

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل

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



Mémoire de Fin d'Études

En vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur d'état en Sciences de la Mer

Option : Gestion et Protection du Littoral

Thème :

Mise en œuvre de la GIZC à travers un projet portant sur la vulnérabilité climatique d'Aïn El Türk, Oran

Présenté par :

DEHINA Zohour Zineb Riyane

Soutenu le 28 / 11 /2024 devant le jury

M. ZERROUKI M.	Président (MAA)	ENSSMAL
M. GRIMES S.	Promoteur (Professeur)	ENSSMAL
Mme. KERAGHEL M.	Examinatrice (MCB)	ENSSMAL

2023-2024

Remerciements

Je remercie en premier lieu mes parents, sans qui je n'aurai jamais pu atteindre cette étape.

J'adresse ma gratitude à mon promoteur M. Grimes, pour ses conseils bienveillants qu'il m'a prodigué.

Mes sincères remerciements à tous les enseignants de l'ENSSMAL pour leurs encouragements et les efforts qu'ils ont consentis pour ma formation durant mon cursus.

Pour finir, je tiens à remercier Mr Zerrouki, et Mme Keraghel qui me font l'honneur de présider et d'évaluer mon travail.

Zohour Zineb Riyane.D

Dédicace

À mes très chers parents, Aucun mot ne saurait exprimer à sa juste valeur la profonde gratitude et l'immense amour que je vous porte. Votre soutien indéfectible, vos sacrifices et vos encouragements ont été le pilier de ma réussite. Cette réussite est la vôtre.

À mes sœurs et frère, Pour votre présence, votre complicité et tous ces moments de joie partagés qui m'ont donné la force d'avancer. Merci d'avoir cru en moi.

À mes professeurs, Qui m'ont transmis leur savoir avec passion et diligence. Votre guidage a été précieux tout au long de ce parcours.

À mes amis, Bey, Moussaab et Salem Pour tous ces instants de bonheur, de soutien mutuel et d'entraide. Ces années d'études n'auraient pas été les mêmes sans vous.

À tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail, Recevez ici l'expression de ma sincère reconnaissance.

Je dédie ce mémoire à vous tous, avec tout mon cœur et ma gratitude.

Zou !

Résumé:

Ce mémoire s'inscrit dans une démarche d'analyse de la vulnérabilité climatique de la zone côtière d'Aïn El Türk (Oran, Algérie) à travers l'approche de la Gestion Intégrée des Zones Côtières (GIZC). Face aux pressions naturelles et anthropiques croissantes, notamment l'érosion, la montée du niveau de la mer et les aménagements côtiers non maîtrisés, cette étude vise à évaluer la sensibilité du littoral à travers une analyse spatio-temporelle du trait de côte à l'aide des outils SIG, en particulier le module DSAS d'ArcGIS. L'étude s'appuie sur une caractérisation géographique, géomorphologique, climatique et océanographique de la zone. Les résultats montrent une régression marquée du trait de côte sur plusieurs segments, confirmant la vulnérabilité élevée de la commune. L'étude met également en lumière les limites actuelles de la gestion côtière en Algérie et souligne la nécessité de renforcer l'intégration des données scientifiques dans les politiques d'aménagement durable. Le travail propose des recommandations pour une meilleure adaptation aux effets du changement climatique et une planification efficace fondée sur les principes de la GIZC.

Mots clés : Vulnérabilité, trait de côte, GIZC, simulations, changement climatique, littoral, SIG, érosion.

Abstract:

This thesis focuses on assessing the climate vulnerability of the coastal zone of Aïn El Türk (Oran, Algeria) through the lens of Integrated Coastal Zone Management (ICZM). In the face of increasing natural and human-induced pressures such as erosion, sea-level rise, and uncontrolled coastal development the study aims to evaluate the shoreline's sensitivity using spatio-temporal analysis tools, particularly the DSAS extension in ArcGIS. The research is grounded in a comprehensive characterization of the area's geography, geomorphology, climate, and oceanographic conditions. Results indicate significant shoreline retreat in several areas, confirming the high vulnerability of the commune. The study also highlights the current limitations of coastal management in Algeria and emphasizes the need to better integrate scientific data into sustainable planning policies. Finally, it offers recommendations for improved adaptation to climate change effects and for more effective planning based on ICZM principles.

Keywords: Vulnerability, shoreline, ICZM, simulations, climate change, coastline, GIS, erosion.

المخلص :

يندرج هذا البحث ضمن إطار تحليل قابلية التأثير بالتغيرات المناخية للمنطقة الساحلية لعين الترك (وهران، الجزائر) من خلال نهج الإدارة المتكاملة للمناطق الساحلية (GIZC). في ظل الضغوط الطبيعية والبشرية المتزايدة، وخاصة التعرية، وارتفاع مستوى سطح البحر، والتعمير العشوائي على الشريط الساحلي، تهدف هذه الدراسة إلى تقييم حساسية السواحل من خلال تحليل زمني ومكاني لخط الساحل باستخدام أدوات نظم المعلومات الجغرافية، ولا سيما وحدة DSAS في برنامج ArcGIS. تعتمد الدراسة على توصيف جغرافي، جيومورفولوجي، مناخي، وأوقيانوغرافي للمنطقة. أظهرت النتائج تراجعاً ملحوظاً في خط الساحل في عدة مقاطع، مما يؤكد على الضعف الكبير الذي تعاني منه البلدية. كما تسلط الدراسة الضوء على محدودية إدارة المناطق الساحلية الحالية في الجزائر، وتؤكد على ضرورة تعزيز دمج المعطيات العلمية في السياسات التخطيطية للتنمية المستدامة. ويقترح العمل توصيات من أجل تحسين التكيف مع آثار التغير المناخي والتخطيط الفعال المبني على مبادئ الإدارة المتكاملة للمناطق الساحلية.

القابلية للتأثر، خط الساحل، الإدارة المتكاملة للمناطق الساحلية، محاكاة، التغير المناخي، الساحل، نظم المعلومات الجغرافية، التعرية: **الكلمات المفتاحية**

Table des matières

INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE 01 : Etat de l'art	4
1. Définition de la vulnérabilité :.....	5
2. Le système littoral	7
3. Processus morpho-dynamique côtier :	8
3.1. Processus morphologique :	9
3.1.1. La côte sableuse :	10
3.1.2. Les falaises littorales :	11
3.2. Processus hydrodynamique du littoral :	11
3.2.1. La houle :	12
3.2.2. Les Vagues :	13
3.2.3. Les courants :	15
3.2.4. Le vent :	16
3.2.5. Les marées :	17
4. Dynamique hydro-sédimentaire :	17
4.1. Transport sédimentaire sous l'action de la houle déferlante et les courants engendrés :	18
4.1.1. L'action de la houle déferlante :	18
4.1.2. L'action des courants engendrés :	19
5. La vulnérabilité :	20
6. Le changement climatique :	23
7. Les variations du niveau de la mer :	24
8. Pression anthropique :	25
9. Erosion côtière :	26
10. Gestion intégrée des zones côtières :	27
Chapitre 02 : Présentation de la zone d'étude.....	29
Introduction.....	30
1. Cadre géographique de la zone d'étude :	30
1.1. Brève histoire de Aïn El Türk :	31
1.2. Description du site d'étude :	32

2. Cadre géologique de la zone d'étude :	33
3. Cadre géomorphologique de la zone d'étude :	35
4. Description de la bathymétrie :	37
5. Cadres hydrologiques de la zone d'étude :	37
5.1. Les sous bassins versants :	37
5.2. Les zones humides :	38
5.3. Le réseau hydrographique :	39
6. Cadre climatique de la zone d'étude :	40
6.1. Les températures :	41
6.1.1. Période 2005-2008 :	43
6.1.2. Période 2017-2021-2023 :	44
6.1.2.1. Analyse comparative de la période biennale 2021-2023 :	45
6.1.2.2. Analyse comparative de la période sexennale 2017-2023 :	46
6.2. La pluviométrie sur une longue période :	47
6.2.1. La pluviométrie sur une longue période (1900-2010) :	47
6.3. Données océanographiques	49
6.3.1. Le vent :	49
6.3.2. La houle :	52
Chapitre 03 : Evolution du trait de côte	56
Introduction :	57
1. Acquisition des données	57
2. Approche méthodologique	57
2.1. La boîte d'outil « DSAS »	58
3. Résultats et discussions	60
Chapitre 04 La Gestion Intégrée des Zones Côtières en Algérie	70
1. La Gestion Intégrée des Zones Côtières en Méditerranée :	71
1.1. Définition et Cadre Conceptuel :	71
1.2. Contexte Méditerranéen Spécifique	71
1.2.1. Caractéristiques Biophysiques :	71
1.2.2. Pressions anthropiques :	71
1.3. Cadre Juridique et Institutionnel	72

1.4. Méthodologie et outils de mise en œuvre	72
1.5. Défis et Enjeux Contemporains	73
1.6. Perspectives et recommandations	73
2. Stratégie Nationale de Gestion Intégrée des Zones Côtières en Algérie : Analyse Scientifique	74
2.1. Cadre Juridique et Institutionnel.....	74
2.2. Composantes Scientifiques et Techniques.....	74
2.3. Axes Stratégiques d'Intervention	75
2.4. Indicateurs de performance.....	76
2.5. Défis et perspectives	76
2.6. L'activité GIZC dans le cadre du Plan d'Aménagement Côtier (PAC).....	77
2.7. Etude de mise en œuvre du PAC	80
2.8. Objectifs du PAC	81
3. Le Plan d'Aménagement Côtier d'Oran (PACO).....	82
3.1. Mise en œuvre du PACO	83
4. Résultats des thématiques.....	83
Conclusion	84
Conclusion générale.....	85
Bibliographie.....	88
ANNEXES.....	93

Table des figures

Figure 1: Les différents domaines du littoral	8
Figure 2: Schématisation d'un processus morphodynamique	9
Figure 3: Relation spatio-temporelle des systèmes morpho-dynamiques côtiers	10
Figure 4: Les différents domaines de propagations des vagues	11
Figure 5: Processus hydrodynamiques dans la zone côtière	12
Figure 6: Formation de la houle.....	13

Figure 7: Représentation des paramètres caractéristiques des vagues.....	13
Figure 8: Etapes du processus de déferlement.....	14
Figure 9: Propagation de la houle à la côte, A : cas d'une plage réfléchive, B : cas d'une plage dissipative.....	15
Figure 10: Schéma de la dérive littorale par le courant de dérive	16
Figure 11: Formation d'une dépression et vent associé à partir d'un conflit entre masses d'air chaud et froid générant de trains de houle.....	17
Figure 12: Les modes de transport sédimentaire	18
Figure 13: Schéma de transport par jet de rive et par courant littoral.....	20
Figure 14: Système de vulnérabilité côtière.....	21
Figure 15: Approche de la vulnérabilité d'après le GIEC entre AR4 et AR5	22
Figure 16: Distribution géographique des vitesses de variation du niveau de la mer entre 1993 et 2006.....	24
Figure 17: Résumés des impacts de l'élévation du niveau de la mer/: Impacts potentiels des changements climatiques sur la zone côtière.....	25
Figure 18: Synthèse des paramètres influençant l'évolution morphologique des côtes.	26
Figure 19: Impact des activités humaines sur l'érosion côtière	27
Figure 20: Situation géographique de la baie d'Aïn El Türk.....	31
Figure 21: Carte géologique du bassin de la Tafna (Oran).....	35
Figure 22: Bathymétrie au large d'Oran.....	37
Figure 23: Localisation des bassins et sous bassins versants de la Wilaya d'Oran	38
Figure 24: Carte du réseau hydrographique de la wilaya d'ORAN	40
Figure 25: Température annuelle Aïn El Türk, Oran 2017.....	42
Figure 26: Température annuelle Aïn El Türk, Oran 2021.....	42
Figure 27: Température annuelle Aïn El Türk, Oran 2023.....	43
Figure 28: Variations de températures mensuelles : 2005 – 2008.....	44
Figure 29: Précipitations sur la période : 1900 – 2010	47
Figure 30: Vitesses des vents.....	50
Figure 31: Directions des vents.....	50
Figure 32: Corrélation conjointe entre vitesse et direction de vents.....	50
Figure 33: Roses des vents (annuelle et saisonnières).....	51

Figure 34: Amplitudes de houles	53
Figure 35: Distribution conjointe (Hs et Tp)	53
Figure 36: Distribution conjointe entre Amplitudes de houles et direction de houles...	53
Figure 37: Roses des houles (annuelle et saisonnières)	54
Figure 38: Étapes de la méthodologie de suivi du trait de côte	58
Figure 39: Les principaux outils de la barre d'outils du DSAS.	59
Figure 40: Carte des transects de la zone d'étude	61
Figure 41: Evolution trait de côte d'Aïn El Türk pour la période 2007-2012.....	62
Figure 42: Evolution du trait de côte d'Aïn El Türk pour la période 2012-2017	64
Figure 43: Evolution du trait de côte d'Aïn El Türk pour la période 2017-2022.....	66
Figure 44: Evolution du trait de côte d'Aïn El Türk pour la période 2007-2022.....	68
Figure 45: Bandes délimitées par la loi littorale	78
Figure 46: Enchaînement et interrelations des étapes de planification GIZC	80

Liste des tableaux

Tableau 1 Caractéristique des plages	36
Tableau 2: Caractéristiques des zones humides de la Wilaya d'Oran	39
Tableau 3: Régimes pluviométriques de la Wilaya d'Oran 1900-2010.....	48
Tableau 4: Caractéristiques des données utilisées dans l'étude	57
Tableau 5: Classification des valeurs de changement du trait de côte à partir des paramètres EPR	61

Liste des acronymes

GIZC : Gestion Intégrée des Zones Côtières

PNUE : Programme des Nations Unies pour l'environnement

PAM : Plan d'Action pour la Méditerranée

GIEC : Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat

IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change

GEBCO: The General Bathymetric Chart of the Oceans

SIG : Système d'Informations Géographiques

RED : Rapport sur l'état de l'Environnement et du Développement en Méditerranée

°C : Degrée Celsius

2D : Deux dimensions

3D : Trois dimensions

C : Célérité

H : Hauteur

T : Période

L : Longueur d'onde

A : Amplitude

N : Nord

E : Est

S : Sud

O : Ouest

Min : Minimum

Max : Maximum

Hs : Hauteur significative

Tp: Période de houle

DSAS: Digital Shoreline Analysis System

EPR: End Point Rate

NSM: Net Shoreline Mouvement

CMDD : Commission Méditerranéenne du Développement Durable

CAR : Centres d'Activités Régionales

CNL : Commissariat National du Littoral

ONEDD : Observatoire National de l'Environnement et du Développement Durable

CNERU : Centre National d'Études et de Recherches Appliquées en Urbanisme

PAC : Plan d'Aménagement Côtier

PACO : Plan d'Aménagement Côtier d'Oran

PDAU : Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme

POS : Plan d'Occupation des Sols

ANAT : Agence Nationale de l'Aménagement du Territoire

MATE : Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement

BET : Bureau d'Études Techniques

ZET : Zone d'Expansion Touristique

INTRODUCTION GENERALE

La zone côtière représente une zone intermédiaire où la terre et la mer se confondent, agissant comme une région de transition entre les composantes terrestres et marines de la surface de la Terre (Crossland et al., 2005). Cette bande de terre est considérée comme un "éco-socio-système". Il s'agit d'une zone complexe et hétérogène où interagissent des éléments physiques, biologiques et humains. La région côtière se distingue des autres espaces terrestres par son interface entre la terre et la mer, qui donne naissance à des environnements distincts et spécialisés tels que les zones humides, les estuaires et les zones intertidales. Ces caractéristiques uniques ont donné lieu à diverses utilisations et activités humaines dans les zones côtières, qui sont soumises à diverses réglementations légales (Paskoff, 1993). En raison de sa grande vulnérabilité à une série de dangers, notamment l'érosion, les inondations, les submersions marines, les glissements de terrain, les marées noires et les accidents industriels, l'étude des risques le long des côtes englobe divers domaines (sciences, pratiques, politiques, etc.) et intègre généralement des notions telles que l'aléa, les enjeux et la vulnérabilité (Paskoff, 1993). Toutefois, les définitions de ces termes peuvent varier d'une source à l'autre et évoluer au fil des recherches.

