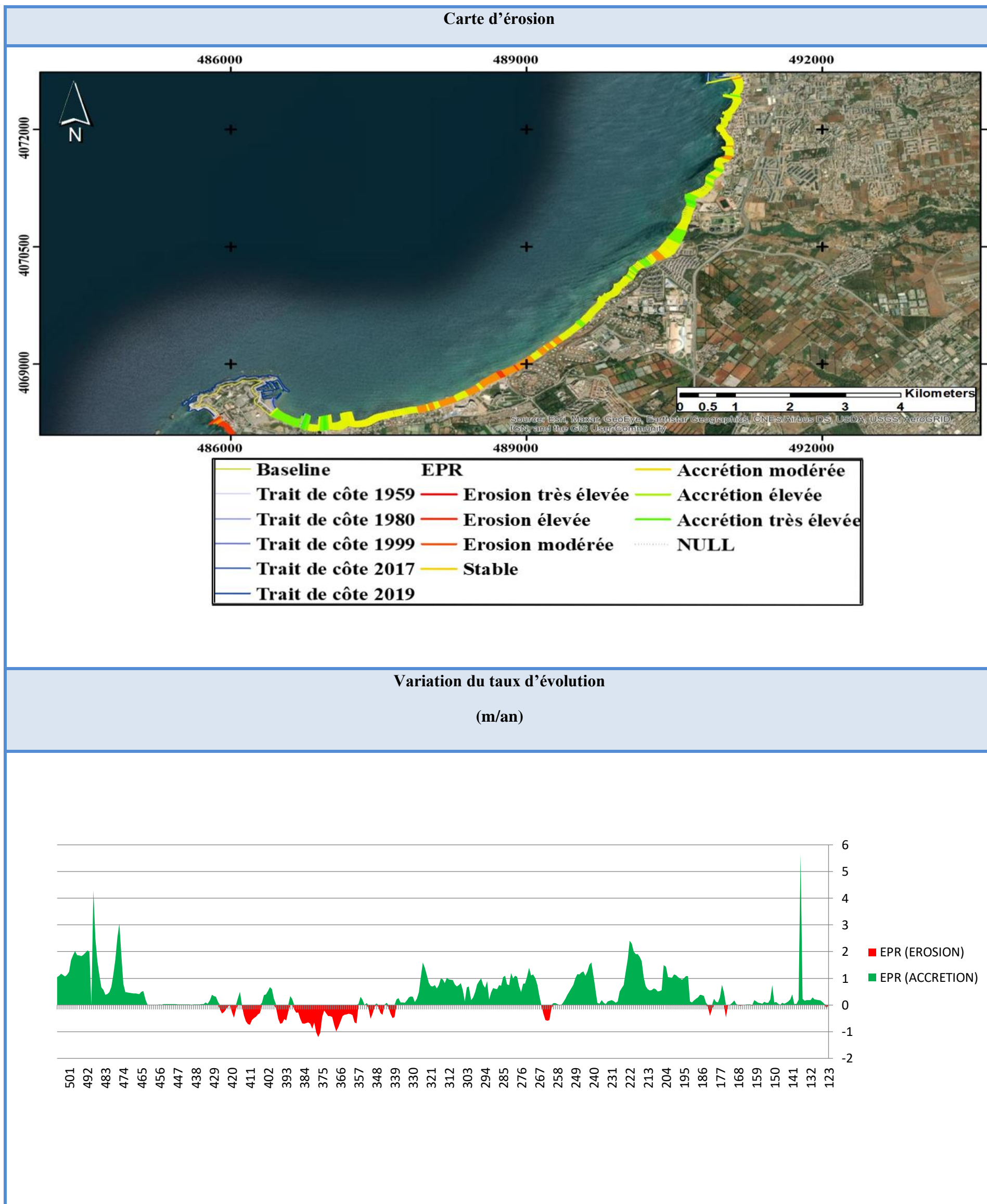
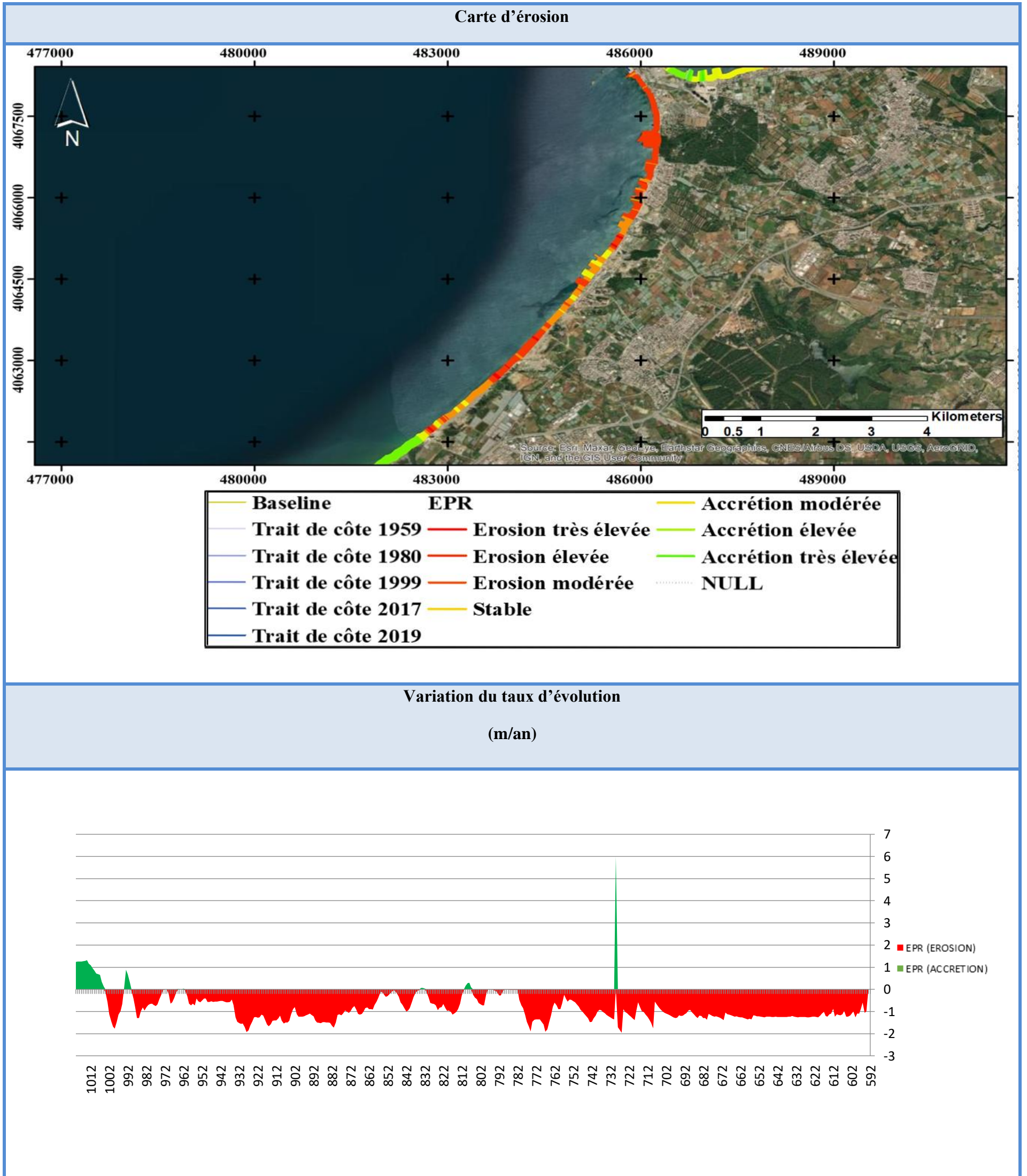


Figure 69: Evolution du trait de côte entre 1980 et 1999 de l'entité géographique 01



**Figure 70:** Evolution du trait de côte entre 1980 et 1999 de l'entité géographique 02

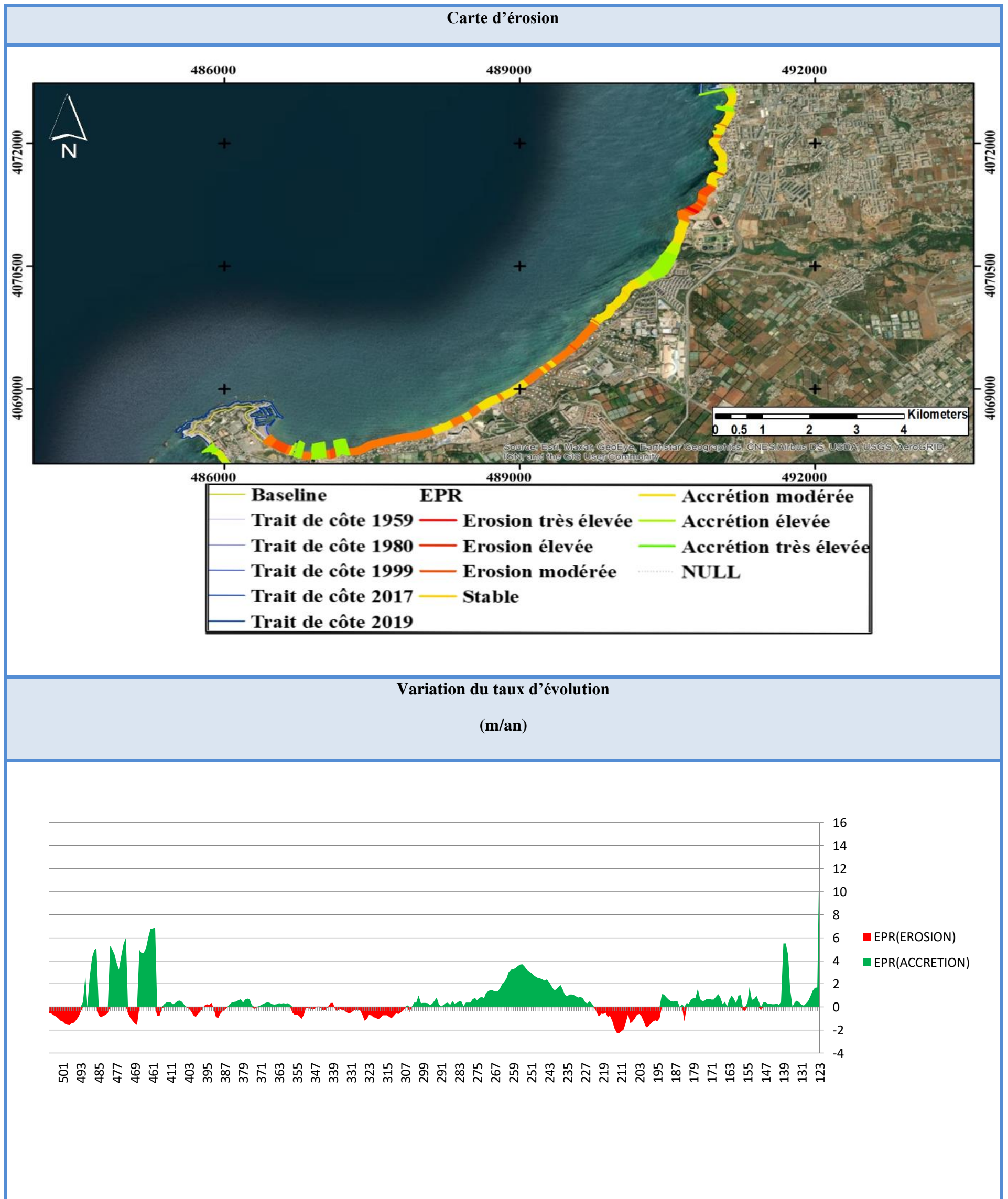
#### 5.5.4 Période allant de 1999 à 2019

Toutes interventions humaines excessives dans la zone côtière entraînent une accentuation de la fragilité de cette dernière. La dégradation des dunes par les activités de pâturage anarchique, la sur fréquentation touristique durant l'été et les activités de carrossages en dehors de la période estivale mènent à un état d'érosion important qui a été enregistré atteignant parfois les 73,7 m avec un taux de recul estimé à -1,81 m/an au niveau de la plage Kheloufi 1 (**Annexe V, Tableau 11**).

Ces valeurs d'érosion très importantes pour la côte dunaire sont dues à la fois à des interventions anthropiques tel que : l'extension des tissus urbains par la construction d'infrastructures au bord de la mer tout en dégradant le système dunaire, l'extraction massive des sédiments du lit d'Oued Beni Messous en favorisant le départ des sédiments de la plage El Bahdja et en alimentant par la suite les secteurs adjacents avec un taux de recul maximal de -2,28m/an (**Figure 71**).

Par ailleurs, une accrétion remarquable a été affichée au niveau des plages protégées par les ouvrages de protection atteignant une moyenne d'EPR de 0,36 m/an, avec un maximum enregistré au niveau de la plage CRF Staoueli (**Figure 72**).

Ceci peut être expliqué d'une part par le rechargement des plages par le sable et d'autre part par la présence d'Oued Beni Messous au niveau de la baie d'El Djamila et Mazafran dans la baie de Bouismail qui irriguent la zone de part et d'autre charriant les sédiments vers la côte.



**Figure 71:** Evolution du trait de côte entre 1999 et 2019 de l'entité géographique 01

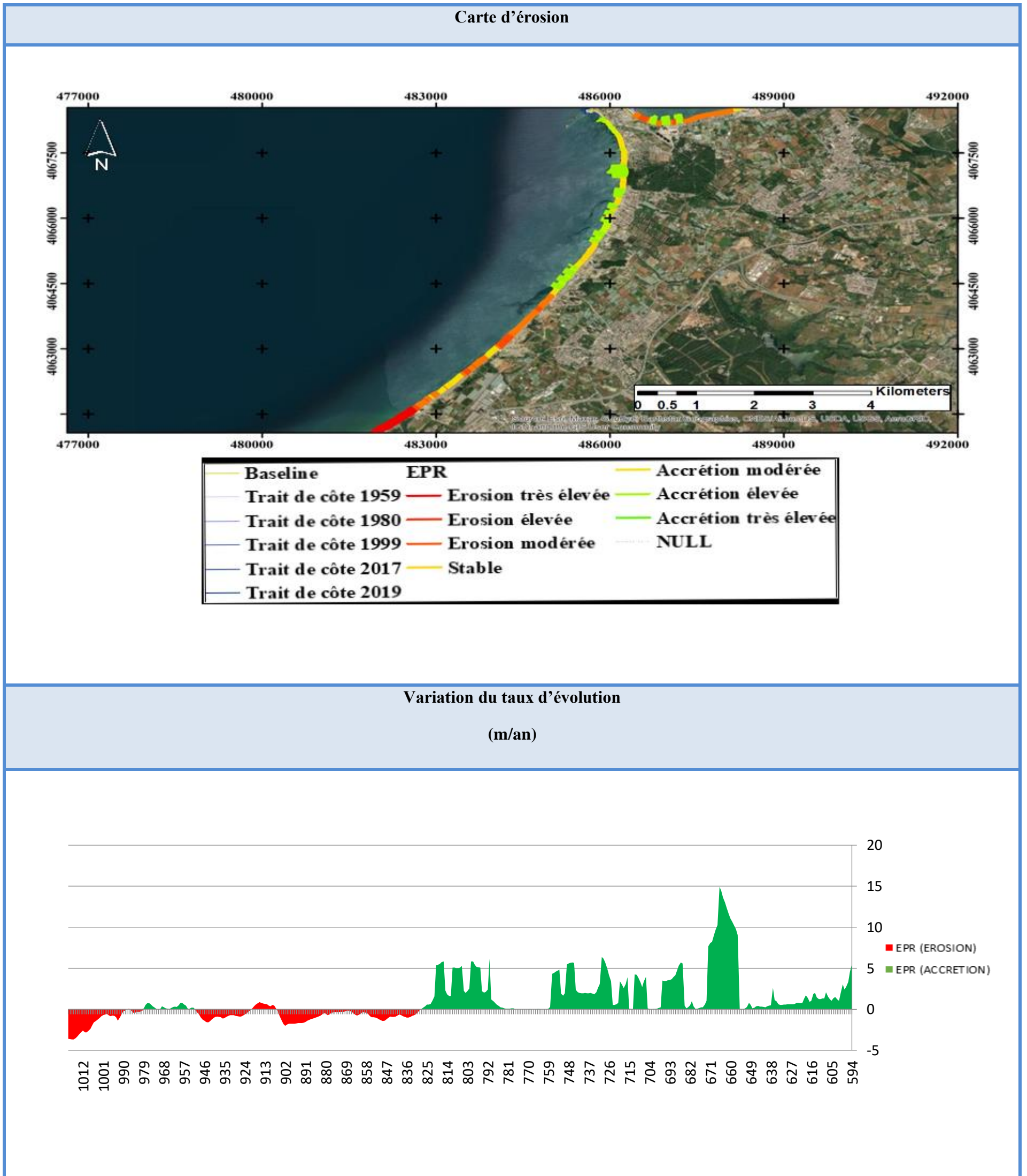


Figure 72: Evolution du trait de côte entre 1999 et 2019 de l'entité géographique 02

### 5.6 Conclusion :

L'analyse diachronique de la cinématique du trait de côte, a montré que ce littoral a été fortement sollicité tout le long de la période d'étude, par les activités de développement notamment urbain et touristique ; celles-ci ont interféré avec la dynamique hydro-sédimentaire du système côtier et causé une forte érosion des plages avec un taux de recul EPR Max de l'ordre de -1,27 m/an ; soit un NSM moyen de 3,56 m allant de 1959 à 2019, avec une perte de 1,522112 HA de sa surface d'évolution.