Des initiatives de gestion intégrée des zones côtières (GIZC) ont été menées au niveau national, notamment l'élaboration de la stratégie nationale de GIZC en 2015 et sa révision et validation en 2020 et dans le cadre de la recherche scientifique algérienne dans ce domaine. L'objectif du présent travail de recherche est de montrer l'implication de la gestion intégrée des zones côtières pour faire face à la vulnérabilité physique et climatique régionale de la commune d'Aïn El Türk. Les études de vulnérabilité côtière sont menées pour évaluer la susceptibilité des zones côtières à divers aléas et pour comprendre les impacts potentiels de ces aléas. Ces études permettent d'identifier les zones les plus exposées et d'éclairer les processus décisionnels liés à la gestion du littoral, aux stratégies d'adaptation et à la réduction des risques de catastrophe (Jiang et al., 2021). Le choix de la zone d'étude est lié, d'une part, à la sélection de l'échelle et, d'autre part, à la sensibilité de la zone aux différents risques et aléas.

Pour accomplir cette tâche, il est nécessaire de définir l'étendue de l'influence en déterminant les limites de la zone côtière concernée et de ses écosystèmes. En outre, il faut identifier les facteurs naturels qui exercent des pressions sur l'écosystème côtier.

La compréhension de la zone côtière nécessite une connaissance approfondie de ses caractéristiques physiques et de sa dynamique côtière. Il s'agit notamment d'évaluer l'exploitation et la gestion de l'environnement côtier et d'évaluer leur impact sur la zone côtière.

Ce manuscrit est organisé en quatre chapitres :

- Chapitre1 : Ce chapitre basé sur une recherche documentaire (revue de la littérature scientifique, collecte et tri des informations), porte sur les notions de base nécessaires pour la bonne compréhension de la thématique étudiée, le concept de la Gestion Intégrée des Zones Côtières (GIZC), la définition de la vulnérabilité, la vulnérabilité côtière méditerranéenne et algérienne, l'utilisation des SIG dans l'évaluation de la vulnérabilité côtière et la présentation de la zone d'étude choisie pour la réalisation de ce mémoire.

- Chapitre2 : Concerne les aspects généraux de la zone d'étude, permet non seulement de mettre la zone d'étude dans son contexte géographique mais aussi géologique, géomorphologique, bathymétrique, hydrodynamique et climatique.

- Chapitre3 : Celui-ci est consacré aux matériels et méthodes utilisés pour l'évaluation de l'érosion côtière de notre zone d'intérêt. A travers une analyse quantitative de l'évolution du trait de côte en utilisant le logiciel ARCGis et son extension DSAS afin de comprendre la tendance dynamique du trait de côte.

- Chapitre4 : Quant à ce dernier, il synthétise les actions menées en méditerranée, en Algérie et à l'Ouest d'Algérie (Oran) dans le cadre de la gestion intégrée des zones côtières.

CHAPITRE 01 :

Etat de l'art

1. Définition de la vulnérabilité :

Nous ne pouvons aborder le sujet de la vulnérabilité côtière en détail sans définir au préalable les concepts et les mots clés qui apparaissent fréquemment dans divers processus connexes, à savoir : aléa, vulnérabilité, risque, exposition, problème, atténuation et résilience. Un danger est une propriété inhérente qui peut causer un ou plusieurs types de dommages à un élément fragile. Dans le cadre de notre étude de la vulnérabilité côtière, les aléas doivent répondre à une triple préoccupation : où (spatial), quand (temporel) et comment (fréquence et intensité). L'exposition à un danger nous informera de sa probabilité, de sa gravité et de son coût. Ces enjeux recouvrent tous les aspects sociaux, financiers et territoriaux. Pour atteindre un niveau de connaissance fin et répondre à la question : quelles sont les conséquences et comment réduire les pertes et converger vers l'état initial, constitue l'approche de la vulnérabilité (Pablo., 2007).

Les zones côtières, parmi les systèmes les plus dynamiques à la surface de la Terre (Sanjosé Blasco et al. 2018), sont particulièrement vulnérables physiquement. Beaucoup de ces régions connaissent actuellement une augmentation des inondations, une érosion accélérée et une intrusion d'eau de mer dans les sources d'eau douce, notamment dans les zones semi-arides et arides (Bouhmadouche et Hemdane 2016; De Falco et al. (2014). Cette érosion côtière, qu'elle soit naturelle ou anthropique, entraîne des dommages écologiques, des pertes économiques et des problèmes sociaux conséquents (Rigoni 2003; Colas 2007) (Jeremy et Dieunedort, 2021)

Depuis le 19ème siècle, la température atmosphérique moyenne a augmenté de 0,74°C à l'échelle du bassin Méditerranéen, ce qui rend la région vulnérable à l'élévation du niveau de la mer (GIEC, 2014). Les phénomènes comme l'érosion et la submersion marine prennent actuellement des proportions très alarmantes et inquiétantes à la fois (GIEC, 2007).

Parmi les études qui évoquent la vulnérabilité côtière en méditerranée, on cite (Satta et al., 2017) (Sallaye et al., 2022) (Amarni et al., 2021) (Mihoubi et al., 2014) (Bengoufa et al., 2021) (Djouder et Boutiba, 2017) (Otmani et al., 2020) (Rabehi et al., 2018) (Hzami, 2021) (Claeys et al., 2017) (Barrier, 2021).

Le bassin méditerranéen a été impacté par les récents changements climatiques à un rythme dépassant les moyennes mondiales, particulièrement par un réchauffement de l'air et des océans plus rapide durant toutes les saisons. Il y a une tendance sans équivoque à des conditions plus sèches, avec la spécificité notable en Méditerranée que la plupart des modèles climatiques s'accordent plus que partout ailleurs dans le monde par rapport aux changements attendus en termes de précipitations. Les activités économiques (agriculture, pêche, tourisme, etc.) et les infrastructures d'appui (villes, ports, agriculture dans les deltas fluviaux bas, etc.) sont en étroite corrélation avec les récentes conditions climatiques et environnementales, particulièrement le niveau précis actuel de la mer, ce qui rend les pays méditerranéens très vulnérables aux changements affectant ces conditions (Rapport sur l'état de l'environnement et du développement en Méditerranée (RED) 2020, 2021)

Il existe diverses formes de vulnérabilité naturelle, physique, environnementale ou socioéconomique, tel que :

Vulnérabilité côtière naturelle : Géomorphologie (Gornitz et al., 1994) ; Pente côtière (Pendleton et al., 2010) ; Processus tectoniques (Nicholls et Cazenave, 2010).

Vulnérabilité côtière physique : Érosion côtière (Masselink et Russell, 2013) ; Inondations : (Neumann et al., 2015) ; Intrusion saline (Werner et al., 2013).

Vulnérabilité côtière environnementale : Dégradation des écosystèmes (Spalding et al., 2014) ; Pollution (Islam et Tanaka, 2004) ; Changement climatique (Hoegh-Guldberg et al., 2007).

Vulnérabilité côtière socioéconomique : Densité de population (Small et Nicholls, 2003) ; Infrastructure critique (Hanson et al., 2011) ; Dépendance économique (Adger et al., 2005).

On note une augmentation des publications sur la vulnérabilité, particulièrement en relation avec les changements climatiques (Cannon et Müller-Mahn, 2010 ; Folke et al., 2010; Manyena, 2006)

2. Le système littoral

Un système littoral est une zone d'interface dynamique entre les terres émergées et les océans, caractérisée par une variété de phénomènes géomorphologiques, écologiques et socio-économiques qui interagissent à l'interface terre-mer. Selon la définition de Komar (1998), "le système littoral comprend toutes les parties de la côte, de la mer jusqu'au continent, et tous les processus qui se déroulent dans cette zone, ainsi que les interactions entre ces processus". (Salem Cherif et al., 2019); (Corlay, 1995); (Nicholls et al., 2007); (Masselink et Gehrels, 2014).

« Le littoral est l'espace de rencontre entre la terre, la mer et l'atmosphère. Ce lieu de convergence et de compétition entre de nombreuses activités humaines, quelquefois concurrentes (industrie, agriculture, transport, tourisme), constitue aussi un patrimoine biologique et paysager de première importance où les équilibres écologiques sont sans cesse fragilisés par les aléas naturels mais également par l'Homme. » (EID MEDITERRANEE, 2005). On peut subdiviser le littoral en trois parties : (Figure 1)

➤ 1ere partie : subdivisée en 3 domaines :

- Le domaine de l'arrière-pays qui se trouve entre la limite du bassin versant et 1er haut sommet.
- Le domaine péri-littoral qui est limité entre le 1er haut sommet et la limite d'influence marine.
- Le domaine sublittoral qui est limité entre la limite d'influence marine et la limite des hautes mers.

➤ 2eme partie :

C'est le domaine intertidal qui se trouve entre la limite des hautes mers et la limite des basses mers.

➤ 3eme partie : subdivisée en 2 domaines :

- Le domaine pré-littoral qui est limité entre les basses mers et les actions des houles.
- Le domaine hauturier qui est limité en haut par la limite des actions des houles jusqu'aux grandes profondeurs.

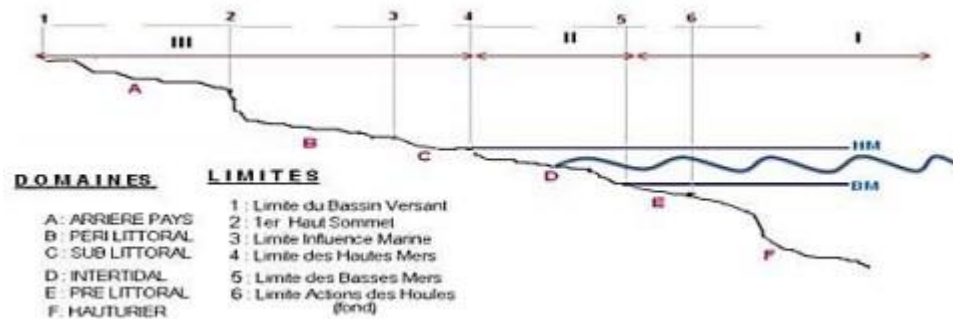


Figure 1: Les différents domaines du littoral (Larid., 2011)

Un système littoral est un ensemble d'éléments en interaction dans le temps et dans l'espace, ce qui rend la tâche de comprendre leur comportement très complexe. Pour décrire ce type de système, il est possible de combiner des approches analytiques classiques avec une modélisation numérique (2D et 3D) (Mezouar et al., 2009).

Avant d'exposer les éléments constitutifs inhérents à tout système littoral, il est essentiel de comprendre la complexité de ces systèmes.

La zone côtière algérienne qui se situe au sud du bassin méditerranéen est vulnérable, elle est soumise à de multiples risques tels que les inondations, les séismes, les tsunamis et la sécheresse. Les phénomènes comme l'érosion et la submersion marine prennent actuellement des proportions très alarmantes et inquiétantes à la fois (GIEC, 2007 ; Djouder et Boutiba, 2017 ; Jöhr et al., 2008).

Le système côtier oranais subit de nombreuses pressions liées principalement au degré d'anthropisation, l'activité touristique incontrôlée et l'érosion côtière. Elles sont perçues comme des contraintes fortes, induisant d'importants phénomènes de dégradation (Pinot, 1998).

3. Processus morpho-dynamique côtier :

A l'échelle des processus, le comportement d'un système côtier résulte des mouvements à l'interface eau/sédiments. Schématiquement, les conditions hydrodynamiques (vagues, courants, marée) induisent un transport sédimentaire responsable de l'évolution morphologique de la plage (Devriend et al., 1993).

La modification des forçages (comme les événements extrêmes) induit une modification de l'hydrodynamique, qui elle-même induit un transport sédimentaire responsable de l'évolution morphologique des zones côtières (Stéphanian., 2002).

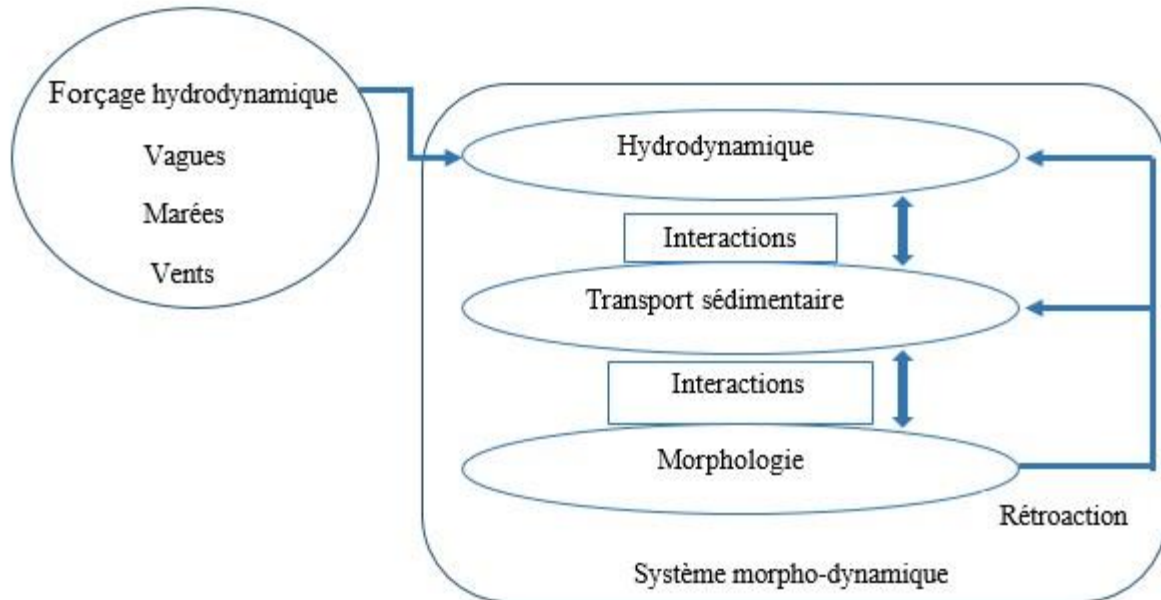


Figure 2: Schématisation d'un processus morphodynamique (Stépanian, 2002).

3.1. Processus morphologique :

En fonction de l'échelle de temps, le comportement morpho-dynamique d'un système côtier peut être très variable et chaque échelle de temps correspond à une échelle spatiale, cette relation est représentée ci-dessous (Figure 3) (Arduin et al., 2016).

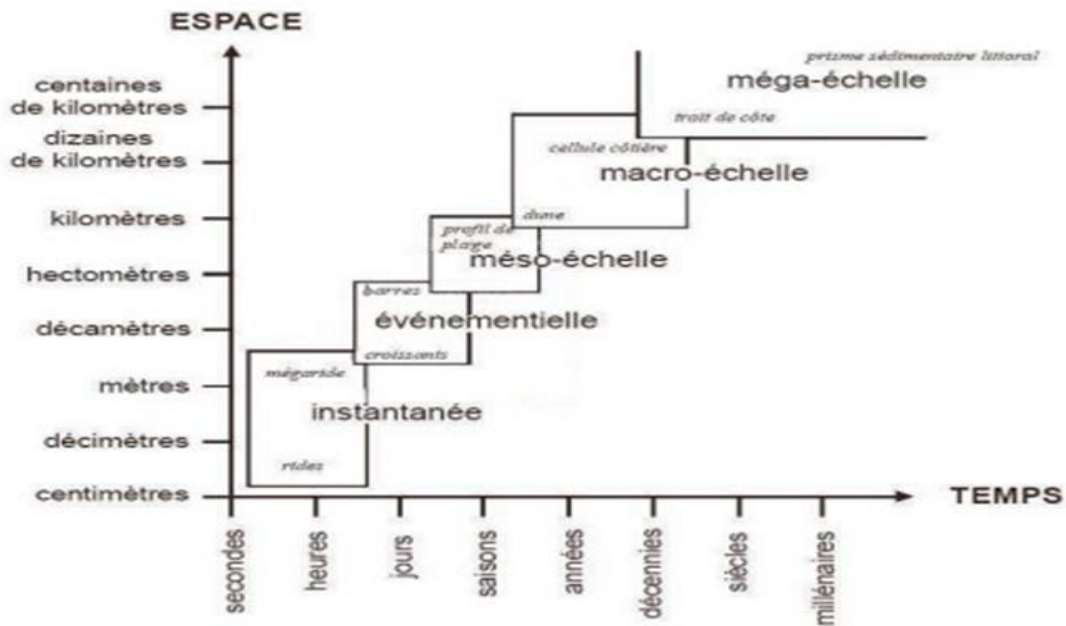


Figure 3: Relation spatio-temporelle des systèmes morpho-dynamiques côtiers (Ardhuin et al., 2016).

3.1.1. La côte sableuse :

Une plage représente la portion intertidale du littoral, c'est-à-dire la zone soumise au flux et reflux des marées. Toutefois, pour appréhender la dynamique des zones côtières, notamment les plages de sable, il est essentiel d'examiner les échanges sédimentaires entre la plage et la zone subtidale (dans le sens transversal au rivage) ainsi que le long de la côte. Les littoraux et les plages constituent des systèmes dont l'évolution s'opère à différentes échelles spatio-temporelles sous l'influence de divers agents forçant tels que la houle, les marées et les courants associés (Lemos et al., 2018).

Sur sa portion émergée, la plage est typiquement encadrée par des formations telles que des dunes ou des falaises. La profondeur de fermeture du système représente la frontière maritime des plages, définie comme la profondeur critique à laquelle la houle cesse d'exercer son influence, correspondant à la moitié de sa longueur d'onde. (Suanez, 2009) (Figure 4).

Depuis la mer vers la terre se trouve en premier la zone de levée des vagues ou la zone de transition "Shoaling zone" c'est une zone presque horizontale se trouvant

entre la vague non-déferlante et la forme naissante des vagues déferlantes (un peu d'écume sur la crête).

Puis, il y a la zone de déferlement ou de surf "Surf zone" qui s'étend depuis le point de déferlement des vagues vers le haut de la plage.

Enfin, le haut de plage ou "Swash zone" correspond à la zone de la pente affectée par le mouvement de va-et-vient des vagues (le jet de rive et nappe de retrait).

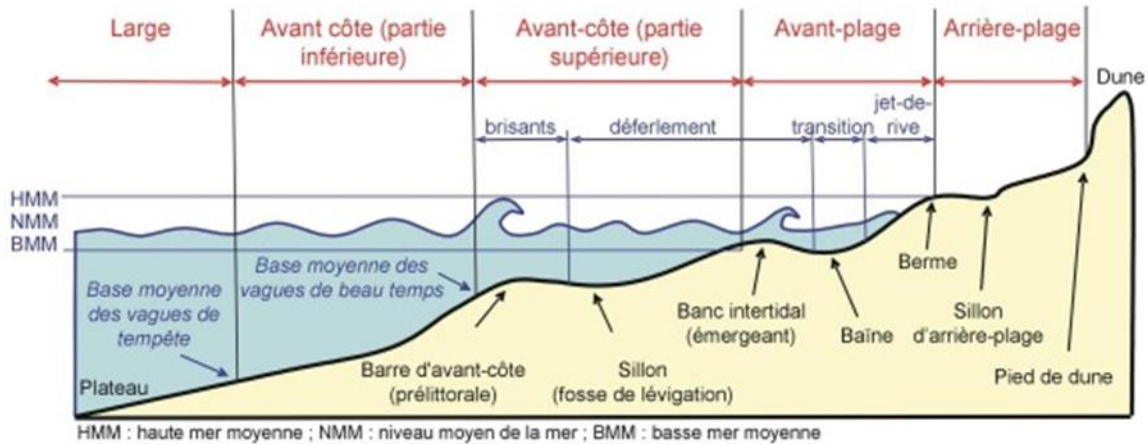


Figure 4: Les différents domaines de propagations des vagues (Mallet et al., 2008)

3.1.2. Les falaises littorales :

La définition largement acceptée des falaises dans la littérature, proposée par Guilcher en 1954, caractérise cette forme comme un abrupt végétalisé, fortement incliné (avec une pente allant jusqu'à la verticale), d'altitude variable, situé au point de rencontre entre la mer et la terre, résultant de l'action ou de la présence marine. Une falaise cesse de régresser seulement lorsque la mer cesse d'éroder sa base. Les éboulis déclenchés par l'altération mécanique viennent alors protéger la base de la falaise jusqu'à ce qu'elle atteigne son profil d'équilibre. À ce stade, la falaise devient une "falaise morte" dont la morphologie diffère considérablement de celle des falaises actives (Guilcher, 1954).

3.2. Processus hydrodynamique du littoral :

La zone littorale constitue un environnement complexe où s'entrelacent de multiples interactions entre les agents dynamiques qui régissent les flux

hydrodynamiques. La Figure 5 offre une représentation schématique de la nature et de la distribution des divers processus hydrodynamiques observés dans la zone côtière. (Stepanian, 2002).

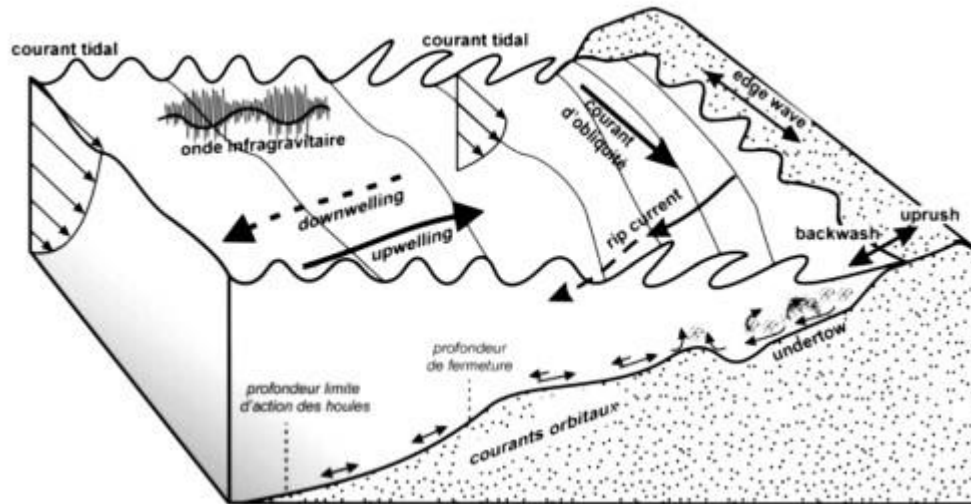


Figure 5: Processus hydrodynamiques dans la zone côtière (Stepanian, 2002).

3.2.1. La houle :

La houle est définie comme un système de vagues plus ou moins régulier, dans lequel la hauteur est relativement faible par rapport à la longueur d'onde et qui se propage dans la mer hors de la présence du vent qui en a été la cause initiale (Guilcher, 1979). La houle est caractérisée par les paramètres spécifiés sur la Figure 6 ci-jointe.

La houle est un mouvement ondulatoire de la surface de la mer qui est formé par un champ de vent éloigné de la zone d'observation (vent lointain). Elles sont considérées comme un cas particulier de vagues non déferlantes (Mezouar, 2020)

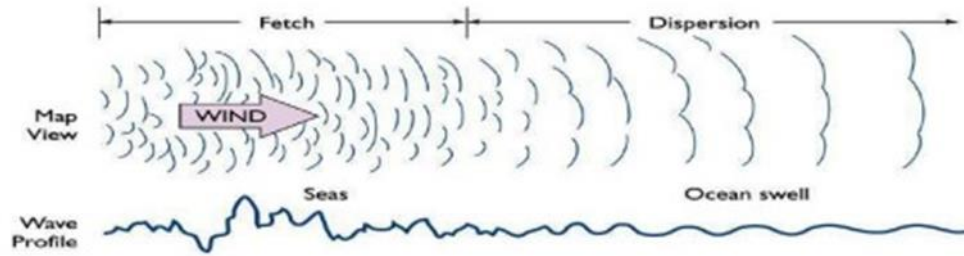


Figure 6: Formation de la houle.

3.2.2. Les Vagues :

Les vagues sont des perturbations de la surface de la mer qui se traduisent par une ondulation de courte durée, elles sont générées par des vents de différentes intensités. La zone de formation de ces vagues s'appelle la zone de Fetch (Mezouar, 2018). L'hydrodynamisme sur les côtes algéroises se caractérise par une hauteur moyenne de vagues faible à moyenne (entre 0,2 et 3 m d'amplitude). Malgré l'absence de données précises sur l'hydrodynamisme de la région, la hauteur maximale des vagues observées, au cours des dix dernières années, est de 3 m (Larara et al., 2012). Les hauteurs entre 2 et 3 m n'étant atteintes en Algérie que lors des épisodes spécifiques de haute énergie comme des tempêtes ou lors de séismes (Yelles-Chaouch et al., 2001), on retiendra la hauteur de 1 m correspondant aux hauteurs les plus significatives en baie d'Alger (Hemdane et al., 2016).

Les vagues sont des ondes de gravité qui se propagent généralement au niveau de la surface de la terre, elles sont caractérisées par les principaux paramètres qui sont : La célérité c , La hauteur H , La période T , Longueur d'onde L , L'Amplitude $A = H/2$.

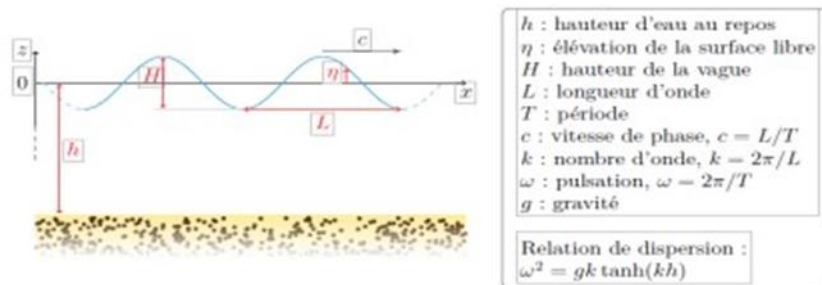


Figure 7: Représentation des paramètres caractéristiques des vagues (Berni, 2011).

- Le déferlement des vagues Le déferlement des vagues est la déformation rapide du profil de l'onde, associé à la production de turbulence. Le déferlement de la houle se produit principalement pour deux raisons différentes : soit la cambrure ($s = H/L$) de la houle devient trop importante, soit c'est sa hauteur relative (H/h) qui devient excessive. En eau peu profonde, le déferlement induit par la profondeur est généralement le facteur dominant tandis que la limite de la cambrure est à prendre en compte essentiellement dans le processus de formation de la houle (CETMEF, 2007).
- Réfraction des vagues : Le phénomène de réfraction bathymétrique se produit lorsque la houle pénètre dans un milieu peu profond. Il est dû au fait que la célérité de la houle est une fonction croissante de la profondeur du domaine. Ce phénomène, analogue à la propagation des ondes dans un milieu d'indice variable, a deux conséquences principales, le shoaling puis le déferlement et l'orientation des lignes de crêtes suivant la bathymétrie (Cialone, 1982).
- Diffraction des vagues : C'est le phénomène par lequel une onde, en rencontrant un obstacle, génère à l'aval de celui-ci une onde circulaire de même période mais d'énergie décroissante (SMNLR, 2005).