Ces dernières années, la région a connu un degré d'érosion élevé et une augmentation rapide sur la période 1999 à 2019. Cela est dû à la fragilisation continue du cordon dunaire par les interventions anthropiques. La rive intérieure face à la chaîne dunaire a connu des sections alternées d'accrétion et d'érosion. Cette tendance évolutive est aussi gouvernée par les conditions hydro-sédimentaires de la zone d'étude qui constituent soit une source de sédiments (zone de dépôt) soit un puits de sédiments (zone d'arrachement).

Ce changement sur le plan hydro-sédimentaire a engendré un déséquilibre de ce système naturel ; dont la première conséquence attendue est une réduction considérable des échanges sédimentaires entre la plage sous-marine et le cordon dunaire, ce qui aggrave en plus le recul/avance du trait de côte et favorise la dégradation du cordon dunaire de la zone d'étude.

---

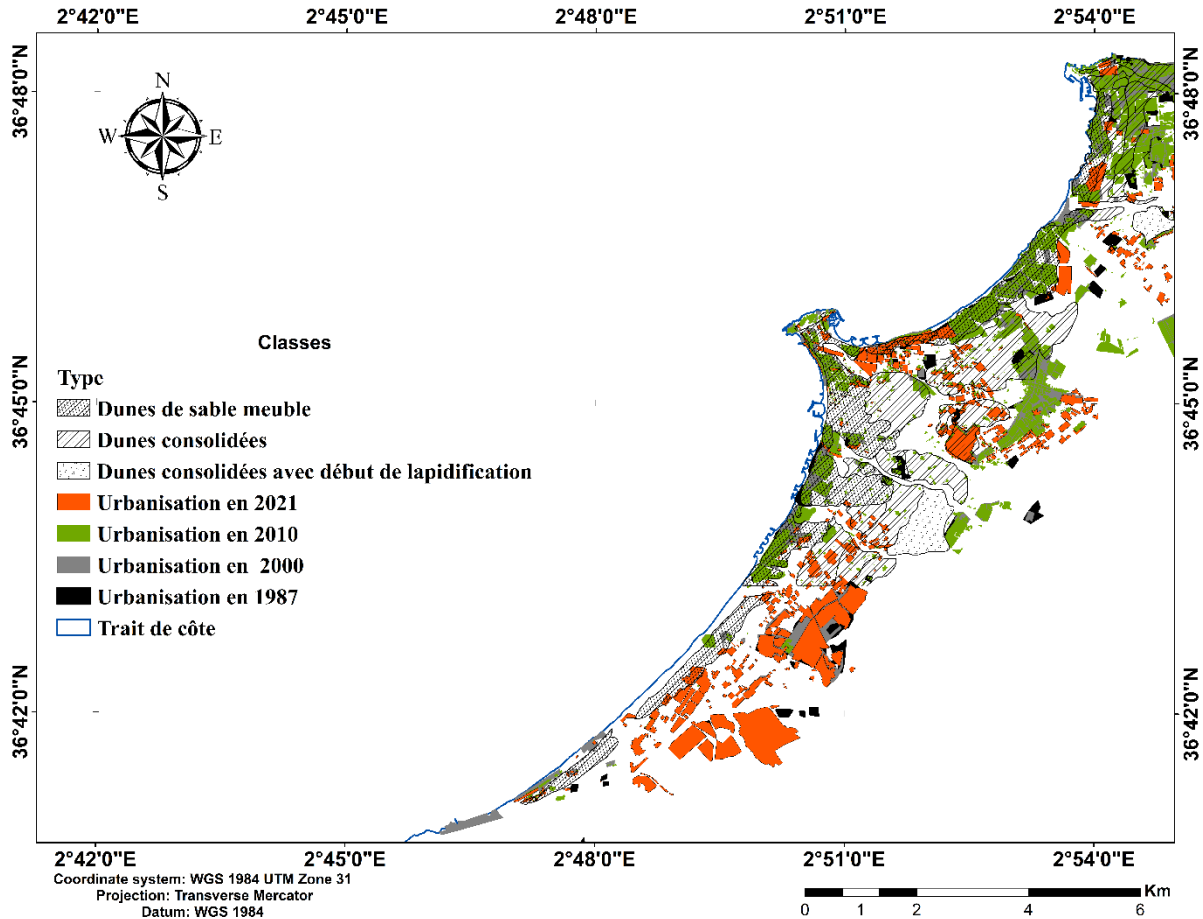
## *Chapitre III*

*Corrélation entre :  
dégradation des cordons  
dunaires- expansion  
urbanistique – évolution  
du trait de côte*

---

## 1.SUPERPOSITION DES RESULTATS

Devant l'aggravation de l'érosion et la menace de danger qui pèse sur les cordons dunaires de la partie ouest de la côte Algéroise, et dans le but de mesurer plus largement les changements affectant sur cette partie, une superposition spatiale de cartes des dunes extraite précédemment sur les zones d'urbanisation multi temporelle a été effectuée. Cette superposition montre l'étalement urbain global pendant la période d'études ; donc une quantification des surfaces dunaires dégradées (**Figure 73**).



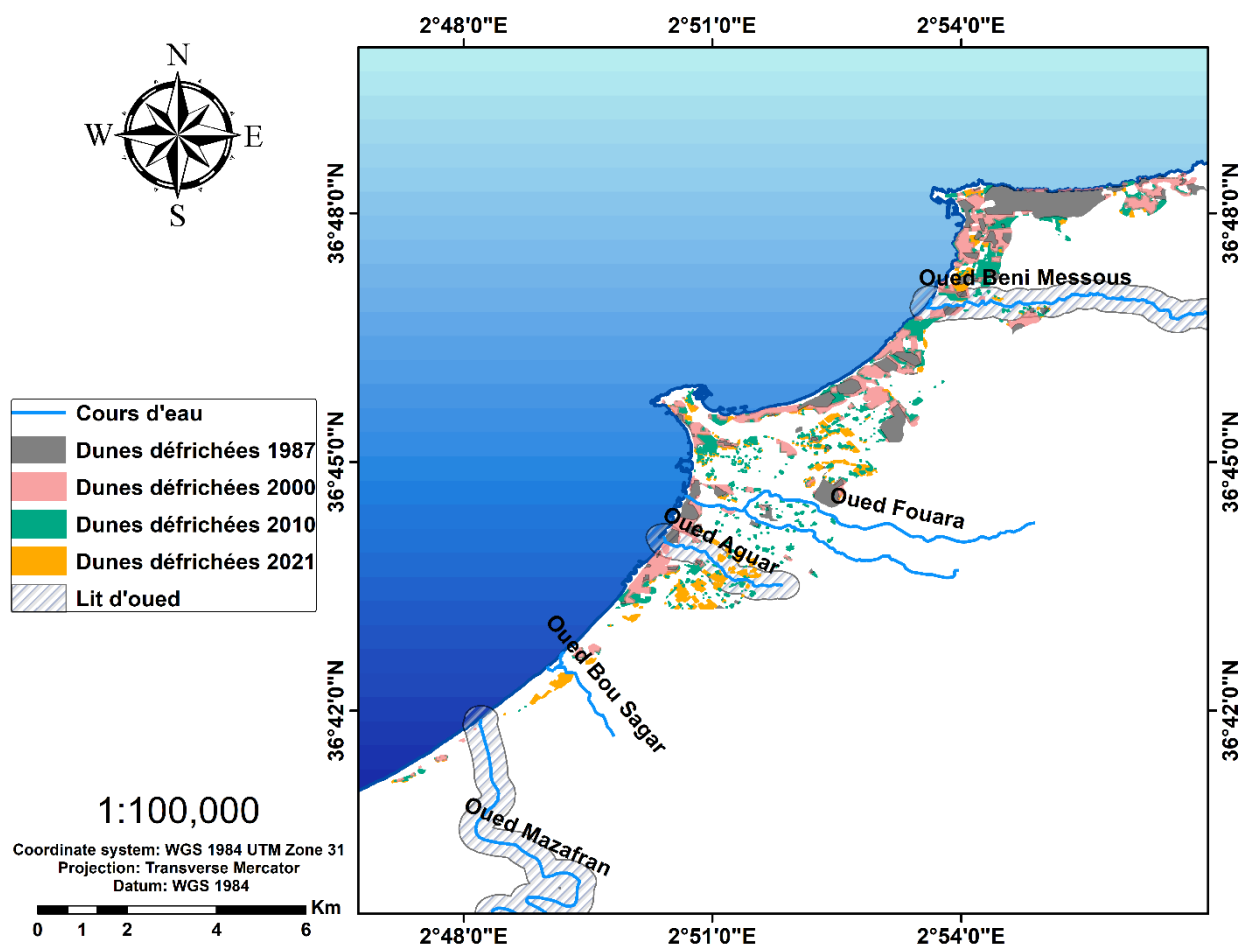
**Figure 73:** Évolution dans le temps de l'urbanisation sur les espaces dunaires dans l'ouest algérois

Après l'identification quantitative des zones littorales urbanisées multi temporelle, on constate une dégradation notable des dunes consolidées pendant la période (1987\_2000), localisées surtout dans la commune de Ain Benian ; avec le taux d'urbanisation le plus important. Par contre les communes agricoles de Staoueli et Zeralda présentent un faible étalement urbain, aujourd'hui, le taux de croissance démographique des villes est moins élevé que lors des dernières décennies, en raison de l'augmentation provoquée par l'urbanisation et le tourisme.

On constate la création de nombreux petits noyaux urbains en 2010 souvent sur des terres agricoles ou à proximité d'oued Beni Messous et proche des plages sableuses.

Ces noyaux se sont développés entre 2010 et 2021, surtout au niveau la commune de Zeralda qui est parmi les communes ayant le plus de foncier libre. Elle accueille plusieurs assiettes de chantier d'habitat collectif ou l'investissement étatique.

Pour quantifier les surfaces dunaires dégradées, on a superposé les cartes des dunes (Figure 41) extraites précédemment sur les cartes de l'urbanisation dans la période d'étude.



**Figure 74:** Synthèse de la disparition des massifs dunaires dans la partie ouest algéroise

La majorité des dunes défrichées en 1987 se situent en partie. Est de la zone d'étude à proximité du rivage des dunes côtières et des dunes consolidées, situées plus à l'intérieur (arrière-côte), sont défrichées régulièrement entre 1987 et 2021 (Figure 74). Les lits des 2 principaux oueds (Mazafran et Beni Messous) montrent une nette liaison géomorphologique entre les dunes arrières-littorales (consolidées), les dunes et la plage, les deux oueds. Leurs affluents jouent un rôle de transporteur (de la dune vers la plage).

L'exploitation massive et anarchique du sable a entraîné la disparition d'une surface de végétation naturelle, pour les terres agricoles située sur la bande littorale de la zone d'étude. La disparition définitive de telles formes dunaires sera catastrophique pour l'équilibre dynamique et écologique d'une grande partie de la côte.

**2.ANALYSE SYSTEMIQUE**

Les activités anthropiques et les phénomènes naturelle se chevauchent sur le systèmes littoral d'une façon générale et le système dunaire particulièrement, le besoin d'une valorisation spécifique, s'avère nécessaire pour mesurer les influences directes et indirectes des acteurs. Pour mettre en évidence les priorités, en indiquant les volets les plus porteurs en terme d'impact ou d'influence sur les indicateurs clés (choix des variables en fonction des enjeux ), une matrice, est utilisée, mettant les domaines d'actions en lignes et les indicateurs clés de durabilité en colonnes .Il s'agit en fait de repérer les relations fortes entre les deux variables pour déterminer les priorités entre les programmes à mettre en œuvre.(GODET, 1997)

Un score de 0 à 3 est attribué pour évaluer les relations de chaque intervenant avec ses partenaires.

Système de cotation	
0	Variable identique
1	Faible relation
2	Relation motrice
3	Forte relation

La sommation des points obtenus pour chaque ligne indique à quel degré un acteur influence les autres et le total de points obtenu en colonne mesure sa dépendance vis-à-vis de l'ensemble. Cette notion de dépendance signifie évidemment que l'influence d'un acteur sur un autre inscrit ce dernier dans un rapport de dépendance, de domination, par rapport au premier.

Le remplissage de cette matrice est alimenté par des données obtenues grâce à des observation sur terrain, Il est réalisé à l'aide d'un sondage sur les relations entre les acteurs.

On peut porter ces données sur deux axes gradués et construire un diagramme d'influence-dépendance, (en mettant la dépendance en abscisses et l'influence en ordonnées). Chaque acteur est positionné selon les coordonnées qui lui correspondent. En rapport avec le degré d'influence-dépendance on peut diviser le diagramme en quatre volets, définissant différentes catégories d'acteurs

- ✓ **Les acteurs dominants** : ce sont ceux qui ont le plus d'influence tout en dépendant très peu des autres.
- ✓ **Les acteurs relais** : c'est en fait à leur niveau qu'il y a le plus d'enjeux. Très influents et très dépendants, leur comportement aura des retombées sur les autres, tout en s'attendant à des effets retour sur eux même.
- ✓ **Les acteurs dominés** : peu influents et très dépendants ils subissent les contrecoups des acteurs dominants et des acteurs relais.
- ✓ **Les acteurs autonomes** : plus ils sont proches de l'origine du diagramme, moins ils ont de prise sur le contexte. On comprend qu'il s'agit de parties « indifférentes » au système, pour lesquelles il n'y a quasiment pas d'enjeux (GODET, 1997)

La complexité du domaine littoral induit un besoin d'approche systémique pour prévoir l'état de notre système dunaire (car il présente un système rare par rapport à la zone côtière algéroise).

Cette analyse vise à d'étudier l'impact d'urbanisation sur l'évolution du système dunaire dans sa globalité, sa complexité, elle prend en compte les relations et les interactions entre les facteurs sélectionnés :

- **(SD) Surface dunaire perdue** : la partie détruite ou dégradé localisée au-dessous de zones urbanisées (signe de défrichement ou d'enfouissement sous urbanisation).
- **(Urb) Urbanisation totale** : L'urbanisation est la transformation anthropique la plus radicale de la couverture/occupation et utilisation des terres (de forêt, zone agricole, zone humide, etc. en zone urbanisée),
- **(TC) Surface de trait de côte Perdue** : la partie récente et mobile de la limite physique qui sépare la mer des continents, il évolue en fonction des changements du niveau de la mer et les mécanismes d'érosion.
- **(EAU) Apport cours d'eau** : ensemble des écoulements en provenance d'un bassin versant, de surface et souterrain. Leurs affluents est la source précieuse des sédiments transportés de la dune vers la plage par l'action de charriage.
- **(P) Pente** : la tangente de l'inclinaison rattachée au profil du système Dune-Plage (la morphologie du cordon dunaire) face aux facteurs météomarins.
- **(Eq) Équipement côtier** : les infrastructures maritimes qui sont essentielles à l'exploitation des ressources énergétiques et des réseaux de communication.
- **(HD) Hydrodynamisme** : les agents de forçage naturel qui agissent sur l'équilibre du système littorale vu que la mobilité constitue un facteur déterminant dans la compréhension de l'évolution littorale.
- **(Vgtx) Couvert végétal** : désigne un ensemble de végétaux recouvrant les cordons dunaires de manière permanente ou temporaire, c'est un système de fixation.
- **(Clim) Facteurs climatiques** : les facteurs météorologique avec des variations locales et temporelles grâce aux statistiques des données qui vont affecter la stabilité du système dunaire (précipitation, vent et température)
- **(Tsm) Activité touristique** : une littoralisation de plus en plus nette du tourisme qui fait que les implantations se font de préférence sur la côte, d'autres activités viennent se localiser également sur ce trait de côte, par la valorisation des ressources naturelles, humaines, culturelles et économique d'un territoire à travers une politique de développement touristique.

Tableau 13: Matrice d'analyse systémique (MAS)

	Surface dunaire perdue	Urbanisation totale	Surface Tc Perdu	Apport cours d'eau	Pente	Équipement côtier	Hydrodynamisme	Couvert végétal	Facteurs climatiques	Activité touristique	$\Sigma$
Surface dunaire perdue	0	3	2	2	3	3	1	3	2	3	22
Urbanisation totale	3	0	3	1	2	1	2	2	1	2	17
Surface Tc Perdu	2	3	0	2	3	3	3	0	1	2	19
Apport cours d'eau	1	1	1	0	2	0	0	3	2	2	12
Pente	3	2	3	2	0	2	3	2	1	2	20
Équipement côtier	2	2	3	0	3	0	3	0	1	3	17
Hydrodynamisme	2	2	3	0	3	3	0	0	0	2	15
Couvert végétal	3	0	1	1	2	0	2	0	1	2	12
Facteurs climatiques	2	1	1	2	0	0	2	3	0	2	13
Activité touristique	3	2	0	1	2	2	0	3	0	0	13
$\Sigma$	21	16	17	11	20	14	16	16	9	20	

2.1 Classement :

	Dépendance	Motricité
I	Surface dunaire perdue	Surface dunaire perdue
II	Pente, Activité touristique	Pente
III	Surface de trait de côte perdu	Surface de Trait de côte perdu
IV	Couvert végétal, Urbanisation total, Hydrodynamique	Équipement côtier, Urbanisation totale
V	Équipement côtier	Hydrodynamique
VI	Apport cours d'eau	Activité touristique, Facteurs climatiques
VII	Facteurs climatiques	Activité touristique, Facteurs climatiques

2.2 Le plan des influences et dépendances entre acteurs :

Ce plan est calculé à partir de la matrice précédente. Il permet de visualiser en abscisse la dépendance et en ordonnée l'influence des acteurs entre eux. A partir de ce plan on peut déterminer les différents types d'acteurs selon leur degré d'influence : acteurs dominants, acteurs relais, acteurs autonomes et acteurs dominés (Figure 75).

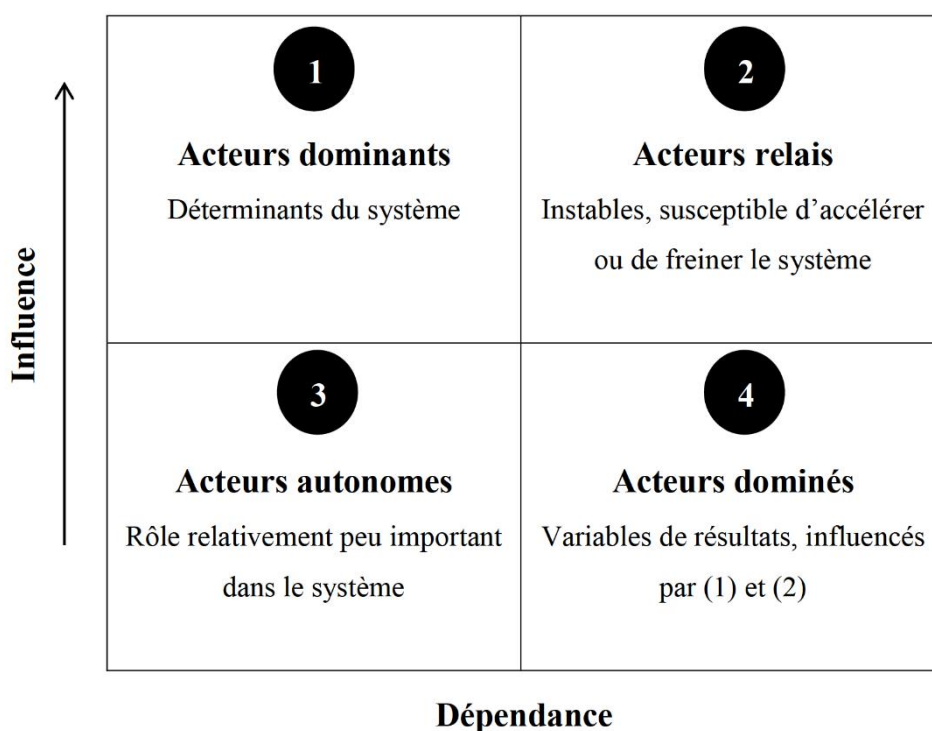
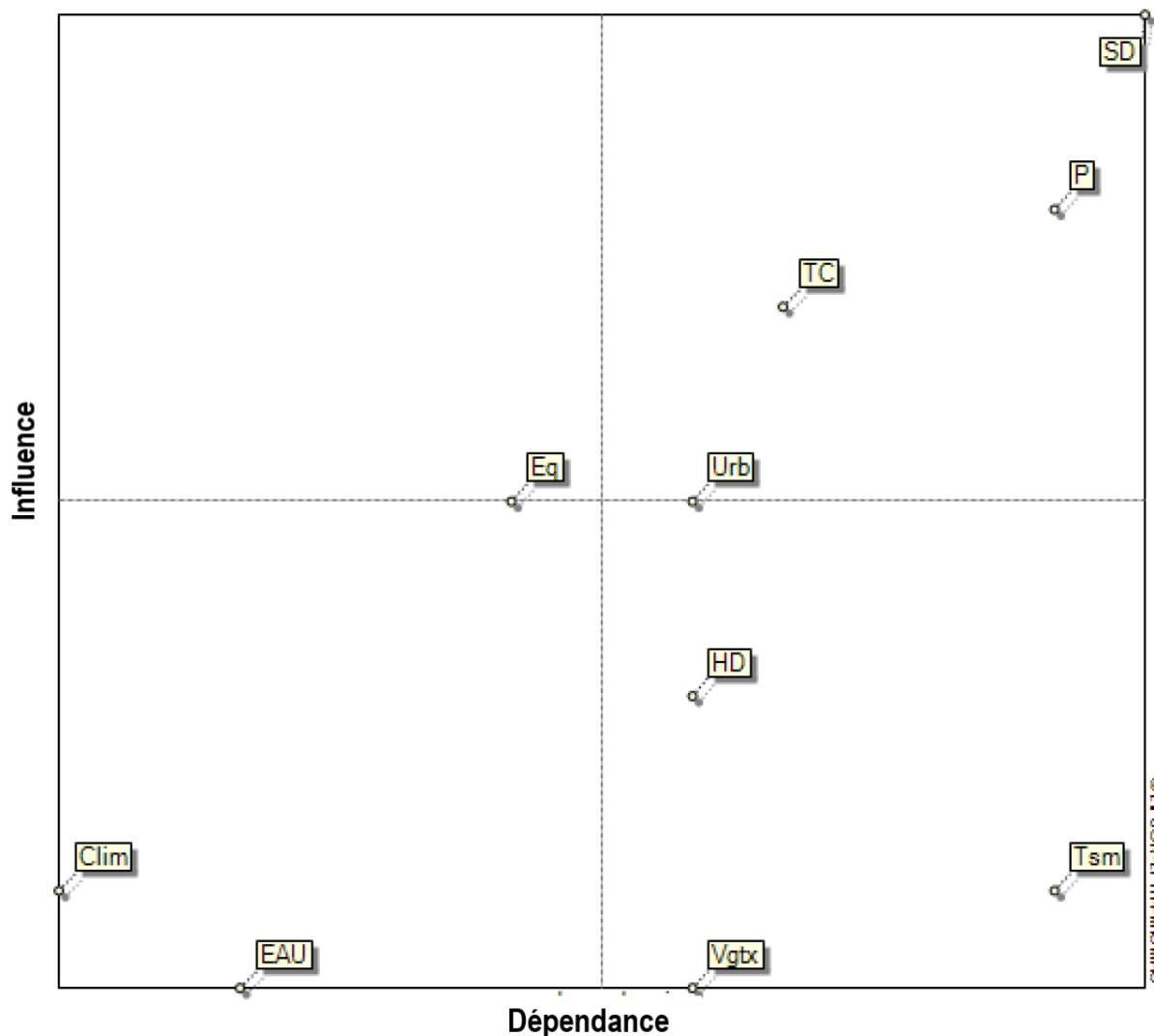


Figure 75: Plan des influences et dépendances entre acteurs (LARID, 2010)

**3.DISCUSSION**

A l'aide de la matrice (MAS) obtenue par l'analyse systémique, on a réalisé le diagramme des influences et dépendances entre acteurs.

Ce diagramme fournit une représentation graphique du positionnement des acteurs en fonction du rôle qu'ils jouent pour la conservation et la mise en valeur du patrimoine naturel représenté de notre zone d'étude

**Le plan d'influence et dépendance**

**Figure 76:** Le plan d'influence et dépendance du système cordons dunaires-expansion urbanistique – évolution du trait de côte

L'analyse

du

plan d'influences dépendance nous permet de regrouper les acteurs :

- **Les acteurs dominants sont :** L'équipement côtier
- **Les acteurs relais sont :** Surface dunaire perdue, surface de trait de côte perdu, pente et l'urbanisation totale
- **Les acteurs autonomes sont :** Apport cours d'eau et les facteurs climatiques
- **Les acteurs dominés sont :** activité touristique, hydrodynamique et le couvert végétal

Graphe des influences directes

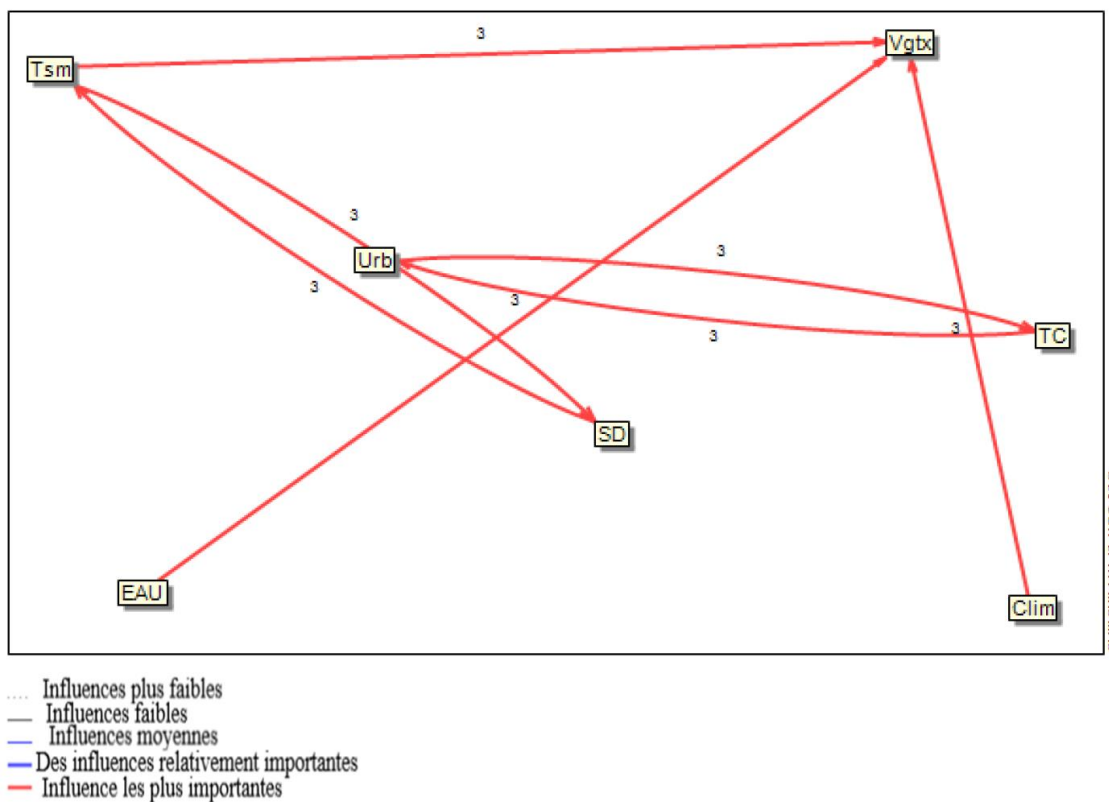


Figure 78: Graphe des influences directes

Graphe des influences indirectes

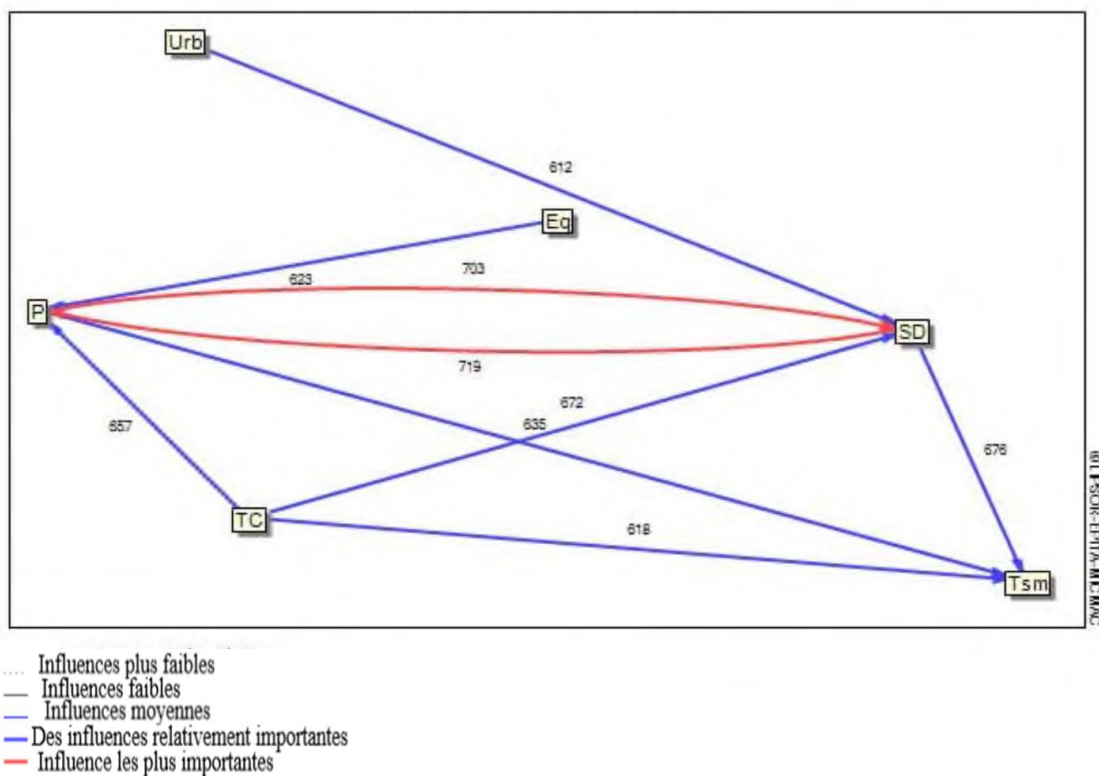


Figure 77: Graphe des influences indirectes

**❖ Influence directe :**

On note une influence importante entre les surfaces dunaires perdue et l'évolution d'urbanisation totale. Cette expansion s'est matérialisée par une forte pression sur le linéaire côtier (sur les formes dunaires consolidées) justifiés par la période d'exode rural (insécurité durant la décennie noire 1990-2000). Cette pression résulte d'un développement urbain incontrôlé qui provoque de sérieux problèmes environnementaux (DJELAL, 2005)

Les facteurs principaux qui limitent le développement de la végétation (Forêt et agriculture et les espèces végétaives dunaires) sont les régimes de vent de grande intensité qui provoquent des processus d'érosion et l'aridité de la zone. La végétation constitue un élément nécessaire pour la genèse et le développement des systèmes dunaires mais on est face à une décroissance continue au niveau le couvert végétal de la côte ouest algéroise au cours des dernières décennies. Ce dernier tendra à disparaître si l'urbanisation incontrôlée et la sur fréquentation touristique garde le même rythme.

Les plages de la zone durant la période d'étude sont nettement affectées par la conjugaison des facteurs naturels (forçages hydrodynamiques) et anthropiques (les équipement côtier et la dégradation dunaire). Ces facteurs influencent d'une manière directe les processus hydro-sédimentaire et donc l'équilibre du system littoral par une modification irréversible au niveau la topographie du système dunaire.

**❖ Influence indirecte :**

On constate que l'Ouest algérois est attractif sur le plan du tourisme, de loisirs et d'affaires. Cette pression touristique agit de façons indirecte sur les surfaces perdues du trait de côte de nos plages sableuses donc la couverture sableuse autrefois épaisse est décapée dans sa quasi-totalité, ainsi que les changements du paysage littoral par la modification des profils des plages sur le plan surfacique qui vont automatiquement influencer cette activité touristique.

Le défrichement des dunes côtières va influencer relativement la pente qui est reliée à l'aspect érosif de nos plage sableuses, donc ça nécessite l'implantation des infrastructures de protection, rechargement artificiel (reprofilage), ainsi que la protection de l'urbanisations proche du rivage contre les attaques frontale des vagues de tempêtes.

---

***CONCLUSION  
GENERALE***

---

### CONCLUSION GENERALE

Le présent travail est une contribution à l'étude de la problématique de la croissance urbaine au niveau des dunes consolidées et meubles, avait pour principal objectif d'évaluer le degré d'influence de l'expansion urbaine sur le fonctionnement des systèmes côtiers de façons général et les dunes de la bande littoral ouest Algéroise particulièrement.