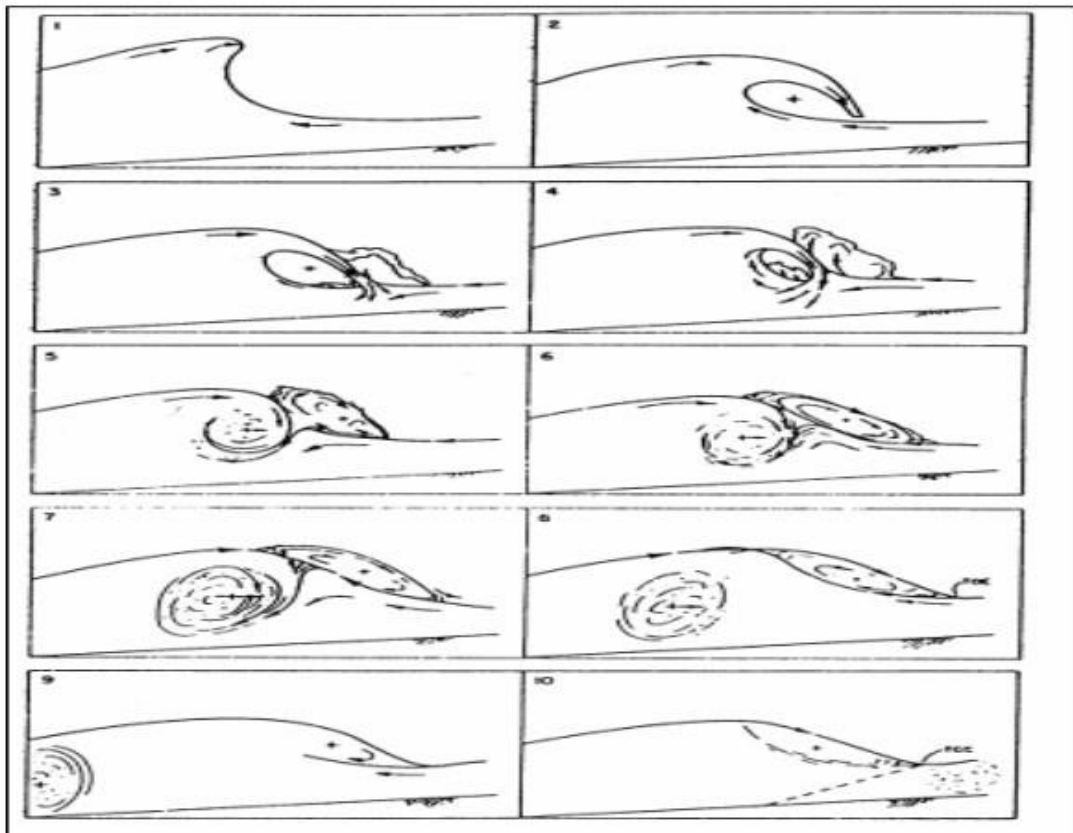


Figure 8: Etapes du processus de déferlement (Basco, 1985).

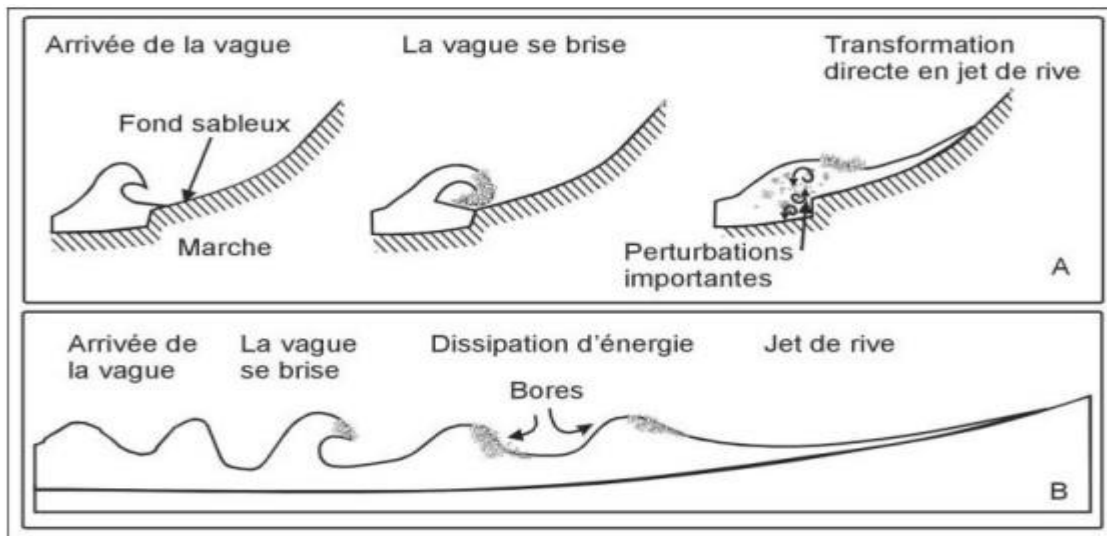


Figure 9: Propagation de la houle à la côte, A : cas d'une plage réfléchive, B : cas d'une plage dissipative (Kulkarni, 2003)

3.2.3. Les courants :

Les courants sont des déplacements des masses d'eau, caractérisés par une vitesse, une direction, et un débit précis. Les courants généraux sont formés par des forces extérieures au milieu marin (vents) et/ou des forces intérieures du milieu marin (différence de salinité ou de température à l'intérieur de la mer) (Chapon et al., 1984).

Il existe deux types de courants :

- **Cross-shore (les courants généraux) :** Le courant atlantique pénétrant par le détroit de Gibraltar forme des tourbillons anticycloniques de 100km de diamètre, se déplaçant vers l'Est à une vitesse moins de 7 nœuds (Millot, 1985), qui est un courant de retour dirigé perpendiculairement par rapport à la côte.
- **Longshore current (courant de dérive littoral) :** C'est un courant qui a lieu quand les houles arrivent avec un certain angle d'obliquité à la côte, il est nommé également courant de dérive. Il joue un rôle important dans la redistribution des sédiments le long du littoral, il peut transporter de grandes quantités de charges solides sur plusieurs dizaines voire plusieurs centaines de kilomètres. Son intensité est maximale derrière le point de déferlement, il peut être généré également à cause d'un changement latéral dans les hauteurs des houles incidentes (Castelle, 2004), qui est dirigé parallèlement par rapport à la côte, tout en favorisant le transit sédimentaire.

- **Rip current (courant sagittal) :** Le courant sagittal est un courant violent, intense et étroit dirigé vers le large, qui est observé sur de nombreuses plages. Il transporte de grandes quantités de sédiments (Castelle et Bonneton, 2006).
- **Courant de retour :** Au contact de la cote, le courant existant au lieu du déferlement engendre des courants de retour, leurs vitesses dépendent de l'énergie de la houle et de la pente de la plage. Ces courants sont les responsables de la dissipation d'une partie des sédiments côtiers vers le large (Mezouar, 2004).

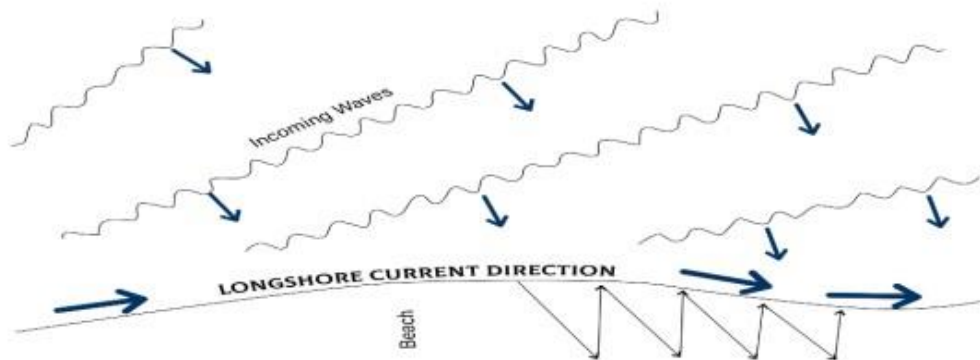


Figure 10: Schéma de la dérive littorale par le courant de dérive (EID-Med, 2010).

3.2.4. Le vent :

Le vent est produit par des fluctuations de pression dans l'atmosphère. Les variations de pression créent des contraintes de cisaillement sur la surface de l'eau ce qui conduit en premier lieu aux petites rides (ou ondulations). Ces perturbations produisent ainsi des irrégularités sur la surface et fournissent alors une surface additionnelle sur laquelle le vent réagit. Les ondes vont alors s'accroître en longueur d'onde et en amplitude tant qu'un transfert de quantité de mouvement du vent vers la mer a lieu, jusqu'à ce que la vitesse de phase (célérité ou vitesse de propagation) d'onde devienne égale à la vitesse de vent (Lacombe et al., 1965).

Les vents sont toujours plus forts aux côtes qu'à l'arrière-pays immédiat puisque ceux qui viennent du large ne sont pas freinés par des obstacles. Par leur fréquence et leur vitesse ainsi que par leur direction, ils génèrent de la houle et des vagues dont ils peuvent accroître la cambrure. Ils génèrent également des courants superficiels qu'ils peuvent accélérer ou ralentir, voire même inverser (Salem Cherif et Daghbadj, 2015).

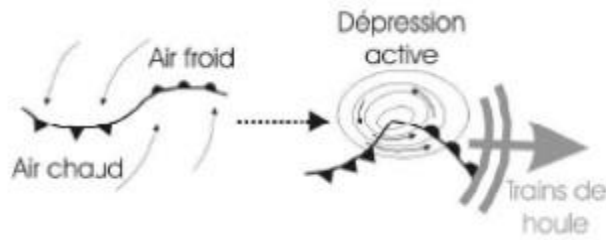


Figure 11: Formation d'une dépression et vent associé à partir d'un conflit entre masses d'air chaud et froid générant de trains de houle (Lacombe et al., 1965)

3.2.5. Les marées :

Les marées sont des oscillations périodiques du niveau de la mer, attribuables à l'alignement gravitationnel des astres tels que la lune, le soleil et la terre (Viguié, 2011). La moyenne significative des marées se définit comme la différence verticale entre le niveau le plus haut et le niveau le plus bas de la marée. Dans le bassin algérois, cette moyenne s'établit à 0,16 mètres (Alberola et al., 1995), ce qui la caractérise comme étant de faible amplitude.

4. Dynamique hydro-sédimentaire :

Le transport sédimentaire est contrôlé par de nombreux processus, parmi ces processus on peut citer l'intensité des courants et des houles. Cela veut dire que les sédiments vont être transportés au long des rivages par l'obliquité de propagation des houles par rapport à la direction générale du trait de côte et aussi par les courants littoraux. A cela s'ajoute l'énergie au moment du déferlement qui favorise la remise en suspension des sédiments (Dahmani, 2022).

Les différents modes de transport :

➤ Transport par charriage :

Ce transport s'effectue dans le cas des fonds inclinés en présence de la gravité. Il est dominant pour les flux lents et les grains de grande taille. Dans ce cas de transport, les sédiments sont en contact avec le fond (sauf pour de très courtes durées pendant le « saut »). Sur les plages sableuses, ce mode est favorisé par la présence de

conditions peu énergétiques. En général, le charriage est pour les grains plus grossiers qu'environ 2mm. (Vah, 2019).

➤ Transport par saltation :

Ce type de transport correspond à un mouvement de grains par petits bonds, où les grains perdent alors le contact avec le fond pour un temps court et sur une hauteur de l'ordre de quelques diamètres de grains (Vah, 2019)

➤ Transport par suspension :

Les sédiments peuvent être arrachés au fond (par turbulence ou par la présence d'un courant suffisamment intense), les grains de sable sont advectés par l'écoulement d'air et sont transportés dans la colonne d'eau. Lors de ce transport, le sédiment ne touche plus le fond pendant de longues périodes. Ce mode est favorisé par la présence de conditions énergétiques plus fortes que celles du charriage, le flux est donc plus rapide et la taille des grains est inférieure à 0.2mm (Vah, 2019).

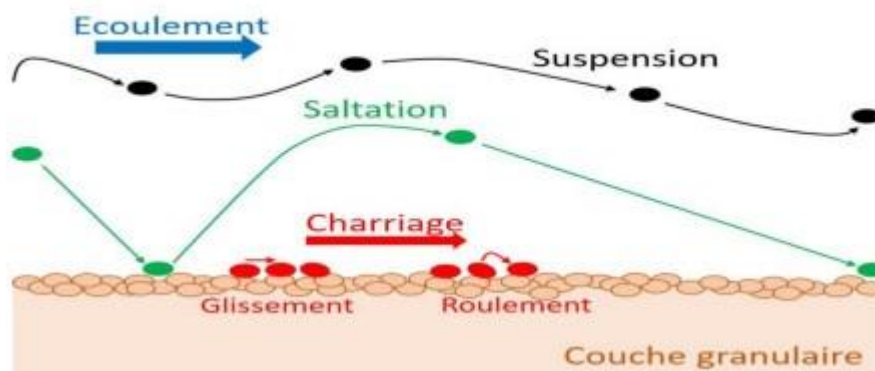


Figure 12: Les modes de transport sédimentaire (Vah, 2019).

4.1. Transport sédimentaire sous l'action de la houle déferlante et les courants engendrés :

4.1.1. L'action de la houle déferlante :

La houle est le principal acteur responsable du transport des sédiments le long des rivages. Son action dépend du type de littoral et de l'obliquité de sa propagation par rapport à la direction générale du trait de côte (Dahmani, 2021).

Selon la vitesse et la direction de la houle, les courants générés par celle-ci auront un effet destructif ou constructif vis-à-vis de la plage. L'effet de la houle sera d'autant plus important sur la mobilité du sédiment au fond que la période et l'amplitude sont plus grandes et que les fonds sont élevés. Les houles provoquent des transports (Adjal et El-Hassanin, 2014) :

Perpendiculairement à la ligne de rivage : Ce mouvement est induit par le frottement des vagues sur le fond, le jet de rive et la nappe de retrait dans la zone de déferlement. En été, des accumulations se forment en haut de plage, tandis qu'en hiver, les sédiments sont entraînés vers la plage, entraînant une érosion de celle-ci et un renforcement des barres pré-littorales.

Parallèlement au rivage : Lors du déferlement, les vagues arrachent des sédiments du fond et les transportent vers le haut de plage dans la direction de propagation de la houle. Après le déferlement, l'eau redescend sur la plage, entraînant les sédiments le long de la ligne de plus grande pente (Figure 13). Ainsi, sous l'effet des vagues déferlantes obliques, les sédiments suivent un cheminement en zigzag et progressent parallèlement au rivage dans le sens de l'obliquité de la houle.