Notre zone d'étude est caractérisée par un climat méditerranéen tempéré, avec une fréquence très variable des vents. Cela peut refléter la possibilité d'extraction et fourniture de matériaux par l'érosion des cours d'eau et/ou des dunes et des plages sableuses qui ne diffèrent que dans la forme entre plages rectilignes et de poches. Avec un système dunaire dynamique, qui dépend du fonctionnement de la cellule sédimentaire dans lequel il est inclus.

Selon les résultats de cette étude, le cordon dunaire de la zone d'étude est en passe de se dégrader continuellement en surface. Cette dégradation est répartie de manière déséquilibrée sur tous les différents segments de ce dernier. Néanmoins, cette dégradation est de 44 ,36% sur le plan surfacique, soit une surface perdue de 856.6783 HA pendant la période d'étude (1960-2021). Cette dégradation est concentrée dans la partie Est de la zone d'étude.

La partie suivante de notre travail, s'est basée sur l'étude de l'évolution historique de l'urbanisation installé sur les dunes consolidées et meuble ; Le plus grand taux de défrichement a été réalisé entre 1987 et 2000 (46%) (lors de l'urbanisation économique du pays « post-indépendance ») à raison de 21,7 Ha/an, ensuite il diminue moyennement dû aux pressions démographiques sur le foncier (périodes d'exode rural / habitat précaire et politique étatique de logement). La végétation naturelle est donc extrêmement dégradée. Actuellement, seul le cordon dunaire du Mazafran compte quelques espèces. L'accès anarchique au rivage, menace également l'équilibre de l'ensemble dune-plage. Cela s'accompagne d'un recul moyen du trait de la côte de -1,27 m/an, avec une perte de -1 ,522 Ha de sa surface d'évolution.

La région côtière ouest algéroise est un exemple convoité au centre de nombreux conflits. Sa dégradation résulte essentiellement de l'urbanisation incontrôlée des plages et de l'érosion de la bande sableuse. Mais l'absence d'outils performants, l'inefficacité des pouvoirs de contrôle de l'urbanisation, les conflits d'usage conduisent à une urbanisation incontrôlée du littoral modifiant le paysage de cette zone côtière. Aussi ; nous citons la cause d'ordre naturel qui est due aux effets répétés et cumulés des tempêtes, et la pénurie des apports d'Oued Beni Messous et Oued Mazafran. Il est à noter que le manque de sédiments dû au défrichement des dunes de sable est encore présent partout, provoquant un impact important sur le terrain.

L'étude de la dynamique du cordon dunaire de notre zone d'étude consiste à analyser et quantifier son évolution spatio-temporelle par l'étude de l'évolution surfacique pour étudier les tendances d'évolution planimétrique des dunes avec une étude complémentaire de l'évolution volumétrique qui permet d'étudier l'évolution altimétrique du cordon dunaire et cette dernière représente également une des limites de cette étude qui doit être revisitée à l'avenir. La connaissance approfondie d'un problème ne diminue pas sa nature floue mais la fixe de manière plus rugueuse.

## CONCLUSION GENERALE

---

L'entretien de la dune vise principalement à lutter contre l'érosion éolienne en réduisant la vitesse du vent au niveau du sol. Par la conservation ou la recréation des conditions favorables au développement de la couverture végétale naturelle, l'un des agents de la formation des dunes. Et à cet égard le suivi spatial du processus anthropique du littoral a été réalisée, avec des outils de calcul géostatistique, ce processus a abouti à la réalisation d'une base de données de la zone d'étude, ce que permet de proposer des solutions du plan d'action ébauché dans le cadre de la présente étude :

- Fixation biologique ou reforestation du cordon dunaire ; Plantation d'espèces végétales adaptées à l'écosystème (*Scilla sp*, *Pancretium maritimum*, *Lotus creticus*, *Ammophila arenaria* et *Chamaerops humili*).
- Stabilisation mécanique du cordon dunaire par des brise-vents. Pour piéger le sable au maximum près de sa source, la plage, et accompagner la dune littorale dans son évolution
- Restauration du milieu dunaire durant l'hiver et l'automne à travers les travaux de génie écologique, qui permet de déterminer des points de passage obligé pour de nombreux usagers et vacanciers, et diminuer les capacités d'accueil des implantations balnéaires.
- Régulation de l'usage des terres entre agriculteurs.
- Maintenir le trait de côte actuel en réalisant des ouvrages de défense côtière de type douces "rechargement" des plages, à travers la compensation de l'érosion des apports de matériaux dont la granulométrie doit être au moins égale, voire supérieure à celle du sable sur la plage, cette solution a le mérite de combiner les enjeux des risques et de la gestion touristique, et d'apporter le meilleur du paysage initial. D'autre ouvrages durs peuvent être implantés à travers les perrés en enrochement, et des brise-lames, orientés parallèlement au trait de côte mais non rattachés.

### **Recommandations :**

#### **Comment réduire la vulnérabilité des enjeux socioéconomiques au niveau de la zone ouest algéroise ?**

En relocalisant les activités et les populations qui augmentent le risque d'érosion. Cette réflexion doit être renforcée dans le processus d'urbanisme. Il faut s'appuyer sur ces études pour définir des plans de prévention des risques notamment en interdisant toute construction dans les zones les plus vulnérables. Pour faire respecter les plans d'occupation des sols et les règlements d'urbanisme.

#### **Quels sont les axes d'intervention qui paraissent les plus efficaces pour augmenter la sensibilisation ?**

A travers l'analyse économique des impacts des risques érosives et les coûts d'adaptation afin que le public comprenne que ces ressources du littoral sont fragiles et épuisables, leur altération ou leur disparition peut créer un dommage économique pour les sociétés et les générations futures. Car les priorités étant toujours économiques et sociales dans notre zone d'étude, il est essentiel que l'environnement en général et le littoral en particulier ne soient pas négligés, oubliés, ni exclus.

### **Existe-t-il des textes juridiques qui assurent un système de surveillance et de suivi de la zone d'étude ?**

A travers le cas d'étude présenté, il s'avère que la loi " littoral " en Algérie rencontre de sérieuses difficultés d'application dues pour l'essentiel aux réticences qu'elle suscite chez les administrations locales. De plus, sans contrôles hiérarchiques, les régulateurs créent une législation, qui ne garantit pas un suivi local.

Aussi il ne suffit pas de le mentionner dans le texte juridique, il doit se traduire par une politique claire impliquant tous les acteurs concernés.

---

*REFERENCES*  
*BIBLIOGRAPHIQUES*

---

### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

**AGHARMIOU, N., (2013).** La planification urbaine à travers les PDAU-POS et la problématique de la croissance empirique. Thèse de doctorat en sciences Economiques. Tizi Ouzou : Université Mouloud Mammeri,401 p.

**ALLOUL AMI MOUSSA, L., (2015).** Cours d'Aménagement touristique | Office des publications universitaires, OPU,64 p.

**AOUDIA, A., VACCARI, F., SUHADOLC, P., MEGHRAOUI, M., (2000).** Seismogenic potential and earthquake hazard assessment in the Tell Atlas of Algeria. Journal of Seismology 4, 79–98. <https://doi.org/10.1023/A:1009848714019> .

**BAKALEM, A., (2008).** Contribution à l'étude des peuplements benthiques du plateau continental Algérien. Thèse de doctorat en science de la nature (océanographie). Alger : Université des sciences et de la technologie Houari-Boumediene (USTBH),677 p.

**BELGAID, N., (2014).** Etude hydrogéologique de la plaine côtière du Sahel Occidental d'Alger Ain Benian – Sidi Fredj. Thèse de magister en Géologie Appliquée (Hydrogéologie). Alger : USTHB,145 p.

**BELLABAD, F., (2020).** ETUDE DE L'EVOLUTION SURFACIQUE ET VOLUMETRIQUE DU CORDON DUNAIRE D'EL KADOUS (COMMUNE DE HERAOUA). Mémoire d'Ingénieur en science de la mer en Aménagement du littoral. Alger: ENSSMAL,132 p.

**BENJUMEA ARIAS, M., CASTAÑEDA, L., VALENCIA-ARIAS, A., (2016).** Structural Analysis of Strategic Variables through MICMAC Use: Case Study. Mediterranean Journal of Social Sciences 7. Vol 7., No 4. Doi: [10.5901/mjss.2016.v7n4p11](https://doi.org/10.5901/mjss.2016.v7n4p11),10 p .

**BOUDIAF, A., (1996).** Etude sismotectonique de la région d'Alger et de la Kabylie (Algérie) : utilisation des modèles numériques de terrains (MNT) et de la télédétection pour la reconnaissance des structures tectoniques actives : contribution à l'évaluation de l'aléa sismique. Thèse de doctorat en Géologie et paléontologie. France : Université des sciences et techniques de Montpellier 2, 268 p.

**BOUKHEDICHE, W., (2017).** Etude de faisabilité de rechargement artificiel des plages de la côte Ouest-algéroise. Mémoire d'Ingénieur en science de la mer en Aménagement du littoral. Alger : ENSSMAL,92 p.

**BOUNOUA Nabila, KACI Salima, (2017).** Etude des écosystèmes dunaires algérois : étude comparative entre les deux ensembles dunaires du Mazafran et d'El Kadous. Mémoire d'Ingénieur en science de la mer, spécialité Aménagement du littoral. Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral. Alger : ENSSMAL,136 p.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- CHOBLET, C., (2005).** Espace littoral et décisions d'aménagement : limites et potentialités des études d'impact et des enquêtes publiques : exemple du littoral atlantique français. Thèse de doctorat en Géographie. France : Université de Nantes,424 p.
- DAUPHINE, A., (2001).** Risques et catastrophes. Observer-Spatialiser-Comprendre-Gérer. Vol 46., No 127, (ISBN 2-200-25042-8). <https://doi.org/10.7202/023025ar> , 288 p.
- DEBAINE, F., ROBIN, M., (2012).** A new GIS modelling of coastal dune protection services against physical coastal hazards. Vol 63., No 43-54, Ocean & Coastal Management. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2012.03.012> ,13 p.
- DJELAL, N., (2005).** MORPHOMOLOGIE URBAINE ET DEVELOPPEMENT URBAIN DURABLE : CAS D'ALGER. Vol 6., No 44,12 p.
- Dutrieux, E., Canovas, S., Denis, J., Henocque, Y., Quod, J.-P., Bigot, L., (2000).** Guidelines for Vulnerability Mapping of Coastal Zones in the Indian Ocean. Paris, France : UNESCO, <https://doi.org/10.25607/OBP-1431> ,46 p.
- GHODBANI, (2013).** La zone humide de la Macta : un espace à protéger sur le littoral ouest de l'Algérie. Vol 7., No 1, <https://doi.org/10.4000/physio-geo.3228> , 16 p.
- GHODBANI, T., SEMMOUD, B., (2010).** Urbanisation côtière en Algérie, Processus et impacts sur l'environnement : Le cas de la baie d'Aïn el Turck. Études caribéennes. Vol 5., No 443, <https://doi.org/10.4000/etudescaribeennes> .4431,13 p.
- GODET, M., (1999).** De la anticipación a la acción: Manual de prospectiva y estrategia [From anticipation to action: Prospective and Strategy Manual]. Barcelona : Dunod, 380 p.
- GODET, M., (1997).** Manuel de prospective stratégique - Tome 2 - 2ème édition - L'Art et la méthode. Paris : Dunod,441 p.
- GRENIER, A., DUBOIS, J., (1990).** Évolution du trait de côte : du suivi des érosions côtières à la gestion intégrée du littoral. France : Observatoire départemental de l'environnement du Morbihan (ODEM) ,46 p.
- GRIESBACH, J.C., PNUE, S., RUIZ SINOGA, J.D., GIORDANO, A., BERNEY, O., GALLART, F., FAO, R., (1998).** Directives pour la cartographie et la mesure des processus d'érosion hydrique dans les zones côtières méditerranéennes. Split (Croatie) : PAP/CAR,90 p.
- HADDOUCHE CHIHAB AND BAOUZ YACINE. - (2019)** - Etude de protection de la plage de la Verte Rive. Mémoires d'ingénieur d'état en sciences de la mer, spécialité Aménagement du littoral. Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral. Alger : ENSSMAL,161 p.
- HADJIEDJ, A., CHALINE, C., DUBOIS-MAURY, J., (2003).** ALGER - Les nouveaux défis de l'urbanisation. Alger : l' Harmattan,298 p.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

**HAFFAD, TAHAR, 2004.** Quelques conséquences économiques et sociales de l'évolution démographique en Algérie. Vol 95., No3 ,6 p.

**HELALI, F., MOUSSAOUI, A., (2016).** Contribution à l'inventaire des coléoptères inféodés au chêne vert (*Quercus ilex*L.) au niveau de la chênaie de Bordj Zemoura (Wilaya de Bordj Bou Arreridj). Thèse de Master en Sciences Biologiques, spécialité Phytopathologie. Bordj Bou Arreridj : Université Mohamed El Bachir EL Ibrahimi,71 p.

**HENRY, E., (2016).** Mesures et modélisation des flux de sable dans les cours d'eau : application à une chasse de barrages. Thèse de Master en Ecologie et Développement Durable de la Mer. Lyon (France) : École Nationale des Travaux Publics de d'Etat,89 p.

**JEROME, L., OLIVIER, P., (2007).** Les interactions entre eau douce et eau marine : étude des risques potentiels et modalités de gestion. Territoire en mouvement Revue de géographie et aménagement. Territory in movement Journal of geography and planning. Vol 14., No30, 18 p. <https://doi.org/10.4000/tem.503> .

**JIMENEZ, M., (2009).** Herramientas para el análisis prospectivo estratégico. Aplicaciones MICMAC [Tools for strategic prospective analysis. Applications MICMAC]. Vol2., No 40,10 p.

**JUIGNER, M., ROBIN, M., (2018).** Caractérisation de la morphologie des massifs dunaires de la région Pays de la Loire (France) face au risque de submersion marine. Vol 18., No2, 28 p. <https://doi.org/10.4000/vertigo.20558> .

**KACEMI, M., (2011).** Protection et valorisation du littoral en Algérie : législation et instruments : Le cas des communes littorales d'Oran. Études caribéennes. Vol 20, No 59,13 p. <https://doi.org/10.4000/etudescaribeennes.5959> .

**KACEMI, M., (2006).** Protection du littoral en Algérie entre politiques et pouvoirs locaux : Le cas du pôle industriel d'Arzew (Oran- Algérie). Vol 2, No 5,18 p. <https://doi.org/10.4000/vertigo.8815> .

**LE BERRE, I., HENAFF, A., WENZEL, F., MASCRET, A., (2005).** SPOT5 : un outil pertinent pour le suivi du trait de côte ? Norois. Vol 3, No 96,15 p. <https://doi.org/10.4000/norois.378> .

**LILLESAND, T., KIEFER, R., CHIPMAN, J., (2004).** Remote Sensing and Image Interpretation (Fifth Edition). New York: The Geographical Journal, 646 p. <https://doi.org/10.2307/634969> .

**MICHEL, F., (2010).** La dune : formation et mouvements. [En ligne]. [Consulté le 23.3.21]. Disponible sur le web : <https://www.futura-sciences.com/planete/dossiers/geologie-paysages-roches-epiderme-notre-planete-972/page/8> .

**MOULIS, D., BARBEL, P., (1999).** Réhabilitation et gestion des dunes littorales méditerranéennes françaises. [En ligne]. [Consulté le 3.6.21]. Disponible sur le web : [http://littoral.languedocroussillon.fr/IMG/pdf/phase1\\_evaluation\\_ok.pdf](http://littoral.languedocroussillon.fr/IMG/pdf/phase1_evaluation_ok.pdf) .

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- ORGANISATION METEOROLOGIQUE MONDIALE (OMM), (2005).** Le climat et la dégradation des sols. Organisation météorologique mondiale, Genève.
- OTMANI, H., 2014.** Impact des infrastructures maritimes sur le littoral : Cas du port de Cap Djinet. Mémoire de magister en Aménagement du Littoral. Alger : ENSSMAL, 143 p.
- OTMANI, H., BELKESSA, R., RABEHI, W., GUERFI, M., BOUKHDICHE, W., (2019).** Dégradation des Dunes côtières algéroises entre pression de l'urbanisation et conséquences sur l'évolution de la ligne de rivage. Vol 25, No 131–145., 17 p.
- PASKOFF, R., 1993.** Côtes en danger. France : Annales de Géographie, 650 p.
- PETIT-BERGHEM, Y., (2012).** Forêt et conservation des dunes littorales : le cas exemplaire de la Réserve biologique domaniale de la Côte d'Opale (Pas-de-Calais). Echogéo. <https://doi.org/10.4000/echogeo.12766> .
- PINOT JEAN-PIERRE, (1998).** La gestion du littoral. Tome I. Littoraux tempérés : côtes rocheuses et sableuses / Jean-Pierre Pinot, Collection Propos. Paris : Institut océanographique.
- PUENTE-RODRIGUEZ, D., GIEBELS, D., DE JONGE, V.N., 2015.** Strengthening coastal zone management in the Wadden Sea by applying 'knowledge-practice interfaces.' Ocean & Coastal Management, Estuaries and Coastal Areas in Times of Intense Change 108, 27–38. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2014.05.017> .
- RABEHI, W., 2018.** Détermination spatio-temporelle de l'expansion urbaine sur la baie d'Alger et impact environnemental sur la bande côtière. Thèse doctorat en science de la mer, spécialité Aménagement du littoral. Alger : ENSSMAL, 211 p.
- RABEHI, W., RAHAL, F., (2011).** Aménagement du port d'El Djamila, avantages et inconvénients et comportements des structures. Mémoire d'Ingénieur en science de la mer, spécialité Aménagement du littoral. Alger : ENSSMAL, 114 p.
- TARMOUL, F., (2014).** Évaluation de la Qualité du Milieu Marin dans la Baie d'El Djamila en Vue de la Mise en Place d'un Réseau de Surveillance (Magister en Sciences de la Mer). Alger : ENSSMAL, 220 p.
- YAHIAOUI, S., (2017).** Évolution morpho-dynamique de la plage de Sidi Fredj : Modélisation hydrodynamique et cinématique du trait de côte. Mémoire d'Ingénieur en science de la mer, spécialité Aménagement du littoral. Alger : ENSSMAL, 97 p.
- ZEMMOUR, A., (2019).** Étude de l'évolution des littoraux dunaires de la Côte d'Opale à différentes échelles de temps : analyse de leur capacité de régénération post-tempête. Thèse doctorat en science de la matière et du rayonnement et de l'environnement. France: Université du Littoral Côte d'Opale, 283 p

---

# *ANNEXES*

---

**Liste des Figures :**

<b>Figure 1:</b> Évolution de l'urbanisation sur les espaces dunaires dans le ouest Algérois en 1987 .....	XIX
<b>Figure 2:</b> Évolution de l'urbanisation sur les espaces dunaires dans le ouest Algérois en 2000 .....	XIX
<b>Figure 3:</b> Évolution de l'urbanisation sur les espaces dunaires dans le ouest Algérois en 2010 .....	XX
<b>Figure 4:</b> Évolution de l'urbanisation sur les espaces dunaires dans le ouest Algérois en 2021 .....	XX
<b>Figure 5:</b> Schéma des pression humaines appliquée sur la région littorale .....	XXI
<b>Figure 6:</b> Schéma systémique de littoral.....	XXI
<b>Figure 7:</b> Barre d'outils de DSAS (Version 5).....	XXIII
<b>Figure 8:</b> Analyse systémique _ Etape 1.....	XXV
<b>Figure 9:</b> Matrice d'influence directe (MID).....	XXVI
<b>Figure 10:</b> insertion de la liste des variables.....	XXVI
<b>Figure 11:</b> Plan d'influence et dépendance.....	XXVII
<b>Figure 12:</b> Graphe des influences directes.....	XXVII
<b>Figure 13:</b> Graphe des influences indirectes.....	XXVIII

**Liste des Tableaux :**

<b>Tableau 1 :</b> Fréquences d'apparition des classes de vents selon les directions dominantes des vents sur la côte .....	VIII
<b>Tableau 2 :</b> Fréquences d'apparition des classes de vents selon les directions dominantes des vents sur la côte .....	X
<b>Tableau 3 :</b> Les variations de Températures et de Précipitations annuelles durant la période allant de 1988 à 2019 .....	XI
<b>Tableau 4 :</b> Moyennes annuelles des apports solides et précipitation à la station de Mazafran ..	XI
<b>Tableau 5 :</b> Moyennes annuelles des apports solides à la station de Mazafran .....	XI
<b>Tableau 6 :</b> Caractéristiques des données utilisées dans l'étude de la ligne de rivage .....	XII
<b>Tableau 7 :</b> PERIODE ALLANT DE 1959 A 2019 .....	XIII
<b>Tableau 8 :</b> PERIODE ALLANT DE 1959 A 1980 .....	XIV
<b>Tableau 9 :</b> PERIODE ALLANT DE 1980 A 1999 .....	XV
<b>Tableau 10 :</b> PERIODE ALLANT DE 1999 A 2017 .....	XVI
<b>Tableau 11 :</b> PERIODE ALLANT DE 1999 A 2019 .....	XVII
<b>Tableau 12 :</b> Les bandes littorales définies par la loi 02 :02 .....	XXII
<b>Tableau 13 :</b> Tableau des différents outils de DSAS .....	XXIII

**2. Annexe II : DONNEES DE LA TEMPERATURE ET DE PRECIPITATION**

**Tableau 1** : Fréquences d'apparition des classes de vents selon les directions dominantes des vents sur la côte

## ANNEXES

---

<b>Mois</b>	<b>Annuel</b>				
<b>Direction</b>	<b>Classes de Vitesses (m/s)</b>				<b>Total (%)</b>
	1,0_6,0	6,0_11,0	11,0_16,0	>=16,0	
<b>N</b>	3%	2%	0%	0%	5%
<b>NNE</b>	3%	1%	0%	0%	4%
<b>NE</b>	3%	3%	0%	0%	6%
<b>ENE</b>	3%	2%	0%	0%	5%
<b>E</b>	2%	1%	0%	0%	3%
<b>ESE</b>	0%	0%	0%	0%	0%
<b>SE</b>	0%	0%	0%	0%	0%
<b>SSE</b>	1%	0%	0%	0%	1%
<b>S</b>	1%	1%	0%	0%	2%
<b>SSW</b>	2%	0%	0%	0%	2%
<b>SW</b>	4%	1%	0%	0%	5%
<b>WSW</b>	5%	2%	0%	0%	7%
<b>W</b>	4%	4%	1%	0%	9%
<b>WNW</b>	1%	1%	0%	0%	2%
<b>NW</b>	1%	1%	0%	0%	2%
<b>NNW</b>	2%	2%	0%	0%	4%
<b>Calme</b>					43%
<b>Total (%)</b>	35%	21%	1%	0%	57%

**ANNEXES**

**Tableau 2** : Fréquences d'apparition des classes de vents selon les directions dominantes des vents sur la côte

Mois	Annuel				Total (%)
	Classes de Vitesses (m/s)				
Direction	01-mai	05-oct	Oct-15	>= 15	
<b>N</b>	3%	2%	0%	0%	5%
<b>NNE</b>	3%	1%	0%	0%	4%
<b>NE</b>	3%	3%	0%	0%	6%
<b>ENE</b>	3%	2%	0%	0%	5%
<b>E</b>	2%	1%	0%	0%	3%
<b>ESE</b>	0%	0%	0%	0%	0%
<b>SE</b>	0%	0%	0%	0%	0%
<b>SSE</b>	1%	0%	0%	0%	1%
<b>S</b>	1%	1%	0%	0%	2%
<b>SSW</b>	2%	0%	0%	0%	2%
<b>SW</b>	4%	1%	0%	0%	5%
<b>WSW</b>	5%	2%	0%	0%	7%
<b>W</b>	4%	4%	1%	0%	9%
<b>WNW</b>	1%	1%	0%	0%	2%
<b>NW</b>	1%	1%	0%	0%	2%
<b>NNW</b>	2%	2%	0%	0%	4%
<b>Calme</b>					43%
<b>Total (%)</b>	35%	21%	1%	0%	57%

## ANNEXES

### 3. Annexe III : DONNEES DE DEBIT SOLIDE

**Tableau 3 :** Les variations de Températures et de Précipitations annuelles durant la période allant de 1988 à 2019

**Tableau 4 :** Moyennes annuelles des apports solides et précipitation à la station de Mazafran

Année	Précipitation (mm)	Température
2003_2004		3,75
1989 2004_2005	15,43	2,79
2005_2006		1,44
1991 2006_2007	12,12	3,56
1992 2007_2008	12,27	3,83
1993 2008_2009	13,74	3,73
2009_2010		9,80
1996 2010_2011	13,77	11,93
2011_2012		5,11
1998	11,98	414,32
1999	12,29	607,25
2000	13,94	320,48
2001	11,62	498,39
2002	13,73	455,55
2003	12,07	693
2004	12,52	614,48
2005	13,52	603,57
2006	12,26	815,01
2007	12,78	587,88
2008	14,1	629,01
2009	14,1	629,01
2010	13,09	667,3
2011	13,09	667,3
2012	9,80	116,51
2013	12,41	746,93
2014	11,93	304,01
2015	5,11	371,96
2016	14,51	443,82
2017	13,7	564,91
2018	12,43	529,97
2019	13,65	2,35
2019	14,24	1,29
<b>Moyenne</b>	<b>13,04692</b>	<b>520,9149</b>

Année	Débit annuel solide en Kg/s	Précipitations en mm
2003_2004	3,75	693,00
2004_2005	2,79	614,48
2005_2006	1,44	522,00
2006_2007	3,56	603,37
2007_2008	3,83	815,01
2008_2009	3,73	534,08
2009_2010	9,80	629,01
2010_2011	11,93	625,78
2011_2012	5,11	667,30

Année	Débit annuel (m <sup>3</sup> /s)	Apport liquide (m <sup>3</sup> )
2003_2004	3,75	55,73
2004_2005	2,79	7,22
2005_2006	1,44	3,83
2006_2007	3,56	119,00
2007_2008	3,83	112,34
2008_2009	3,73	121,24
2009_2010	9,80	116,51
2010_2011	11,93	304,01
2011_2012	5,11	371,96

**Tableau 5 :** Moyennes annuelles des apports solides à la station de Mazafran

**4. Annexe IV : CARACTERISTIQUES DES DONNEES UTILISEES DANS L'ETUDE DE L'EVOLUTION DU TRAIT DE COTE**

**Tableau 6:** Caractéristiques des données utilisées dans l'étude de la ligne de rivage

<b>Trait de cote</b>	<b>Source</b>	<b>Résolution</b>	<b>Moyen d'acquisition</b>
<b>1959</b>	<b>APPL</b>	<b>Métrique</b>	<b>Photographies aériennes</b>
<b>1980</b>	<b>APPL</b>	<b>Métrique</b>	<b>Photographies aériennes</b>
<b>1999</b>	<b>APPL</b>	<b>Métrique</b>	<b>Photographies aériennes</b>
<b>2017</b>	<b>APPL</b>	<b>Centimétrique</b>	<b>DGPS</b>
<b>2019</b>	<b>SAS Planet</b>	<b>Métrique</b>	<b>Image satellitaire de SAS Planet</b>

**ANNEXES**

**5. Annexe V : DONNEES DE L'ETUDE D'EVALUATION DU TRAIT DE COTE**

**Tableau 7: PERIODE ALLANT DE 1959 A 2019**

Plages	Transects	EPR (m/an)			NSM(m)		
		Moy	Min	Max	Moy	Min	Max
<b>Méditerranée</b>	123 à 136	0,56	-0,02	4,73	34	-1,3	284,23
<b>Jeunesses</b>	137 à 153	0,49	-0,06	3,28	29,49	-3,87	197,11
<b>Fontaine</b>	174 à 187	0,18	-0,45	0,63	11,18	-27,06	38,08
<b>El Bahdja</b>	188 à 247	0,21	-0,45	3,28	13	-27	75,92
<b>Les dunes</b>	248 à 277	0,88	-0,45	1,26	53	-0,95	104,21
<b>Club des pins</b>	278 à 303	0,06	-0,05	0,44	4	-2,71	26,43
<b>Plage d'Or</b>	304 à 336	0,04	-0,32	0,25	3	-19,42	15,2
<b>Dauphin</b>	337 à 361	-0,01	-0,22	0,13	-0,82	-13,01	7,64
<b>Sheraton</b>	362 à 396	-0,14	-0,3	0,14	-8	-17,91	8,52
<b>Sahel</b>	397 à 412	-0,07	-0,12	-0,02	-5	-7,28	-1,01
<b>Moretti</b>	413 à 458	-0,35	-0,5	-0,13	-21	-29,76	-7,69
<b>El Menzeh</b>	464 à 478	1	-0,78	1,77	51	-46,64	106,36
<b>El Riadh</b>	481 à 492	0,82	-0,44	2,11	50	-26,58	49,53
<b>Sidi Fredj-EST</b>	493 à 507	0,28	0,28	0,82	17	2,16	49,01
<b>Kheloufi 01</b>	989 à 1020	-0,81	-1,27	-0,42	-49	-76,49	-25,19
<b>Kheloufi 02</b>	916 à 988	-0,33	-0,69	0,3	-19,85	-41,22	18,28
<b>Familiale</b>	867 à 915	-0,47	-1,06	0,31	-28,61	-63,52	18,4
<b>Champ de Tir</b>	825 à 866	-0,44	-0,66	-0,17	-27	-39,62	-9,96
<b>Complexe touristique (CTZ),</b>	824 à 783	0,97	-0,09	2,06	59	-5,62	123,7
<b>CRF</b>	773 à 782	-0,25	-0,36	-0,14	-15,52	-21,85	-8,28
<b>Sable d'Or</b>	758 à 772	-0,22	-0,28	-0,06	-14	-16,57	-3,45
<b>Azur Plage</b>	720 à 757	1,10	0,18	3,25	66	11,02	195,3
<b>Palm Beach</b>	681 à 719	0,77	0	1,9	47	-0,01	114,11
<b>CRF Staoueli</b>	637 à 680	1	0	4,97	86	0	298,23
<b>Sidi Fredj Ouest</b>	623 à 636	0,21	0,13	0,83	13	7,53	13,12
<b>Thalassothérapie</b>	592 à 596	0,13	0,31	0,7	19	4,37	41,89

**ANNEXES**

**Tableau 8: PERIODE ALLANT DE 1959 A 1980**

Plages	Transects	EPR (m/an)			NSM(m)		
		Moy	Min	Max	Moy	Min	Max
Méditerranée	123 à 136	-0,15	-0,36	0,05	-3,34	-7,56	1,04
Jeunesses	137 à 153	-0,19	-0,47	0,26	-4,18	-9,8	5,54
Fontaine	174 à 187	-0,02	-0,33	0,5	-0,37	-6,9	10,59
El Bahdja	188 à 247	-0,18	-1,24	0,74	-3,95	-26,03	15,54
Les dunes	248 à 277	0,08	-1,62	1,44	1,78	-34,1	30,26
Club des pins	278 à 303	-0,83	-1,31	0,14	-17,53	-27,47	3,02
Plage d'Or	304 à 336	0,06	-1,08	0,53	1,42	-22,59	11,19
Dauphin	337 à 361	0,27	-0,24	0,6	5,84	-5,03	12,58
Sheraton	362 à 396	-0,07	-0,69	0,48	-1,53	-14,42	10,15
Sahel	397 à 412	-0,12	-0,55	0,56	-2,59	-11,49	11,83
Moretti	413 à 458	-0,67	-0,83	-0,19	-14,15	-17,42	-3,9
El Menzeh	464 à 478	-1,05	-1,15	-0,82	-22,11	-24,23	-17,27
El Riadh	481 à 492	-0,68	-0,94	-0,27	-14,32	-19,81	-5,57
Sidi Fredj-EST	493 à 507	0,46	-0,21	1,89	9,72	-4,36	39,63
Kheloufi 01	989 à 1020	-1,84	-0,74	0,57	-38,59	-15,72	11 ,9
Kheloufi 02	916 à 988	-1,01	-0,01	1,55	-21,15	-0,31	32,5
Familiale	867 à 915	-0,36	0,47	1,53	-7,55	9,97	32,22
Champ de Tir	825 à 866	-0,58	-0,15	0,51	-12,24	-3,22	10,77
Complexe touristique (CTZ)	824 à 783	-0,37	0,15	0,79	-7,86	3,2	16,55
CRF	773 à 782	-0,42	0,22	0,94	-8,83	4,67	19,77
Sable d'Or	758 à 772	-0,09	0,42	0,95	-1,84	8,81	19,88
Azur Plage	720 à 757	-5,56	0,86	5,42	-116,71	18,09	113,83
Palm Beach	681 à 719	0,67	0,98	1,33	14,02	20,64	27,94
CRF Staoueli	637 à 680	0,92	1,02	1,09	19,31	21,51	22,91
Sidi Fredj Ouest	623 à 636	0,91	0,97	1	19,21	20,47	21,08
Thalasso thérapie	592 à 596	0,29	0,52	0,75	6,15	10,98	15,84