4.1.2. L'action des courants engendrés :

Il est bien connu que les houles à courbure prononcée déferlent avant d'atteindre le haut de la plage. Leur flux de retour engendre alors la formation d'une barre de sable parallèle au rivage, également appelée barre sédimentaire. Lorsque ces vagues déferlent sur cette barre, elles remettent en suspension les sédiments et les entraînent dans le canal formé entre la barre et la plage (Figure 13). Par la suite, ces sédiments sont transportés par charriage et suspension par le courant littoral, connu sous le nom de "longshore-current", qui circule à travers ce canal (Bougis, 1993).

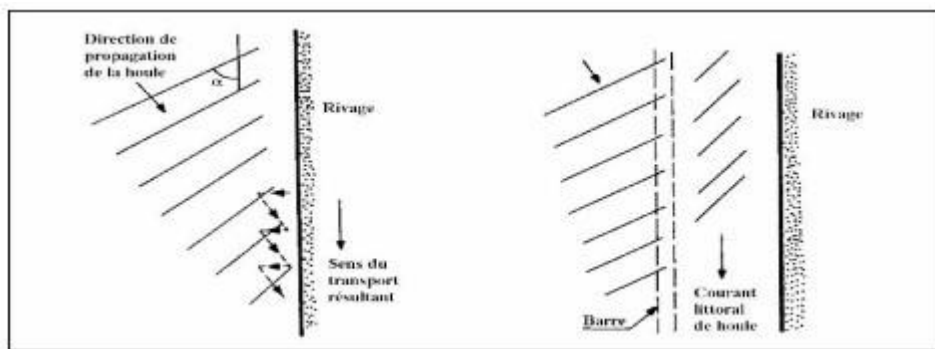


Figure 13: Schéma de transport par jet de rive et par courant littoral (Bougis, 1993).

Les courants de retour peuvent également induire un intense transport sédimentaire vers le large en particulier pendant les épisodes de tempêtes. Ils peuvent aussi exposer les plages à l'érosion et provoquer des mouvements importants des barres sédimentaires perpendiculairement à la cote (Dung, 2009).

5. La vulnérabilité :

La vulnérabilité, dans ce contexte, se définit comme la condition de fragilité des éléments exposés à un aléa, les rendant susceptibles de subir des dommages (Morin, 2008). On peut distinguer plusieurs types de vulnérabilité, tels que la vulnérabilité environnementale, économique, sociale, culturelle, institutionnelle et sanitaire (Ademe, 2012). Le concept de vulnérabilité permet de mieux comprendre les relations de cause à effet à l'origine du changement climatique et son impact sur les individus, les secteurs économiques et les systèmes socio-écologiques (Quenault et al., 2011). Cette définition est tirée de l'approche la plus largement acceptée, telle que rapportée dans le cinquième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), qui définit la vulnérabilité en étant le degré auquel un système est susceptible et incapable de faire face aux effets néfastes du changement climatique, y compris la variabilité et les extrêmes climatiques. La vulnérabilité est fonction du caractère, de l'ampleur et du rythme des changements et des variations climatiques auxquels un système est exposé, de sa sensibilité et de sa capacité d'adaptation (IPCC, 2014a).

Leur approche repose sur une analyse d'un système de vulnérabilité de quatre composantes interconnectées : Aléa, Enjeux, Gestion, et Représentation (ou perception) (Figure 14).

Les aléas (1) sont des processus d'origine plus ou moins naturelle susceptibles d'endommager ou de détruire les enjeux qui leur sont exposés.

Les enjeux (2) regroupent les personnes, les biens et les activités qu'abrite un territoire exposé à l'aléa. Ces deux composantes permettent de définir le risque, mais sont insuffisantes pour évaluer la vulnérabilité.

La gestion (3) du risque regroupe les politiques publiques de protection, de prévention, de gestion de crise et leur application par les acteurs de la gouvernance sur le terrain.

Les représentations (4) rendent compte de la relation au risque des populations présentes sur le territoire concerné (sensibilité au risque, relation au lieu, préférences d'adaptation, compréhension et acceptabilité des politiques de gestion, etc.)... » (Meur-Ferec et al., 2020).

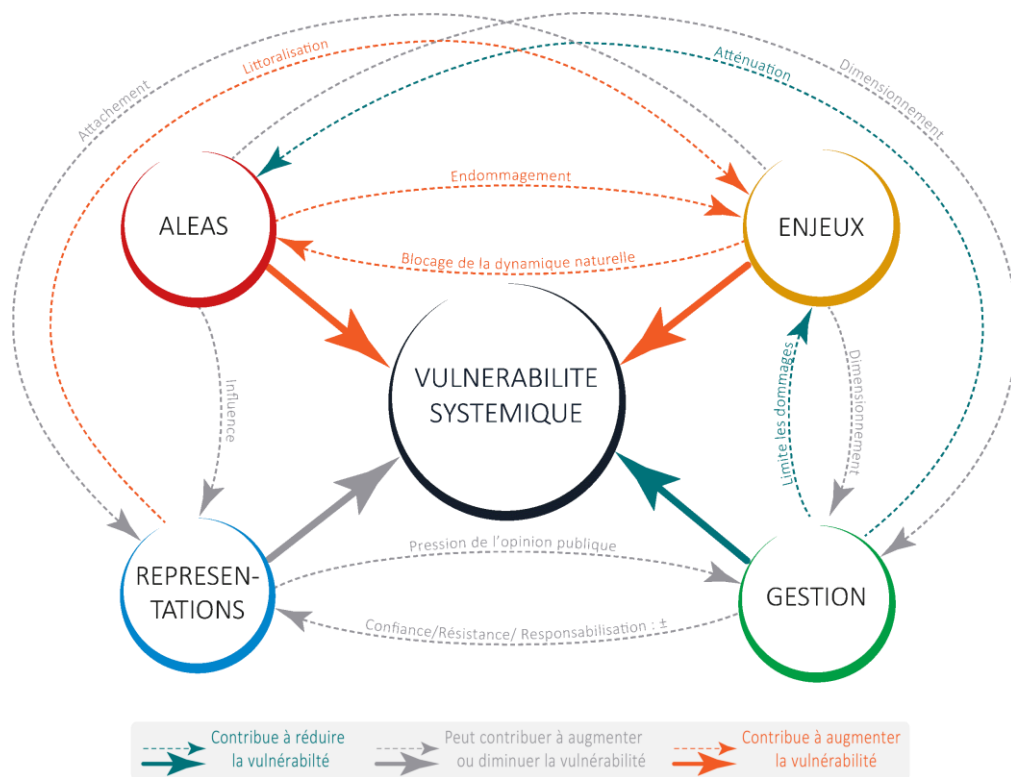


Figure 14: Système de vulnérabilité côtière (<https://www.risques-cotiers.fr/en-savoir-plus/schema-vulnerabilite-risques-cotiers/>)

Le GIEC introduit dans le chapitre « Le changement climatique en 2014 : impact, adaptation et vulnérabilité » du cinquième rapport publié le 31 mars 2014 une nouvelle approche et une nouvelle terminologie qui se rapproche plus de la définition de la réduction des risques, et de ce fait divergent de la compréhension de la vulnérabilité telle que publiée dans le quatrième rapport de 2007. En effet, dans le cadre de la démarche préconisée par le GIEC, le point de départ est l'exposition pour le (AR4) de 2007 et l'aléa pour le (AR5) de 2014. Ce stress (l'exposition ou l'aléa selon la démarche) engendre un préjudice potentiel pour le système dans l'AR4 qui est la vulnérabilité et dans l'AR5 un impact/risque (IPCC, 2014a). Le préjudice peut être atténué par les caractéristiques propres du système, qui peuvent être des caractéristiques physiques ou socio-économiques.

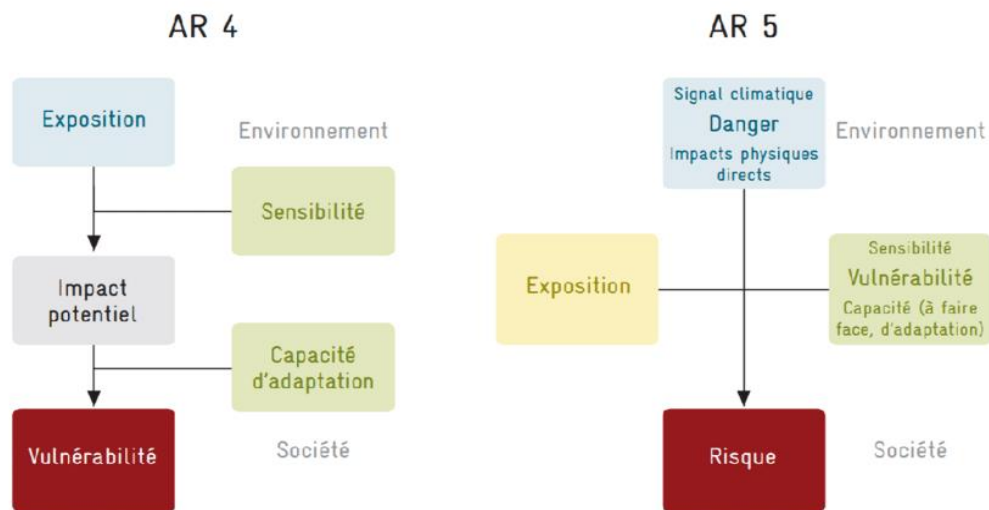


Figure 15: Approche de la vulnérabilité d'après le GIEC entre AR4 et AR5 (GIZ et al., 2015)

En revanche, dans le cinquième rapport (AR5), les notions d'exposition (l'existence d'un système où il peut être affecté) et de vulnérabilité (la propension à être potentiellement affecté) peuvent affecter les systèmes et créer des risques (GIEC, 2007 ; Intergouvernemental Climate Comité spécial du changement, 2014).

"Le degré auquel un système est exposé ou est exposé aux effets néfastes du changement climatique, y compris le changement climatique et les phénomènes extrêmes. La vulnérabilité dépend de la nature, de l'ampleur et de la ainsi que leur

sensibilité et leur capacité d'adaptation » (GIEC, 2007). Les recherches sur la vulnérabilité des zones côtières visent à étudier la vulnérabilité territoriale et sociale suite à des phénomènes d'érosion ou de submersion marine.

6. Le changement climatique :

Le changement climatique se réfère à une modification du « temps moyen » observé dans une région spécifique. Ce concept englobe tous les éléments associés au climat, tels que la température, les caractéristiques des vents et les précipitations. Selon le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), le changement climatique désigne toute évolution du climat au fil du temps, qu'elle soit due à la variabilité naturelle ou aux activités humaines. Plusieurs études (Folland et al., 1990) indiquent que le climat mondial s'est réchauffé au cours des 150 dernières années. Ce réchauffement n'a pas été uniforme ; des cycles de réchauffement et de refroidissement se sont alternés sur des intervalles de plusieurs décennies. Cependant, la tendance à long terme montre un réchauffement planétaire (GIEC, 2001, 2007).

Le GIEC définit le changement climatique comme des changements de l'état du climat qui peuvent être identifiés par des changements moyens ou bien de la vulnérabilité de ses propriétés, et qui persiste pour une période étendue, typiquement plusieurs décennies ou davantage. Le changement climatique peut être du à des processus naturels internes ou externes, ou bien à des changements dans la composition de l'atmosphère ou l'occupation des sols dus à l'activité humaine.

La variabilité climatique est une notion différente qui est définie par le GIEC comme les variations de l'état moyen, de l'écart type, des extrêmes et d'autres paramètres statistiques du climat à toute les échelles temporelles et spatiales autres qu'un évènement individuel. La variabilité peut être due à des processus naturels du système climatique ou à des variations dans les forçages naturels et anthropiques.

7. Les variations du niveau de la mer :

Selon le récent rapport du GIEC de 2019, il est prévu que l'élévation du niveau de la mer en 2100 soit plus importante de 10 centimètres si le réchauffement climatique global atteint 2,0°C au lieu de 1,5°C. Cette élévation supplémentaire entraînera le déplacement de plus de 10,4 millions de personnes. Au-delà d'un réchauffement de +1,5°C, il existe un risque significatif d'instabilité des calottes glaciaires, ce qui pourrait conduire à une élévation du niveau de la mer de plusieurs mètres sur des échelles de temps de plusieurs siècles, voire millénaires.

Pour la région de la Méditerranée occidentale, l'altimétrie satellitaire **Topex/Poseidon** et **Jason 1** a enregistré une élévation du niveau de la mer Méditerranée de l'ordre de 2,5 mm/an entre 1993 et 2006 (Figure 17). L'exactitude de cette valeur peut être mise en doute du fait notamment qu'elle tient compte du forçage anthropique du climat et néglige les mouvements tectoniques et les subsidences (Djouder et Boutiba, 2017).