**ANNEXES**

**Tableau 9: PERIODE ALLANT DE 1980 A 1999**

Plages	Transects	EPR (m/an)			NSM(m)		
		Moy	Min	Max	Moy	Min	Max
Méditerranée	123 à 136	0,14	-0,11	0,28	2,74	-2,18	0,28
Jeunesses	137 à 153	0,48	0,01	5,65	9,16	0,23	5,65
Fontaine	174 à 187	0,14	-0,46	0,76	2,77	-8,67	0,76
El Bahdja	188 à 247	0,87	0,03	2,4	16,63	0,64	2,4
Les dunes	248 à 277	0,41	-0,59	1,4	7,82	-11,26	1,4
Club des pins	278 à 303	0,74	0,19	1,2	14,08	3,58	1,2
Plage d'Or	304 à 336	0,66	0,08	1,6	12,67	1,52	1,6
Dauphin	337 à 361	-0,15	-0,69	0,31	-3	-13,16	0,31
Sheraton	362 à 396	-0,53	-1,2	0,33	10,08	-22,82	0,33
Sahel	397 à 412	-0,08	-0,74	0,67	-1,66	-14,14	0,67
Moretti	413 à 458	-0,002	-0,61	0,49	0,02	-11,6	0,49
El Menzeh	464 à 478	0,96	0,41	3,06	18,41	7,78	3,06
El Riadh	481 à 492	1,46	0,38	4,3	27,81	7,26	4,3
Sidi Fredj-EST	493 à 507	1,52	1,05	2,02	28,93	19,88	2,02
Kheloufi 01	989 à 1020	0,18	-1,77	1,32	3,46	-33,58	25,01
Kheloufi 02	916 à 988	-0,76	-1,93	0,03	-14,6	-36,61	0,62
Familiale	867 à 915	-1,26	-1,73	-0,75	-24	-32,82	-14,25
Champ de Tir	825 à 866	-0,48	-1,11	0,07	-9,17	-21,09	1,36
Complexe touristique (CTZ)	824 à 783	-0,36	-1,14	0,29	-6,96	-21,7	5,42
CRF	773 à 782	-1,1	-1,89	-0,03	-21,1	-35,99	-0,62
Sable d'Or	758 à 772	-1,2	-1,92	-0,6	-22,86	-36,44	-11,46
Azur Plage	720 à 757	-0,87	-1,96	5,99	-16,6	-37,22	113,82
Palm Beach	681 à 719	-1,11	-1,76	-0,56	-21,2	-33,4	-10,58
CRF Staoueli	637 à 680	-1,23	-1,39	-1,04	-23,55	-26,38	-19,8
Sidi Fredj Ouest	623 à 636	-1,24	-1,26	-1,2	-23,62	-23,93	-22,73
Thalassothérapie	592 à 596	-0,88	-1,06	-0,6	-16,72	-20,18	-11,33

**ANNEXES**

**Tableau 10: PERIODE ALLANT DE 1999 A 2017**

Plages	Transects	EPR (m/an)			NSM(m)		
		Moy	Min	Max	Moy	Min	Max
<b>Méditerranée</b>	123 à 136	0,8	0,04	1,74	14,74	0,76	31,8
<b>Jeunes</b>	137 à 153	-0,01	-0,72	0,46	-0,27	-13,14	8,45
<b>Fontaine</b>	174 à 187	0,16	-1,24	0,98	3,05	-22,7	17,92
<b>El Bahdja</b>	188 à 247	0,09	-2,83	3,45	1,67	-51,79	63,11
<b>Les dunes</b>	248 à 277	1,72	-0,56	3,84	31,28	-10,2	70,09
<b>Club des pins</b>	278 à 303	-0,46	-1,69	0,52	-8,46	-30,95	9,51
<b>Plage d'Or</b>	304 à 336	-0,45	-1,73	0,34	-8,33	-31,63	6,19
<b>Dauphin</b>	337 à 361	0,36	-0,36	0,86	6,76	-6,54	15,77
<b>Sheraton</b>	362 à 396	0,65	-0,26	0,92	12,02	-4,74	16,85
<b>Sahel</b>	397 à 412	0,58	-0,05	0,9	10,7	-0,85	16,49
<b>Moretti</b>	413 à 458	0,42	0,01	0,9	7,8	0,26	16,46
<b>El Menzeh</b>	464 à 478	-0,77	-2,36	-0,21	-14,2	-43,12	-3,77
<b>El Riadh</b>	481 à 492	-1,44	-4,72	0,15	-26,42	-86,2	2,69
<b>Sidi Fredj-EST</b>	493 à 507	-2,18	-2,21	-2,14	-39,91	-40,33	-39,17
<b>Kheloufi 01</b>	989 à 1020	-2,04	-4,22	0,51	-37,41	-77,08	9,38
<b>Kheloufi 02</b>	916 à 988	0,15	-0,65	1,38	2,78	-11,91	25,13
<b>Familiale</b>	867 à 915	0,31	-1,02	0,29	5,7	-18,6	5,34
<b>Champ de Tir</b>	825 à 866	0,37	-1,13	0,49	6,87	-20,72	8,99
<b>Complexe touristique (CTZ)</b>	824 à 783	2,31	0,53	4,89	42,24	9,71	89,44
<b>CRF</b>	773 à 782	0,52	0,38	0,76	9,66	6,95	13,89
<b>Sable d'Or</b>	758 à 772	0,64	0,38	1,14	11,86	6,97	20,83
<b>Azur Plage</b>	720 à 757	1,84	0	5,52	33,71	0	100,82
<b>Palm Beach</b>	681 à 719	0,85	0,01	2,7	15,66	0,12	49,26
<b>CRF Staoueli</b>	637 à 680	0,6	-0,27	1,26	11,07	-4,98	22,94
<b>Sidi Fredj Ouest</b>	623 à 636	0,82	0,75	1,06	15,14	13,73	19,46
<b>Thalassothérapie</b>	592 à 596	/	/	/	/	/	/

**Tableau 11: PERIODE ALLANT DE 1999 A 2019**

Plages	Transects	EPR (m/an)			NSM(m)		
		Moy	Min	Max	Moy	Min	Max
Méditerranée	123 à 136	1,71	0,04	14,2	34,33	0,75	284,69
Jeunesses	137 à 153	1,22	-0,28	5,5	24,5	5,62	110,32
Fontaine	174 à 187	0,43	-1,24	1,57	8,78	-24,91	31,54
El Bahdja	188 à 247	0,01	-2,28	2,48	0,37	-45,78	49,8
Les dunes	248 à 277	2,17	0,58	3,7	43,68	11,58	74,23
Club des pins	278 à 303	0,36	0,02	0,99	7,35	0,36	19,84
Plage d'Or	304 à 336	-0,56	-1,18	0,16	-11,33	-23,62	3,26
Dauphin	337 à 361	-0,18	-1,06	0,34	-3,63	-21,32	6,86
Sheraton	362 à 396	0,16	-0,95	0,74	3,25	-19,07	14,87
Sahel	397 à 412	-0,01	-0,86	0,57	-0,33	-17,27	11,41
Moretti	413 à 458	0,97	-0,79	6,88	19,43	-15,24	137,86
El Menzeh	464 à 478	2,74	-1,56	5,99	54,97	-31,26	120,12
El Riadh	481 à 492	1,48	-0,89	5,09	29,81	-17,88	102,04
Sidi Fredj-EST	493 à 507	-1,06	-1,58	-0,44	-21,29	-31,76	-8,84
Kheloufi 01	989 à 1020	-1,81	-3,68	-0,12	-36,43	-73,7	-2,45
Kheloufi 02	916 à 988	-0,24	-1,58	0,87	-4,94	-31,64	17,37
Familiale	867 à 915	-0,72	-2,02	0,8	-14,6	-40,49	16,05
Champ de Tir	825 à 866	-0,7	-1,44	6,17	-14,15	-28,93	11,76
Complexe touristique (CTZ)	824 à 783	3,1	0,13	6,17	62,29	2,53	123,75
CRF	773 à 782	0,04	0	0,12	0,9	0	2,41
Sable d'Or	758 à 772	0,02	0	0,27	0,53	0	5,47
Azur Plage,	720 à 757	3,22	0,54	6,38	64,73	10,75	127,85
Palm Beach	681 à 719	2,35	0	5,7	47,2	0	114,34
CRF Staoueli	637 à 680	4,41	0,01	14,93	88,5	0,13	299,39
Sidi Fredj Ouest	623 à 636	0,68	0,52	1,13	13,67	10,39	22,67
Thalassothérapie	592 à 596	4,45	3,33	5,45	89,32	66,85	109,34

**6. Annexe VI : LES OUTILS DE L'ETUDE DIACHRONIQUE DU TRAIT DE COTE**

L'étude de l'évolution du trait de côte nécessite une analyse numérique en utilisant des programmes pour traiter les données récoltées et faciliter l'étude.

➤ **Système d'Information Géographique (SIG) :**

**Aperçu du logiciel ArcGIS 10.2 :**

**ArcGIS** : est l'un des logiciels SIG les plus utilisés. Ce logiciel offre de nombreuses potentialités pour la manipulation, la gestion, l'analyse et l'édition des données spatiales.

Différentes couches d'informations spatiales peuvent être manipulées offrant la possibilité d'analyser une ou plusieurs couches sous le contrôle des autres. Le seul lien entre ces différentes couches est le lien spatial, c'est-à-dire, l'appartenance au même espace géographique et ayant le même système de coordonnées.

Le logiciel ArcGIS 10.2 comprend trois applications principales : ArcCatalog, ArcMap, et ArcToolbox.

- I. **ArcCatalog** : est un explorateur de données tabulaires et cartographiques offrant des outils de gestion et d'organisation analogues à ceux offerts par les systèmes d'exploitation comme WINDOWS ou DOS (copier, renommer, effacer, créer des icônes, etc.). Il permet aussi de visualiser les données tabulaires et des couches géographiques ainsi qu'une leur exploration.
  
  - II. **ArcMap** : est l'application fondamentale du logiciel ArcGIS. Elle contient une boîte à outils, organisés sous forme de modules indépendants (extensions), permettant de gérer, manipuler, analyser et éditer les différentes couches d'informations de la base de données.
  
  - III. **ArcToolbox** : est une boîte à outils permettant d'effectuer des conversions et de transferts de format et aussi de projection.
- **Google Earth pro** : est une interface graphique qui permet d'explorer la surface de la terre et de visualiser les images, enregistrées par satellite, de la plupart des endroits de la Planète. Que le lieu visité soit aperçu depuis l'espace ou à quelques mètres du sol.

7. Annexe VII : EVOLUTION DANS LE TEMPS DE L'URBANISATION DANS LE OUEST ALGEROIS

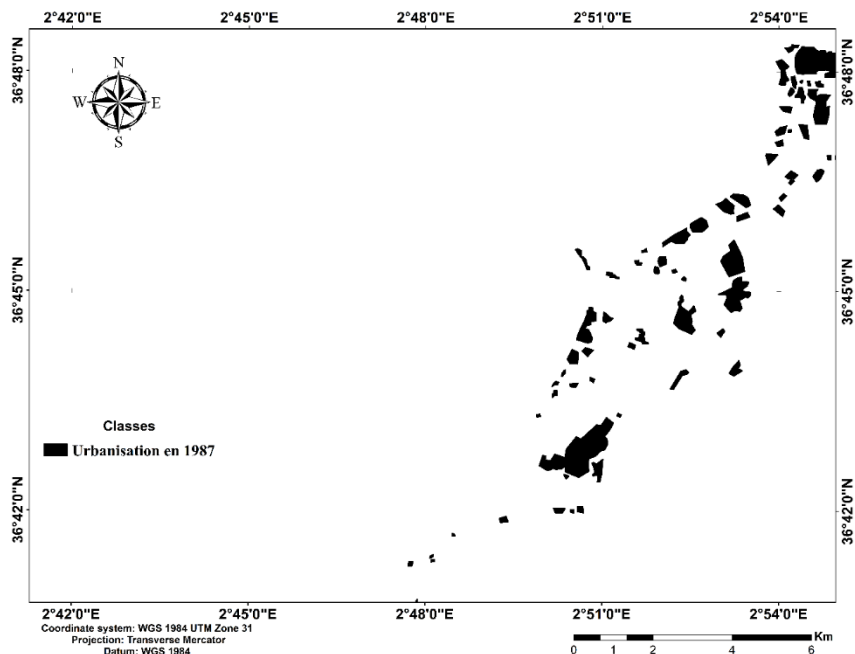


Figure 1: Évolution de l'urbanisation sur les espaces dunaires dans le ouest Algérois en 1987

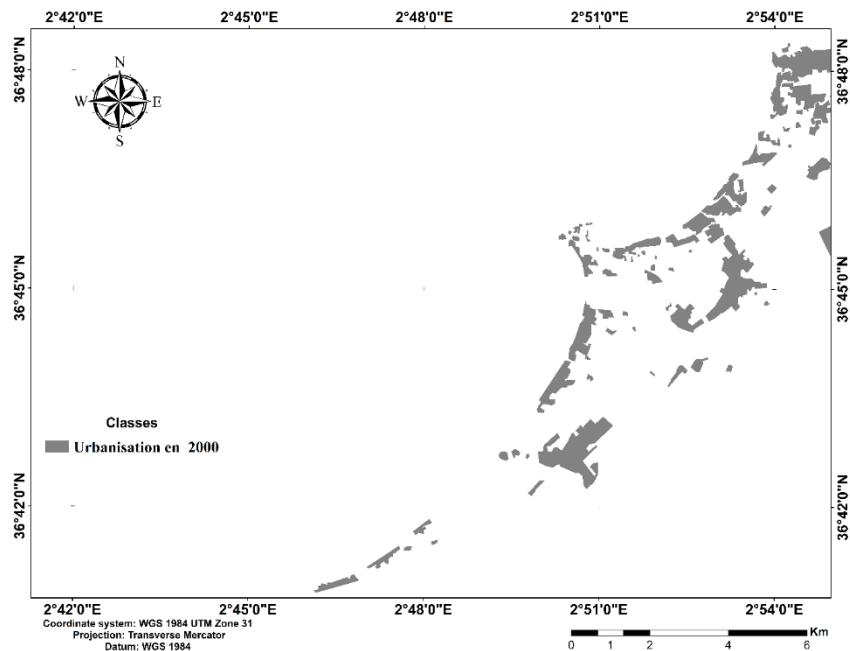
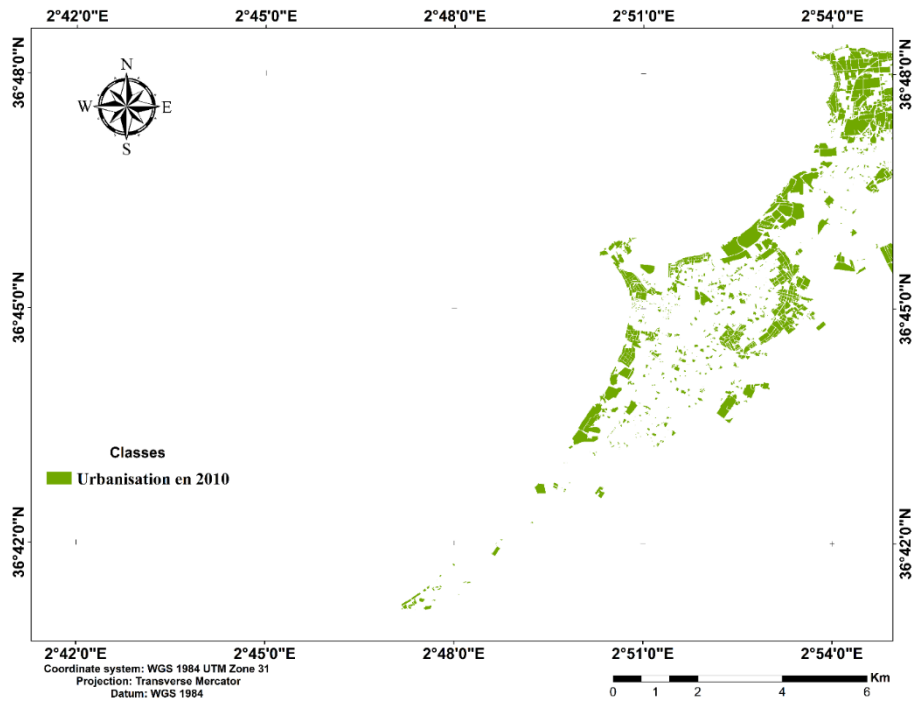
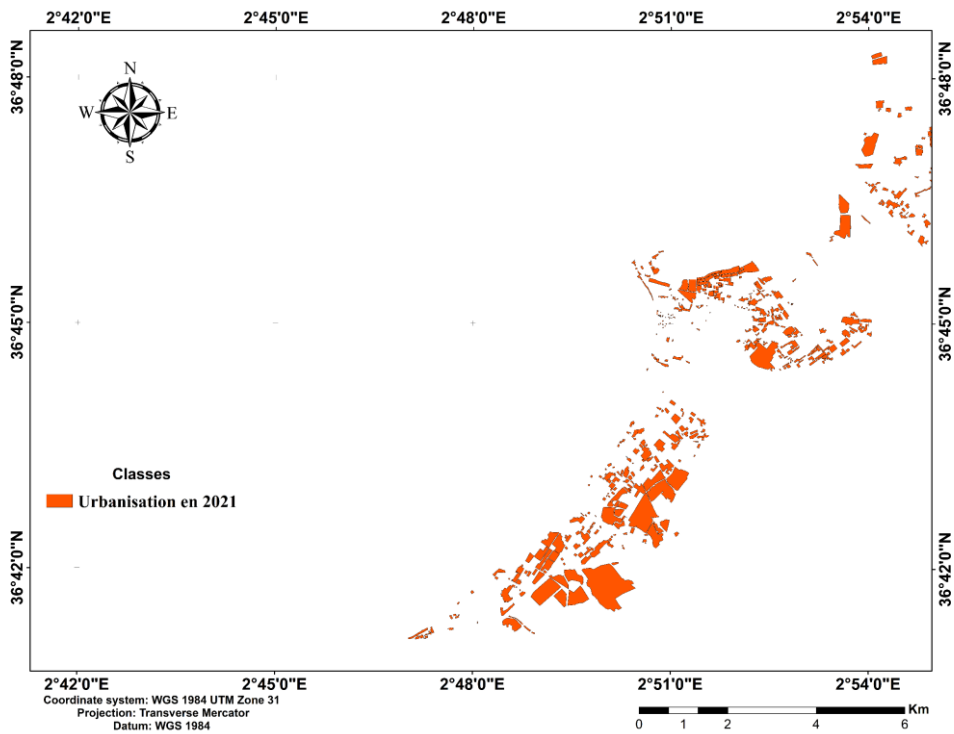


Figure 2: Évolution de l'urbanisation sur les espaces dunaires dans le ouest Algérois en 2000



**Figure 3:** Évolution de l'urbanisation sur les espaces dunaires dans le ouest Algérois en 2010



**Figure 4:** Évolution de l'urbanisation sur les espaces dunaires dans le ouest Algérois en 2021

8. Annexe VIII : LES PRESSIONS HUMAINES SUR LA RÉGION LITTORALE

Les PRESSIONS HUMAINES sur la RÉGION LITTORALE

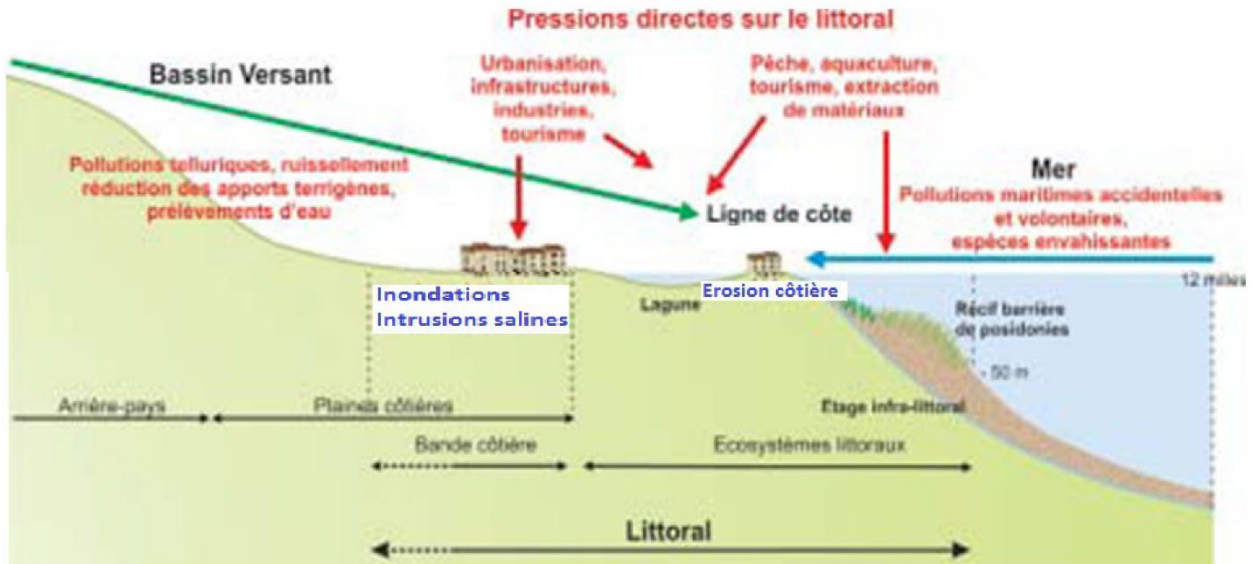


Figure 5: Schéma des pressions humaines appliquées sur la région littorale

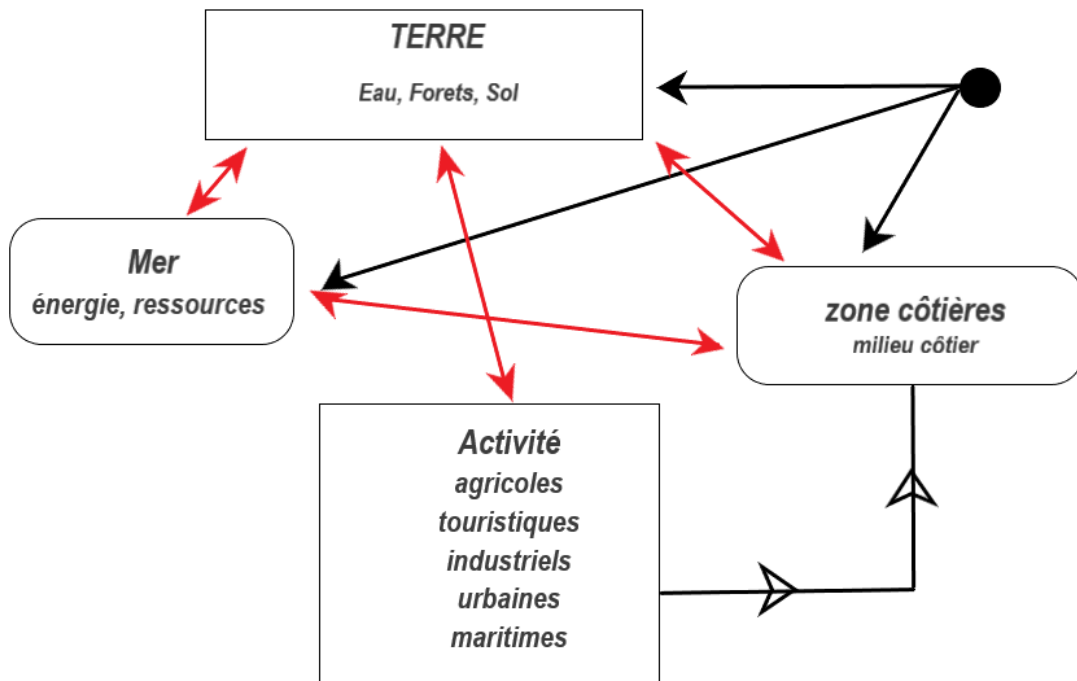


Figure 6: Schéma systémique de littoral

9. Annexe IX : LES BANDES LITTORALES DEFINIES PAR LA LOI 02 :02

**Tableau 12:** Les bandes littorales définies par la loi 02 :02

<b>Les bandes littorales</b>	<b>Description</b>
<b>La bande 1</b>	<p>Est la bande inconstructible des 100 m instaurée par la loi 90- 29, dont la largeur peut atteindre 300 m à partir du rivage pour des motifs liés au caractère sensible du milieu côtier.</p> <p>Cette bande inclut le rivage naturel dans lesquels sont interdits la circulation et le stationnement des véhicules (sauf les véhicules de service, de sécurité, de secours, d'entretien ou de nettoyage des plages). Les conditions et les modalités d'extension de cette zone et d'autorisation des activités permises sont fixées par voie réglementaire.</p>
<b>La bande 2</b>	<p>D'une largeur de 800 m, où sont interdites les voies carrossables nouvelles parallèles au rivage. Toutefois, en raison de contraintes topographiques de configuration des lieux ou de besoins des activités exigeant la proximité immédiate de la mer, il peut être fait exception à cette disposition.</p>
<b>La bande 3</b>	<p>Dont la largeur est de 3 km, y sont interdites : toute extension longitudinale du périmètre urbanisé, c'est-à-dire toute extension parallèle au rivage ; l'extension de deux agglomérations adjacentes situées sur le littoral à moins que la distance les séparant soit de 5 km au moins ; les voies de transit nouvelles parallèles au rivage. Les constructions et les occupations du sol directement liées aux fonctions des activités économiques autorisées par les instruments d'urbanisme dans cette bande des 3 km sont réglementé.</p>

**10. Annexe X: DIGITAL SHORELINE ANALYSIS SYSTEM (DSAS)**

Pour quantifier les changements de position du trait de côte, il est préconisé d'utiliser cette extension (DSAS), son emploi nécessite de définir une ligne de référence fictive, une longueur pour les transects ainsi qu'un pas de mesure et de disposer de traits de côte projetés dans le même système géographique. (IBRAHIMA FAYE ET AL, 2012)

Barre d'outils :



**Figure 7:** Barre d'outils de DSAS (Version 5)

**Tableau 13:** Tableau des différents outils de DSAS (HIMMELSTOSS ET AL, 2009)

1	Distributeur automatique	Le nouvel outil Attribut Automator permet à l'utilisateur d'ajouter des champs obligatoires et facultatifs à une ou plusieurs classes d'entités de rivage et (ou) de ligne de base sélectionnées dans une géodatabase.
2	Définir / Modifier les paramètres	Spécifiés les noms de fichiers pour les entrées de référence et de rivage et d'autres paramètres, tels que l'espacement des profils.
3	Transects Cast	Génère une nouvelle (ou écrase un existant) classe d'entités des profils en fonction des paramètres par défaut spécifiés par l'utilisateur.
4	Le menu déroulant	Répertorie tous les fichiers de transect reconnus ajoutés au projet ArcMap actif.
5	Calculer les statistiques	Lance une boîte de dialogue peuplée avec une liste sélectionnable des statistiques de changement de taux à calculer.
6	A propos de DSAS	Fournit des informations sur le logiciel, y compris le numéro de version.
7	L'outil de visualisation	L'outil de visualisation des données comprend des options pour modifier l'affichage du taux ou générer une copie du fichier de transect spécifié qui est découpé dans l'enveloppe de modification du rivage (SCE).
8	Prévisions du littoral	La prévision du rivage applique un modèle statistique appelé filtre de Kalman, qui combine les positions du rivage observées et les positions du rivage dérivées du modèle pour prédire la position future du rivage avec incertitude
9	Aide DSAS	Lance un lien vers le guide de l'utilisateur DSAS v5.0.

L'avantage de cet outil est qu'il peut fournir une évolution graphique et statistique du trait de côte. Il fournit une méthode standardisée pour calculer à plusieurs reprises les changements statistiques lors de l'analyse des changements passés, présents et futurs du littoral. Pour utiliser le programme d'extension DSAS, vous devez d'abord préparer le littoral dans un format vectoriel dans la géodatabase personnelle dans ArcCatalog, et numériser la ligne de base imaginaire, à partir de laquelle DSAS crée une coupe transversale qui coupera différentes nervures.

- **EPR End Point Rate** : Est le rapport de la distance entre le trait de côte le plus ancien et le plus récent sur le temps (nombre d'années) écoulé entre les deux dates.
- **LRR Linear Regression Rate** : qui traduit également le taux d'évolution annuelle de la ligne de référence le long de chaque transect, est intéressant si l'on analyse la cinématique littorale pour plus de deux dates, car la méthode de calcul tient compte de la tendance évolutive du trait de côte sur toute la période considérée.
- **NSM Net Shoreline Movement** : le mouvement du littoral net indique une distance et non un taux. Le NSM est associé aux dates de seulement de deux rivages.

En sortie, l'extension DSAS fournit 2 fichiers l'un contient les caractéristiques des points d'intersection « Transects intersect » et l'autre contient les statistiques d'évolution « Transects rate » (EPR, NSM et LRR).

## 11. Annexe XI : ANALYSE SYSTEMIQUE

Le logiciel Micmac a été développé par l'Institut d'Innovation Informatique pour l'Entreprise, sous l'encadrement de leurs créateurs, Laboratoire d'investigation en Stratégie Prospective et Organisation, LIPSOR (GODET, 1999). Cela correspond à l'analyse structurale où la structure est définie comme une réalité qui est étudiée comme un système, et ces éléments maintiennent des interdépendances. En même temps, il permet de prendre en compte des critères qualitatifs variables et explorer des futurs multiples et incertains (JIMENEZ, 2009).

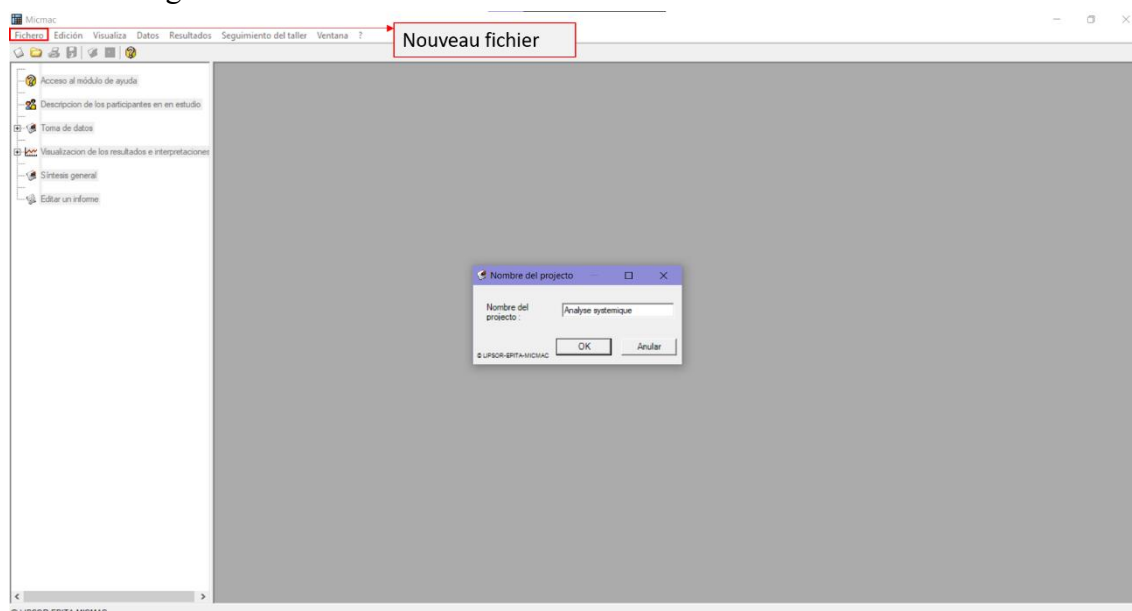
La méthode part de la définition du problème, puis une liste de variables internes et externes est identifiée. Ce procède à l'analyse de la relation entre les variables de ce système, en pesant cette relation en fonction du degré de mobilité et de dépendance entre les variables existantes. Ces variables sont pondérées en fonction de la qualification suivante : si le degré d'influence est inexistant, faible, moyen ou élevé, une échelle qui peut être 0, 1, 2 et 3 ou 0, 1, 3 et 5 est utilisé.

Cette entrée matricielle est généralement qualitative, il est donc possible d'ajuster les intensités des relations (0 = inexistant, 1 = faible, 2 = moyen, 3 = fort, P = potentiel). Le résultat qualificatif identifie les variables clés : classification directe et indirecte. Les analyses de mobilité (Influence) et de dépendance sont obtenues par la localisation de l'indicateur de la variable dans le quadrant, résultant en une variable qui peut être variable de puissance, autonome, de conflit ou variable de sortie, selon leur degré d'influence et de dépendance. (Benjumea Arias et al., 2016)

. Il est à noter que cet outil a eu un impact positif sur les travaux de recherche sur le terrain, permettant à son application d'établir des variables de développement dans le système étudié.