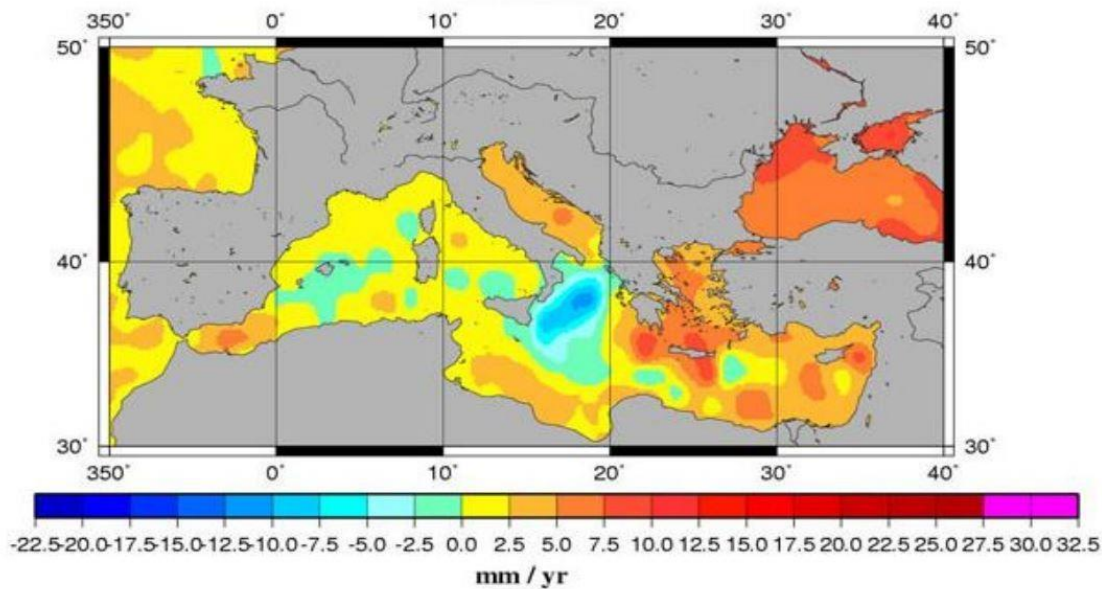


Figure 16: Distribution géographique des vitesses de variation du niveau de la mer entre 1993 et 2006 mesurées par les satellites d'altimétrie spatiale Topex/Poseidon et Jason 1 (<http://www.legos.obs-mip.fr>)

Les impacts de l'élévation du niveau marin sont résumés ci-joint (Figure 17) :

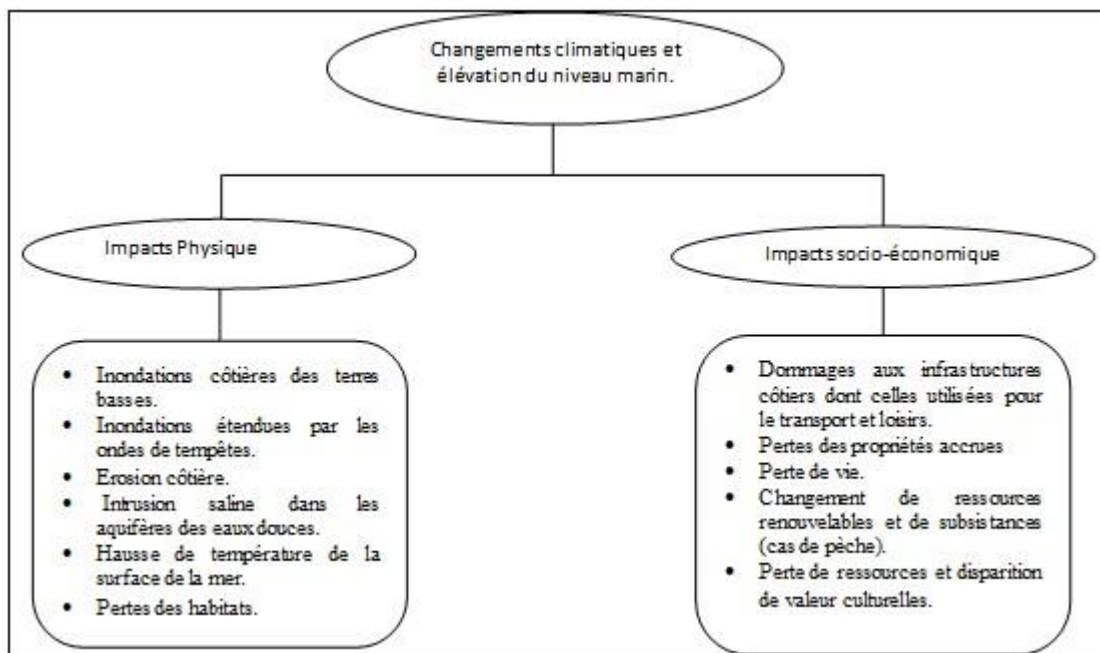


Figure 17: Résumés des impacts de l'élévation du niveau de la mer/: Impacts potentiels des changements climatiques sur la zone côtière. (McLaughlin et al., 2001, Modifiée)

8. Pression anthropique :

Parmi les effets de forçage anthropique, la dégradation côtière qui est un problème que l'on retrouve dans le monde entier, notre littoral n'est malheureusement pas épargné par ce phénomène de plus en plus fréquent sur nos côtes. Le danger de voir nos plages se défigurer et perdre de leur biodiversité est aujourd'hui encore plus réel, atteignant un niveau suffisamment alarmant pour que les autorités se décident à mettre en œuvre une stratégie qui permettra leur reconstitution et leur protection (Otmani, 2010).

Les pressions démographiques croissantes, les aménagements côtiers, les infrastructures de défense, les ouvrages hydrauliques et l'urbanisation constituent des facteurs dont les répercussions sur le littoral sont à craindre, en raison de leur influence sur son évolution variée (érosion, accumulation de sédiments, perturbation du transport sédimentaire, entre autres). En conséquence, l'accroissement de sa vulnérabilité apparaît comme inéluctable.

9. Erosion côtière :

La dynamique des plages et la côte (l'érosion ou l'accrétion) est un phénomène naturel, qui peut être accentué par les activités anthropiques, les aménagements côtiers, facteurs hydrodynamiques et par l'élévation du niveau de la mer (Leatherman 2001). Les effets actuels de l'augmentation du niveau de la mer peuvent être étudiés par différentes approches méthodologiques (évaluation de la vulnérabilité physique, modélisation numérique, Ets...).

L'érosion est un phénomène naturel, généré par des mécanismes physiques agissant sur le système littoral, où il peut y avoir une perte des espaces côtiers et un gain de l'autre côté.

Toutefois, l'action anthropique sur le littoral peut rendre le phénomène un risque côtier. Une enquête internationale a montré que sur le total des plages du monde ; 70 % sont aujourd'hui en cours d'érosion ; 20 % sont stables et 10 % seulement présentent une progradation (Clus-Auby, 2003). Comprendre les facteurs et les processus clés des dynamiques côtières (Figure 18) dans une échelle spatio-temporelle et les activités humaines le long de la côte est fondamental pour une gestion appropriée des problèmes de l'érosion côtière.

La remontée de la mer a d'abord mobilisé le stock sableux de la plateforme littorale pour former le littoral proprement dit. Cependant, ce « capital sédimentaire » est aujourd'hui consommé et ne se reconstitue plus. On assiste donc à un renversement de la tendance conduisant à l'érosion des côtes (Clus-Auby, 2003).

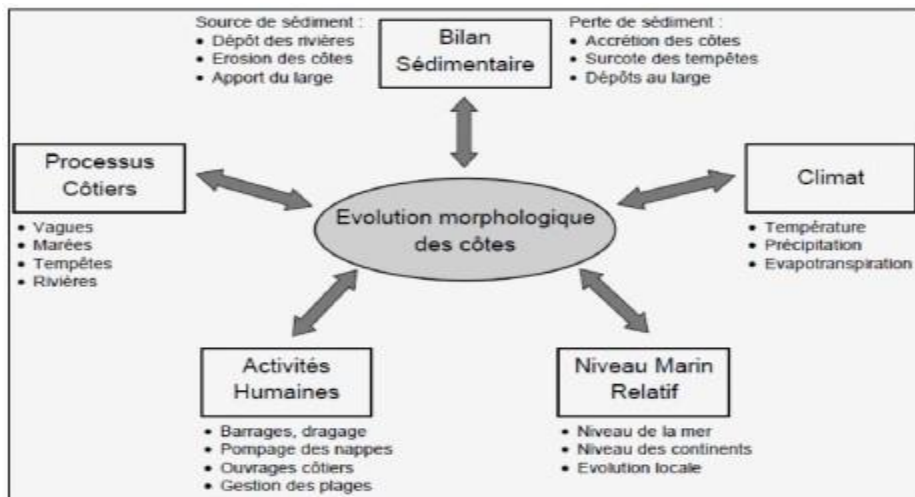


Figure 18: Synthèse des paramètres influençant l'évolution morphologique des côtes (Grasso, 2009)

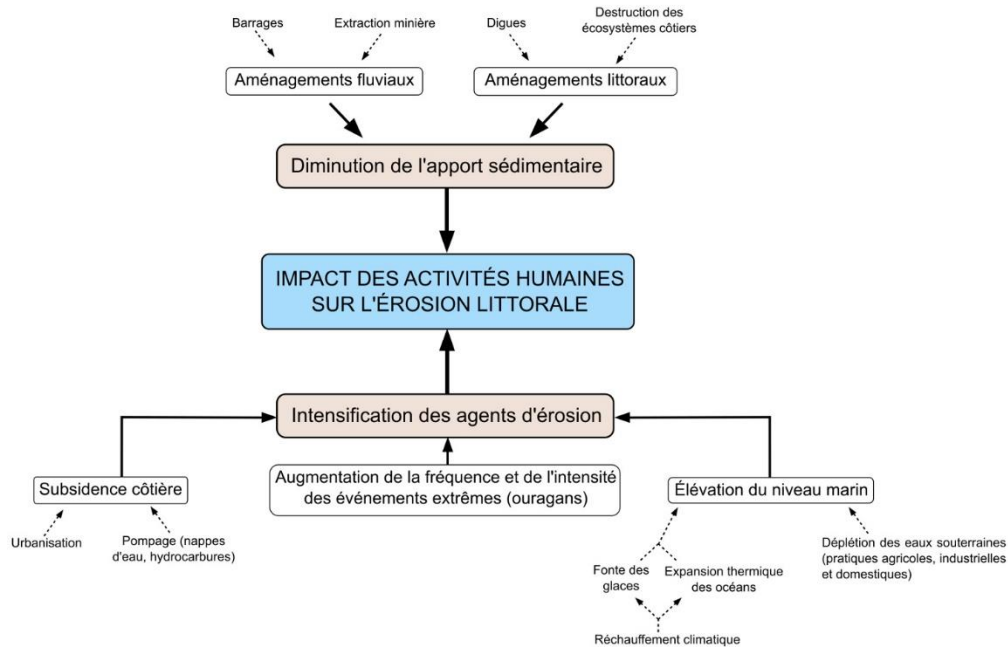


Figure 19: Impact des activités humaines sur l'érosion côtière (Thibault, 2017)

10. Gestion intégrée des zones côtières :

Les représentations spatiales sont des outils décrits par de nombreux auteurs comme étant utiles, voire incontournables, pour mettre en œuvre des projets de territoire et des politiques publiques territoriales.

La spécificité et la vulnérabilité des zones côtières ont conduit, il y a presque quarante ans, à établir une politique publique répondant aux nombreux enjeux caractéristiques de cet espace : environnementaux (biodiversité, qualité des eaux, paysages...), économiques (pêche, agriculture, conchyliculture, tourisme, navigation, énergies marines renouvelables...), fonciers et urbanistiques, culturels et patrimoniaux ou encore liés aux risques côtiers (pollutions, érosion/submersion...) (Cicin-Sain et Knecht, 1998).

Le concept de Gestion Intégrée des Zones Côtières (GIZC) est né dans les années 1970 suite à une expérimentation américaine et au développement du paradigme de développement durable (rapport Bruntland). En 1992, suite à la seconde

Conférence des Nations Unies pour l'Environnement et le Développement (CNUED), il a est inscrit dans l'Agenda 21. La GIZC s'inscrit dans le paradigme de développement durable, qui vise à un équilibre à la fois social, environnemental et économique à long terme. Ainsi, on entend par GIZC « l'aménagement et l'utilisation durable des zones côtières prenant en considération le développement économique et social lié à la présence de la mer tout en sauvegardant, pour les générations présentes et futures, les équilibres biologiques et écologiques fragiles de la zone côtière et les paysages» (Conseil de l'Europe, 1999, cité par Lozachmeur, 2004).

Chapitre 02 :
Présentation de la zone d'étude

Introduction

Cette étude se concentre sur la commune d'Aïn El Türk, une entité territoriale située dans la wilaya d'Oran, au nord-ouest de l'Algérie. Positionnée sur la côte méditerranéenne, Aïn El Türk présente un intérêt particulier en raison de sa localisation géographique stratégique et de ses caractéristiques géomorphologiques distinctives.

La zone d'étude s'inscrit dans un contexte géologique complexe, marqué par l'interaction entre le domaine tellien et la marge continentale algérienne. Cette configuration engendre une diversité de formations lithologiques et de structures tectoniques qui influencent significativement la topographie et l'hydrologie locales.

D'un point de vue climatologique, Aïn El Türk est soumis à un climat méditerranéen semi-aride, caractérisé par des étés chauds et secs et des hivers doux et relativement humides. Ce régime climatique, couplé à la proximité de la mer, joue un rôle prépondérant dans la modulation des processus éco systémiques et anthropiques observables dans la région.

L'objectif de cette présentation est d'analyser les interactions multifactorielles entre les composantes physiques, biologiques et socio-économiques qui façonnent le paysage et l'environnement d'Aïn El Türk. Cette approche systémique vise à fournir une compréhension holistique des dynamiques en jeu, permettant ainsi d'identifier les enjeux majeurs et les perspectives de développement durable pour cette commune côtière algérienne.

1. Cadre géographique de la zone d'étude :

La commune d'Aïn El Türk se situe dans la partie septentrionale de la wilaya d'Oran, au nord-ouest de l'Algérie. Elle s'étend sur une superficie d'environ 30 km² et occupe une position littorale stratégique sur la côte méditerranéenne. Ses coordonnées géographiques sont approximativement 35°44' de latitude Nord et 0°46' de longitude Ouest. La commune est délimitée au nord par la mer Méditerranée, à l'est par la commune de Bousfer, au sud par les contreforts du massif de Murdjadjo, et à l'ouest par la commune d'El Ançor. Sa configuration topographique est caractérisée par une plaine côtière étroite bordée de falaises et de plages, s'élevant progressivement vers

l'intérieur des terres pour atteindre des altitudes modérées. Cette disposition orographique, conjuguée à son exposition maritime, confère à Aïn El Türk des particularités microclimatiques et écologiques distinctes au sein de la région oranaise.