### Etapes de travail :

- 1. Insertion de la matrice :** Par la création d'un nouveau fichier, et l'insertion des variables en titre long et en abréviation d'une manière manuel



**Figure 8:** Analyse systémique \_ Etape 1

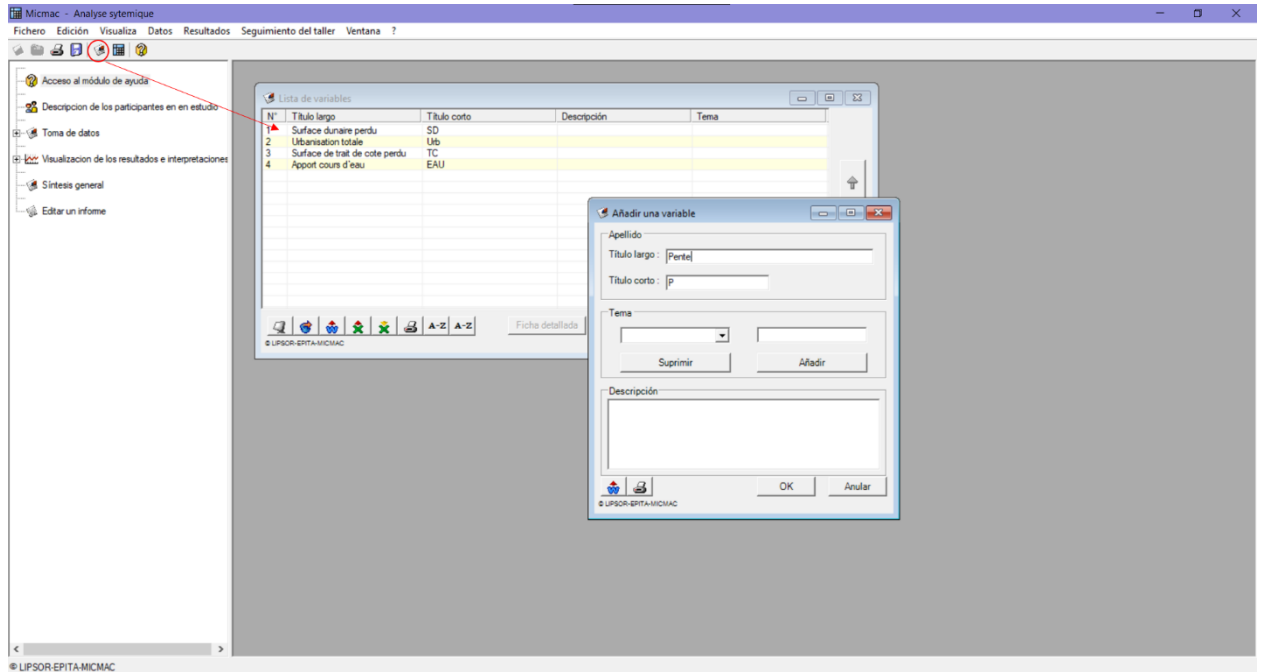


Figure 10: Matrice d'influence directe (MID)

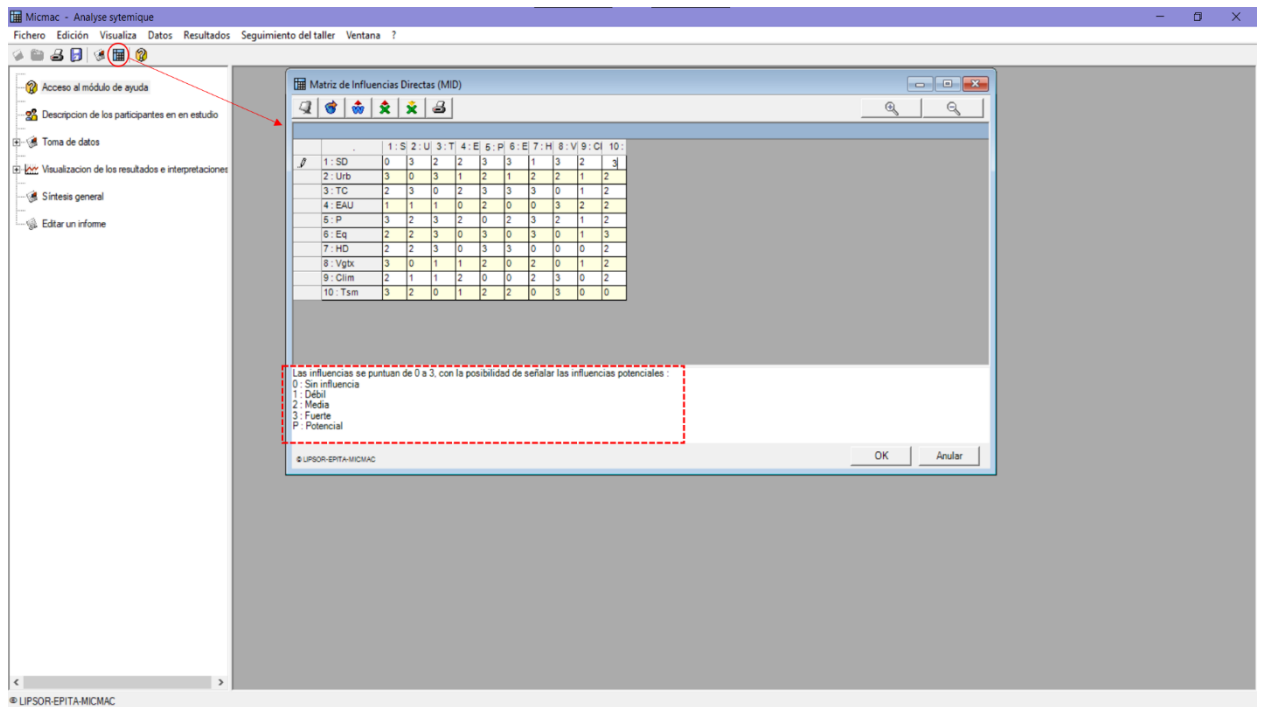


Figure 9: insertion de la liste des variables

2. **Visualisation des résultats :** par le traçage de plan d'influence et dépendance et les graphes des influences directes et indirectes

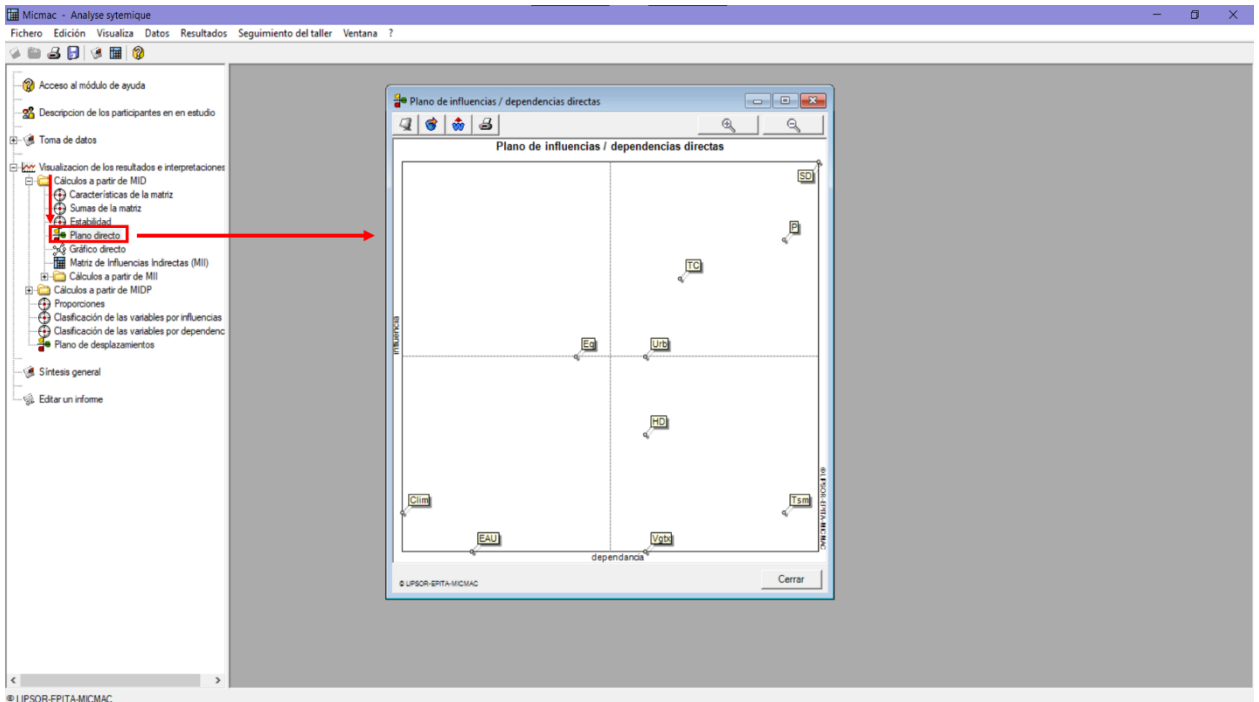


Figure 11: Plan d'influence et dépendance

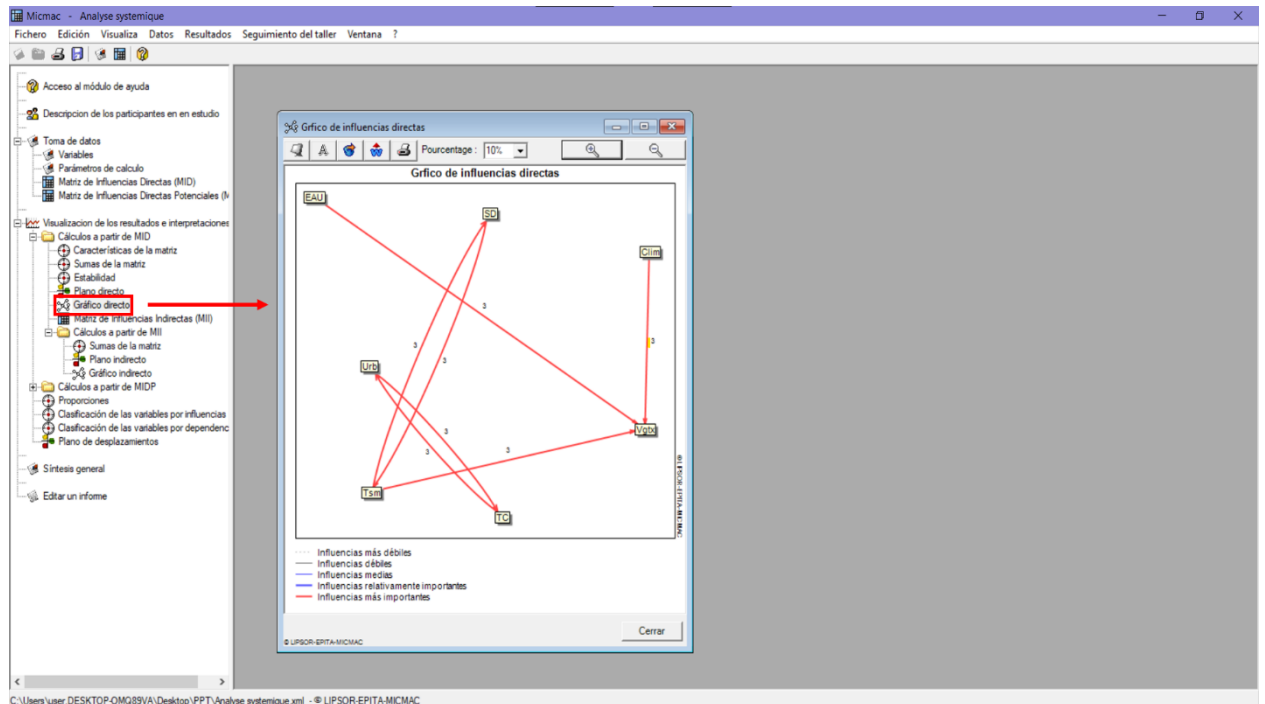


Figure 12: Graphe des influences directes

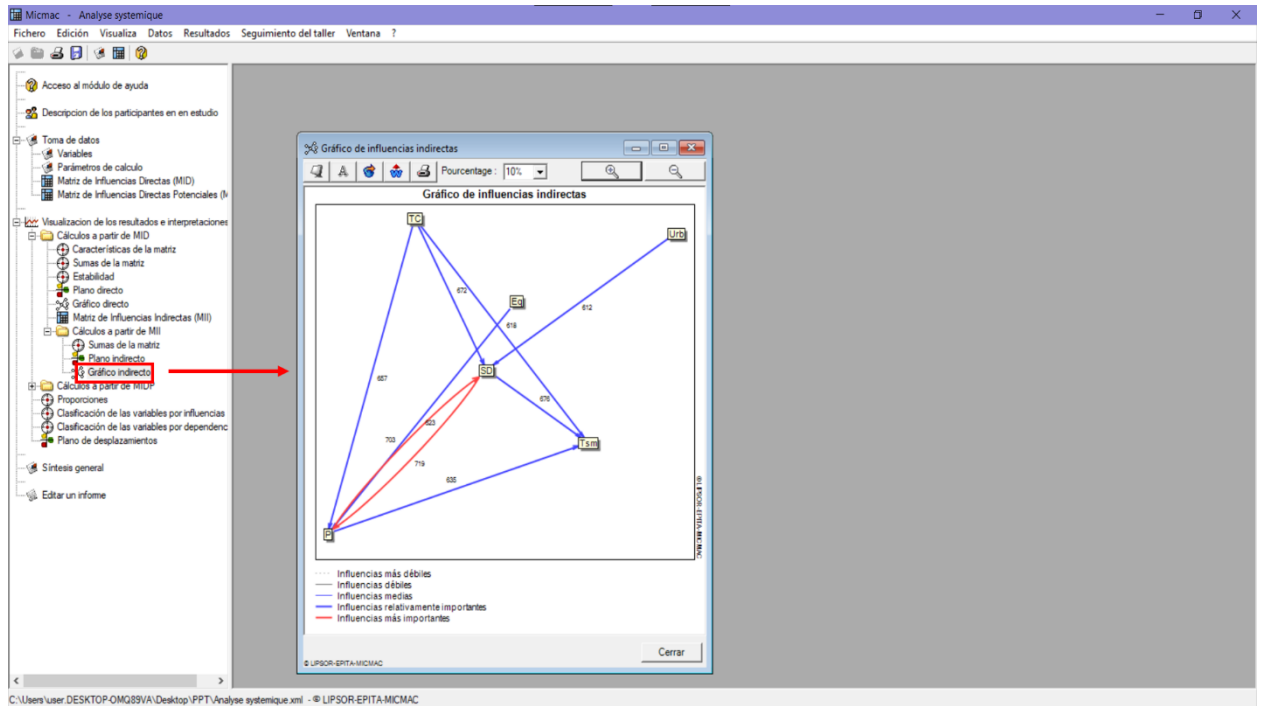


Figure 13: Graphe des influences indirectes

Méthode détaillée :

<https://youtu.be/d18ODsWcbaY>

## **Résumé :**

La région ouest algéroise se présente comme un système côtier très diversifié et donne lieu à un conflit constant entre "pressions anthropique" et "la fragilité environnementale" de ces côtes. Elle est sujette à une urbanisation intensive qui est déroulée en plusieurs épisodes pendant la période d'étude et s'est faite progressivement au détriment de nombreux espaces dunaires. De ce fait un suivi multi-temporel de l'espace côtier de la région « Alger ouest », a permis d'établir un diagnostic des éventuels liens de cause-à-effet et des corrélations entre urbanisation intensive, la destruction des espaces dunaires et la disparition des plages dans la même période. Ceci permettra une meilleure compréhension du géosystème côtier ouest algérois et une aide à la prise de décision en matière de protection côtière pour le futur dans la région.

**Mots clés :** Dunes littorales, Trait de côte, SIG, Télédétection, Urbanisation, Etude diachronique, Analyse systémique

## **Abstract:**

The western region of Algeria is a very diverse coastal system and gives rise to a constant conflict between "anthropic pressure" and "environmental fragility" of these coasts. It is subject to an intensive urbanization that took place in several episodes during the period of study and was made gradually to the detriment of many dune areas. Therefore, a multi-temporal monitoring of the coastal space of the region "Algiers west", allowed to establish a diagnosis of the possible links of cause and effect and correlations between intensive urbanization, the destruction of dune spaces and the disappearance of beaches in the same period. This will allow a better understanding of the coastal geosystem of western Algeria and will help in the decision-making process for future coastal protection in the region.

**Keywords:** Coastal dunes, Coastline, GIS, Remote sensing, Urbanization, Diachronic study, Systemic analysis

## **ملخص**

المنطقة الغربية من الجزائر هي نظام ساحلي متنوع جدا، وتثير صراعا مستمرا بين "الضغط البشري" و"الهشاشة البيئية" لهذه السواحل. وهو يخضع لتحضر مكثف حدث في عدة حلقات خلال فترة الدراسة، وتم تحقيقه تدريجيا على حساب العديد من المناطق التي تغطيها الكثبان الرملية. وبالتالي، فإن إجراء رصد متعدد الزمان للفضاء الساحلي في منطقة "الجزائر الغربية" يسمح بوضع تشخيص للروابط المحتملة بين السبب والنتيجة والعلاقات المتبادلة بين التوسع الحضري المكثف، وتدمير المساحات الرملية واختفاء الشواطئ في الفترة نفسها. وسيسمح ذلك بفهم أفضل للنظام الأرضي الساحلي لغرب الجزائر وسيساعد في عملية صنع القرار المتعلقة بالحماية الساحلية في المنطقة في المستقبل.

الكلمات المفتاحية: كثبان ساحلية، خط ساحلي، نظام معلومات الجغرافية، الاستشعار عن بعد، التوسع الحضري، الدراسة المتزامنة،

التحليل المنهجي