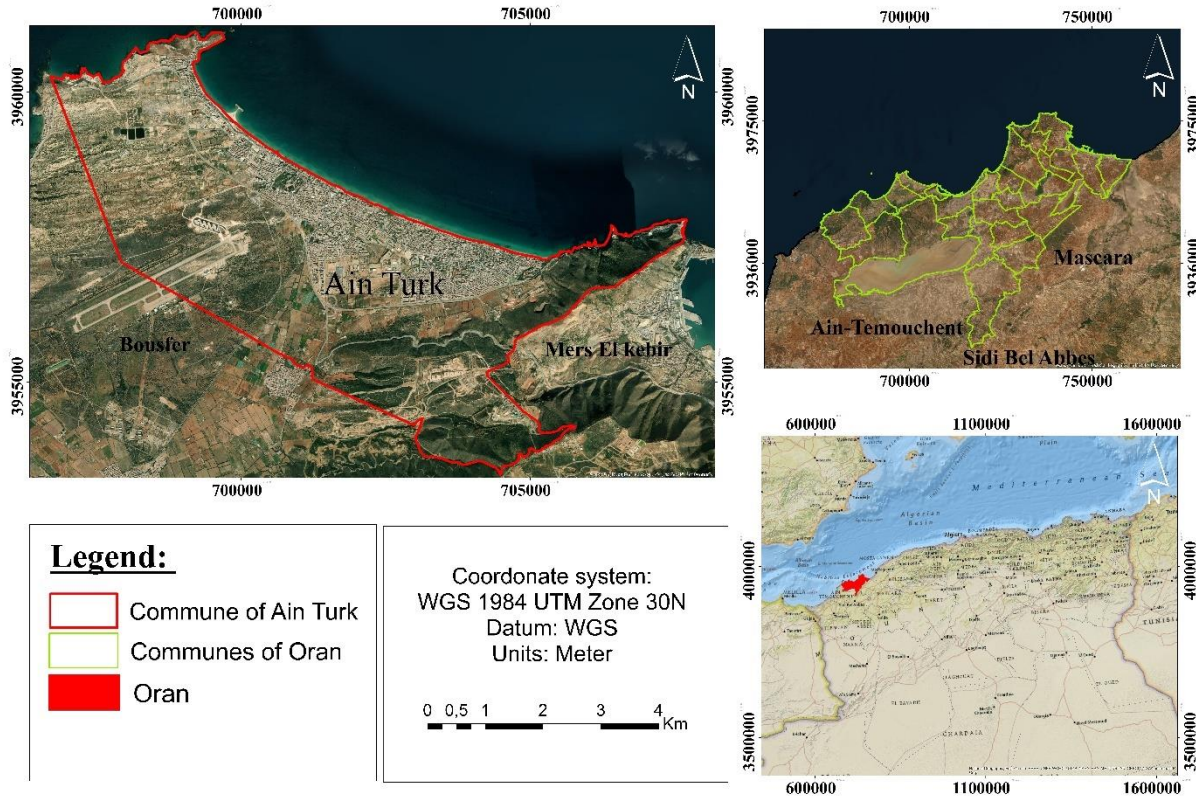


Figure 20: Situation géographique de la baie d'Aïn El Türk (Basemap ARCGis)

1.1. Brève histoire de Aïn El Türk :

Aïn El Türk, littéralement 'la source des Turcs', est une commune côtière située dans la wilaya d'Oran, au nord-ouest de l'Algérie. Son emplacement a une influence sur son développement historique et ses caractéristiques socio-économiques actuelles.

Géo-morphologiquement, le site d'Aïn El Türk s'inscrit dans le domaine tellien occidental, caractérisé par une côte à falaises entrecoupées de baies sableuses. Cette configuration résulte de l'interaction complexe entre les processus tectoniques liés à l'orogénèse alpine et à l'érosion différentielle des formations géologiques locales, principalement composées de roches sédimentaires mésozoïques et cénozoïques.

Aujourd'hui, Aïn El Türk se caractérise par une économie diversifiée, où le tourisme balnéaire coexiste avec des activités traditionnelles comme la pêche et

l'agriculture périurbaine. La commune fait face à des enjeux environnementaux majeurs, notamment l'érosion côtière et la pression anthropique sur les ressources naturelles, nécessitant la mise en place de stratégies de gestion intégrée de la zone côtière.

L'étude diachronique de l'évolution d'Aïn El Türk offre un cas d'étude pertinent pour analyser les dynamiques d'anthropisation du littoral méditerranéen et les défis de durabilité auxquels sont confrontées les communes côtières en contexte semi-aride.

1.2. Description du site d'étude :

Le littoral de la commune d'Aïn El Türk présente une morphologie côtière complexe d'une superficie de 2.4 Km². Elle s'ouvre sur une longueur de 8 km environ, entre Cap Falcon au Nord-Ouest et la pointe de Saint-Roch au Sud-Est. Caractérisée par une alternance de plages sableuses et de segments rocheux. Cette zone littorale a fait l'objet d'aménagements anthropiques significatifs visant à stabiliser le trait de côte et à protéger les infrastructures côtières. Ces talus forment la bordure d'une grande carapace sablo calcaire, plus ou moins encroûtée qui couvre un plateau qui s'étire au sud jusqu'aux formations schisteuses du versant nord du Djebel Murdjadjo (Ghodbani et Semmoud, 2010). Elle est limitée par les communes suivantes :

- Au sud-ouest par la commune de Bousfer.
- Au sud est par la commune de Misserghin.
- A l'est par la commune de Mers el kebir.
- Au nord par la mer Méditerranée

L'étude de ce site requiert une approche multidisciplinaire, intégrant l'analyse des interactions entre les forçages hydrodynamiques, les processus sédimentaires et l'érosion du trait de côte. La compréhension de ces dynamiques est cruciale pour l'élaboration de stratégies de gestion côtière durables et adaptées aux spécificités locales d'Aïn El Türk (Ghodbani et Semmoud, 2010).

2. Cadre géologique de la zone d'étude :

Les formations littorales de la région datent du Quaternaire, tandis que les caps et les roches dures proviennent de périodes géologiques plus anciennes. L'arrière-pays est dominé par les monts de Tessala, culminant à 1 061 m au sud-est, et le massif du Murdjadjo, atteignant 584 m au sud-ouest. Entre ces reliefs se trouve la plaine de la M'léta, une dépression endoréique d'origine tectonique.

La ville d'Oran et Mers El Kebir sont bâties sur des formations du Crétacé et du Jurassique non séparés, sur lesquelles reposent des couches de Miocène supérieur marin (calcaire et grès argile) en discordance. Entre Mers El Kebir et Cap Falcon, le terrain est constitué de Quaternaire marin reposant sur des formations du Permo-Trias en discordance, formant les Caps Falcon et l'île Plane. La côte des Andalouses présente des couches anciennes et récentes du Quaternaire, tandis que les cours d'eau tels que l'Oued Hamadi apportent des sédiments du Quaternaire continental qui se mélangent à ceux du Quaternaire marin.

À Aïn El Türk, le terrain est recouvert de dunes de sable, rendant difficile l'interprétation des limites géologiques. Les puits creusés à proximité révèlent la succession lithologique suivante (Subdivision de l'Hydraulique AET 2000) :

- Plage actuelle et dunes : certaines dunes présentent une topographie lithologique.
- Encroûtement calcaire : croûte calcaire recouvrant la majorité des plateaux avec une épaisseur variant de 40 à 80 cm.
- Plio-quaternaires : constitués d'argile lacustre avec des intercalations sableuses et calcaires.
- Pliocène marin : caractérisé par un niveau aquifère situé à environ 20 m selon les enquêtes de terrain (Subdivision de l'Hydraulique AET 2000).

La région présente également plusieurs failles et glissements de terrain, notamment autour de Mers El Kebir. Les zones « hautes », correspondant aux horsts schisteux et calcaires, bénéficient d'un meilleur arrosage, tandis que les zones « basses » sont constituées de grabens avec un substrat formé de roches peu résistantes (sablon-marneuses) et sont généralement plus sèches. Le massif de M'sila et celui des Andalouses partagent certaines similitudes pédogénétiques, bien que leur couvert végétal diffère. Les versants moins arrosés incluent le versant sud du massif des

Andalouses, celui du Djebel Santon, ainsi que l'extrémité nord-est du Djebel Murdjajo, où le couvert végétal est souvent restreint avec des sols peu développés ou squelettiques.

La wilaya d'Oran présente une diversité sédimentologique significative due à son histoire géologique complexe et à sa position géographique. On observe généralement :

- Dépôts marins quaternaires : composés de sables, graviers et galets le long de la côte.
- Formations néogènes : incluant calcaires, marnes et grès visibles dans les reliefs intérieurs.
- Dépôts alluviaux : sédiments fluviatiles tels que limons, sables et graviers présents dans les plaines et vallées.
- Formations évaporitiques : notamment dans la région de la Sebkhah d'Oran avec des dépôts de sel et gypse issus d'environnements lagunaires anciens.

Affleurements mésozoïques : roches plus anciennes comme calcaires et dolomies du Jurassique et du Crétacé.

Cette diversité géologique contribue à la richesse écologique et aux dynamiques environnementales complexes de la région (Service de géologie / Subdivision de l'hydraulique, 2000).

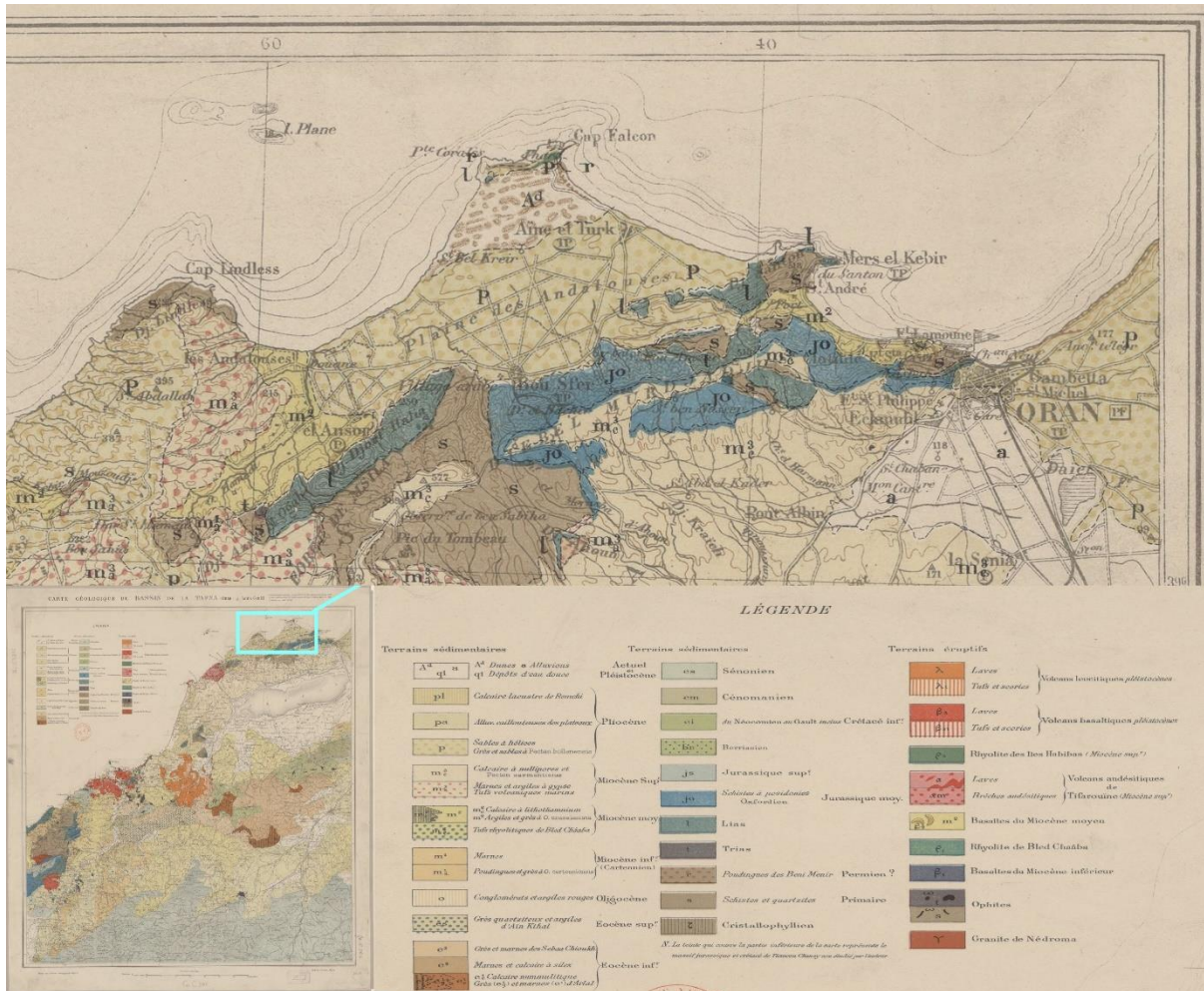


Figure 21: Carte géologique du bassin de la Tafna (Oran) / de Louis Gentil ; Publié par le Service géologique de l'Algérie

3. Cadre géomorphologique de la zone d'étude :

Notre zone d'intérêt présente une diversité morphologique et sédimentologique remarquable. Cette succession de plages, du Cap Falcon à l'ouest jusqu'à Saint-Roch, peut être caractérisée comme suit :

Tableau 1 Caractéristique des plages

Les plages	Localisation
Plages de Saint-Roch et Les Dunes	Elles se caractérisent par une alternance de segments sableux et rocheux, avec des ouvrages de protection côtière influençant leur dynamique sédimentaire.
Plage de Cap Falcon	Située au pied d'un promontoire rocheux, elle présente une granulométrie hétérogène, avec des zones de galets et de sable grossier, témoignant d'une dynamique littorale complexe.
Plage de Trouville	Ces plages urbaines d'Oran sont caractérisées par un sable fin à moyen, fortement anthropisés et sujettes à une érosion chronique nécessitant des interventions régulières de rechargement.
Plage d'Aïn El Türk	Présentant un profil dissipatif, cette plage est composée de sable fin à moyen. Sa proximité avec le port d'Oran influence sa dynamique sédimentaire.

Chacune de ces plages présente des caractéristiques géomorphologiques, sédimentologiques et hydrodynamiques spécifiques, résultant de l'interaction complexe entre les facteurs géologiques (lithologie du substrat, tectonique), océanographiques (régime des houles, courants littoraux), climatiques (vents dominants, précipitations) et anthropiques (aménagement côtiers, urbanisation).

L'étude de cette succession de plages nécessite une approche intégrée, prenant en compte la variabilité spatiale et temporelle des processus côtiers, ainsi que les impacts des changements climatiques et des activités humaines sur l'évolution du trait de côte oranais.

4. Description de la bathymétrie :

Les données utilisées pour la représentation de la bathymétrie globale au large de la wilaya d'Oran sont celles de GEBCO-2023 (The General Bathymetric Chart of the Oceans).

La bathymétrie de la côte vers le large du littoral Ouest Algérien montre la présence d'un plateau continental moins rétréci par rapport à l'Est des côtes algériennes.

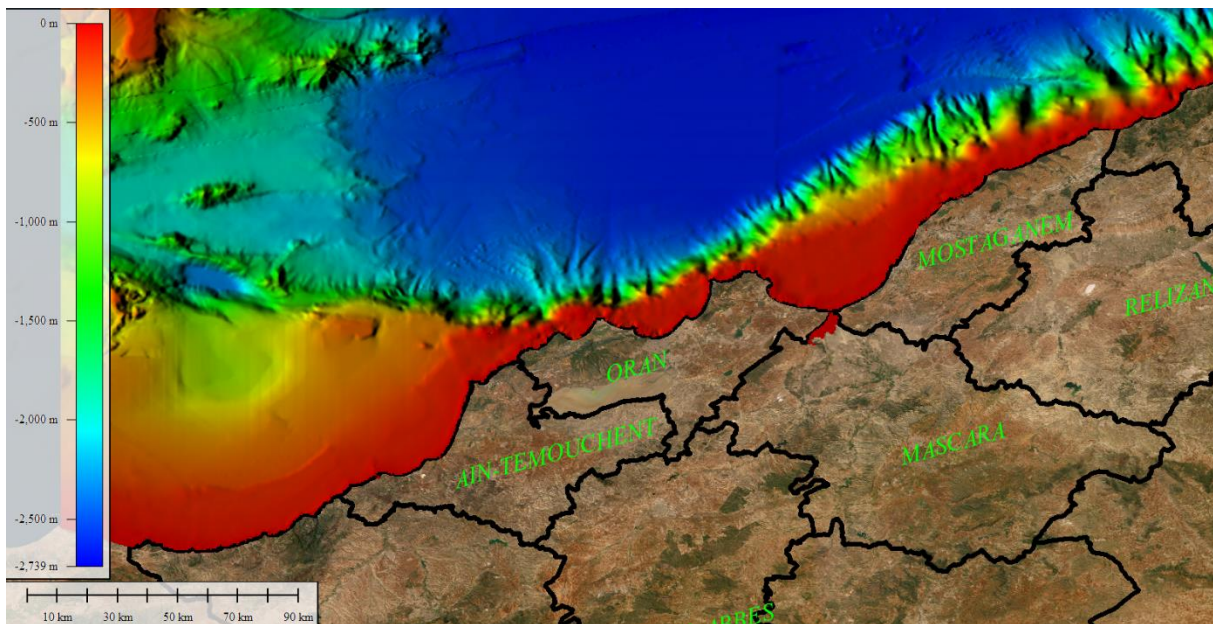


Figure 22: Bathymétrie au large d'Oran (Source-Gebco)

La configuration du littoral d'Oran présente des profondeurs moyennes et l'isobathe -10 est à 500 mètres du rivage. La topographie sous-marine s'incline assez régulièrement jusqu'à l'isobathe -50 mètres. Le plateau continental plonge ensuite dans les abysses qui creusent une importante vallée sous-marine (jusqu'à -300 m de profondeur).

5. Cadres hydrologiques de la zone d'étude :

5.1. Les sous bassins versants :

La Wilaya d'Oran est entourée des plaines de Brédéah et de la M'Léta. Toute cette zone est située en contrebas des Monts du Tessala. (Bouklia, 2018).

Tableau 2: Caractéristiques des zones humides de la Wilaya d'Oran (Direction Générale des Forêts, 2007).

Code S/Bassin	Wilaya	Nom Zones Humides	Superficie du lac (km ²)	Superficie Bassin Versant (km ²)	Qualité de l'eau
0404	Ain Témouchent	Sebkha	192,4		Forte Salinité
0404	Oran		103,6		Forte Salinité
<i>S/Total</i>	-	<i>Sebkha</i>	<i>296</i>	<i>1 878</i>	Forte Salinité
0404	Oran	Daiat Oum El Rhelaz	3		Saumâtre/polluée
0404	Oran	Daiat M'Hamed	0,375		Eaux polluée
0405	Oran	Lac Telamine	11		Salée/polluée
0404	Oran	Daiat Morseli	1,5		Eaux polluée
0405	Oran	Saline d'Arzew	29		Forte Salinité
TOTAL		06	341	-	

5.3. Le réseau hydrographique :

Les principaux oueds de la Wilaya sont Oued Tlelat, alimentant la sebkha d'Oran, Oued Beggoug et Oued Guessiba. L'Oued Beggoug appartenant au sous bassin versant côtier d'Aïn El Türk situé sur le versant nord du Djebel du Murdjajo comporte une retenue collinaire.

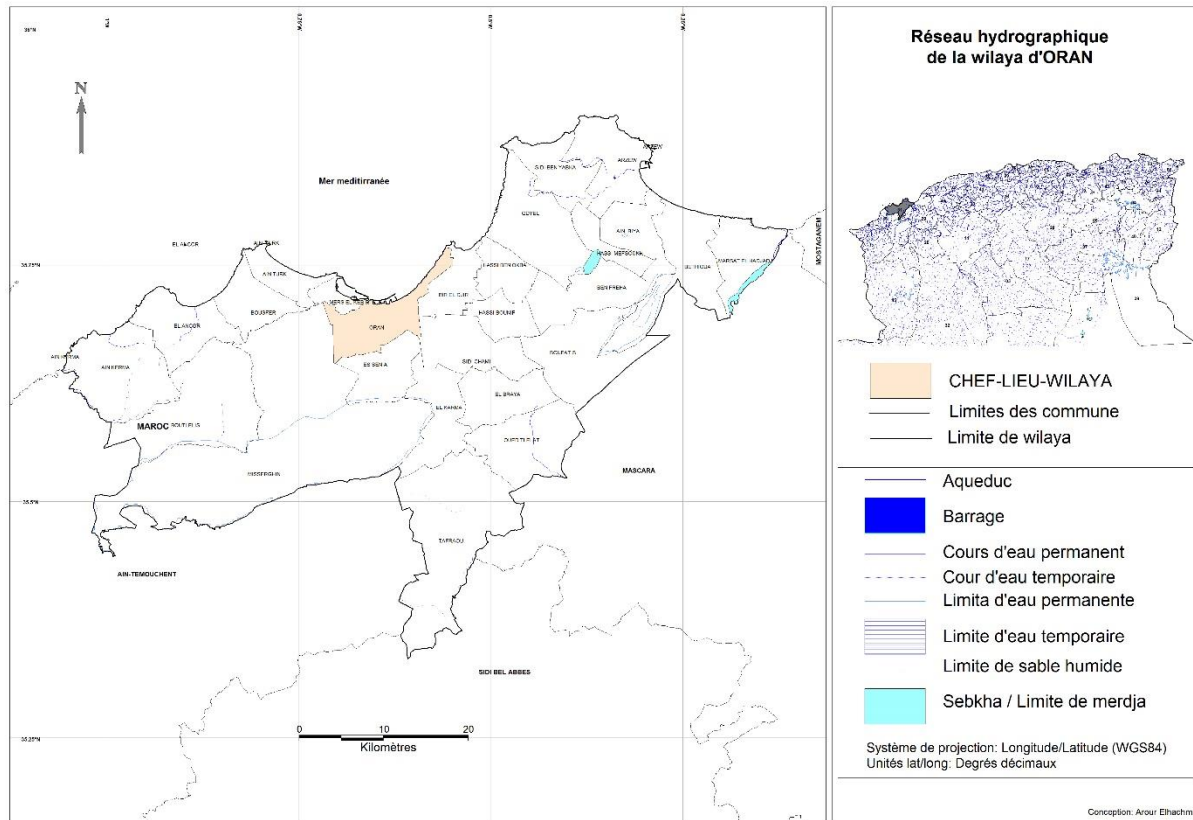


Figure 24: Carte du réseau hydrographique de la wilaya d'ORAN (Elhachmi, 2021)

L'hydrographie de la région est caractérisée par un réseau hydrographique intermittent, typique des régions semi-arides. Les principaux oueds, tels que l'Oued El Mellah et l'Oued Tlelat, connaissent des écoulements sporadiques, principalement lors des épisodes pluvieux intenses.

6. Cadre climatique de la zone d'étude :

La Wilaya d'Oran est soumise à un climat méditerranéen à tendance semi-aride, caractérisé par une saison marquée des précipitations et des températures.

Les caractéristiques climatiques, notamment les températures et les précipitations, sont importantes pour notre étude et méritent qu'on y accorde une attention particulière. 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, une étude interannuelle et mensuelle des données climatiques (vent, température et précipitation) a été effectuée sur la base des données

disponibles au niveau du site [«weatherspark.com»](http://weatherspark.com) et [«infoclimat.fr»](http://infoclimat.fr). de 1900 à 2010 pour la précipitation et de 2005 à 2023 pour la température.

6.1. Les températures :

Le régime thermique est modéré par l'influence maritime. Les températures moyennes annuelles varient entre 17°C et 19°C. Les étés sont chauds et secs, avec des températures pouvant dépasser 35°C, tandis que les hivers sont doux, les températures maximales minimales descendent rarement en dessous de 5°C.

La variabilité climatique interannuelle constitue un sujet d'étude crucial dans le contexte du changement climatique global, particulièrement dans les régions méditerranéennes sensibles telles que la wilaya d'Oran, en Algérie. Cette étude se propose d'analyser les fluctuations thermiques observées à Oran sur de différentes périodes, en se concentrant spécifiquement sur les années 2005-2008 et 2017, 2021 et 2023. Cette analyse s'appuie sur des données thermiques hautes résolution, incluant les températures minimales, maximales et moyennes journalières, permettant une caractérisation fine de l'évolution des profils thermiques annuels. L'approche méthodologique adoptée vise à quantifier non seulement les tendances générales, mais aussi les modifications dans la fréquence et l'intensité des événements extrêmes, ainsi que les changements potentiels dans la saisonnalité thermique (<https://weatherspark.com/>). Quoiqu'il en soit pour détecter la variation climatique d'une région il nous faut au moins 30 ans de données, dans notre cas on a pu récolter des données que sur une période de 18 ans à cause de la limitation dans l'accès à la donnée.

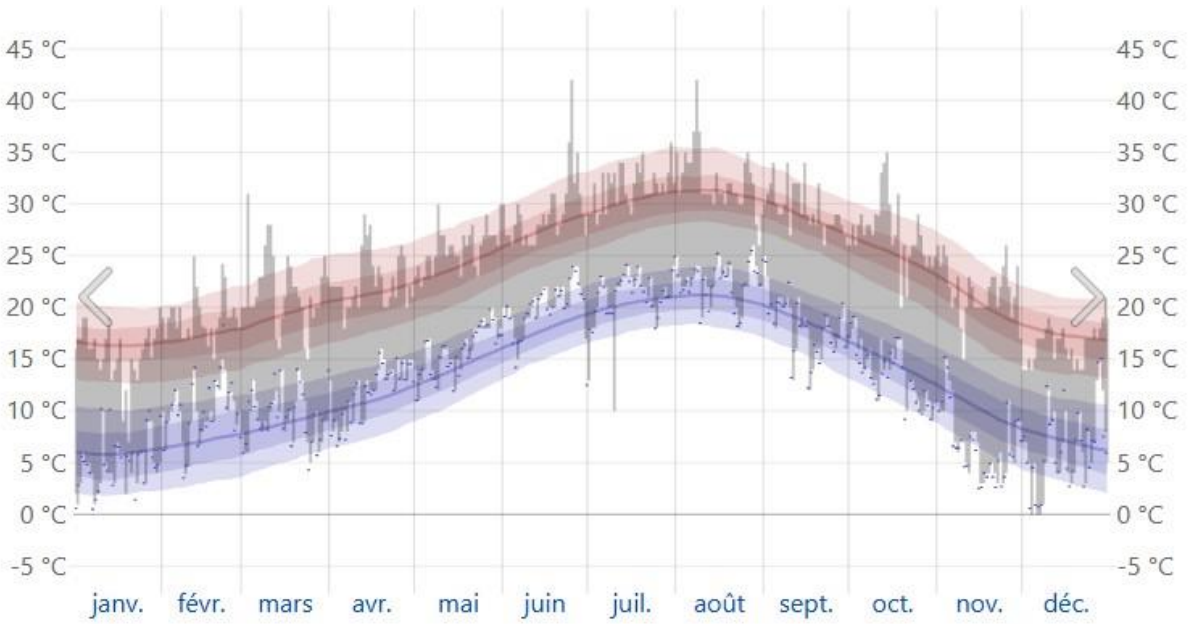


Figure 25: Température annuelle Ain El Türk, Oran 2017 (<https://weatherspark.com/>)

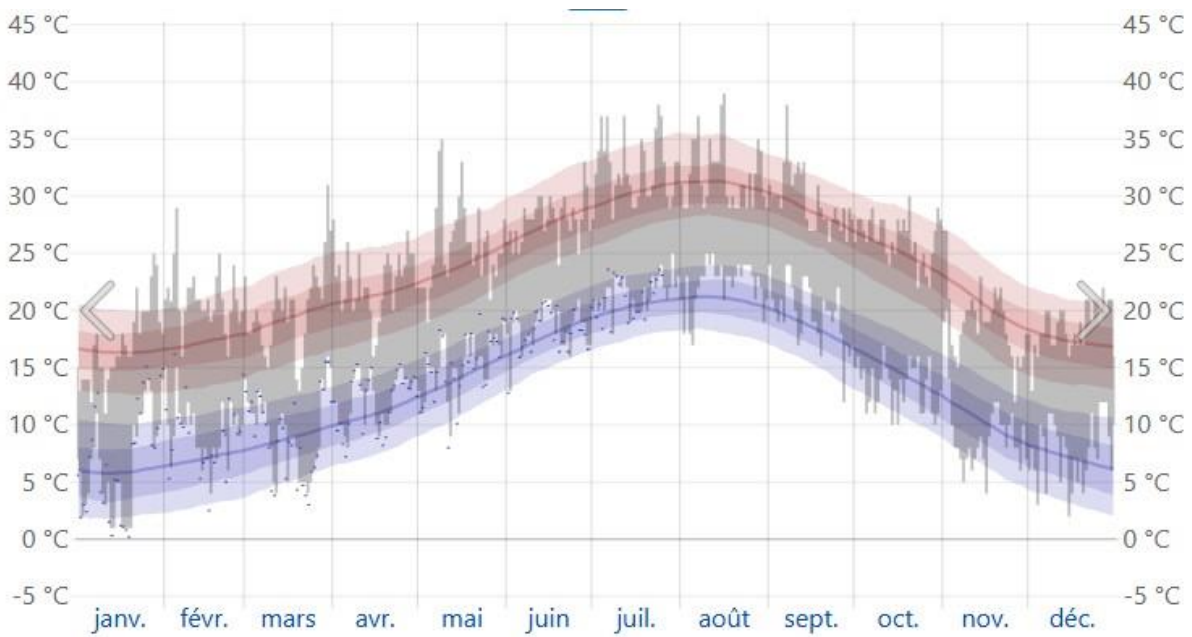


Figure 26: Température annuelle Ain El Türk, Oran 2021 (<https://weatherspark.com/>)

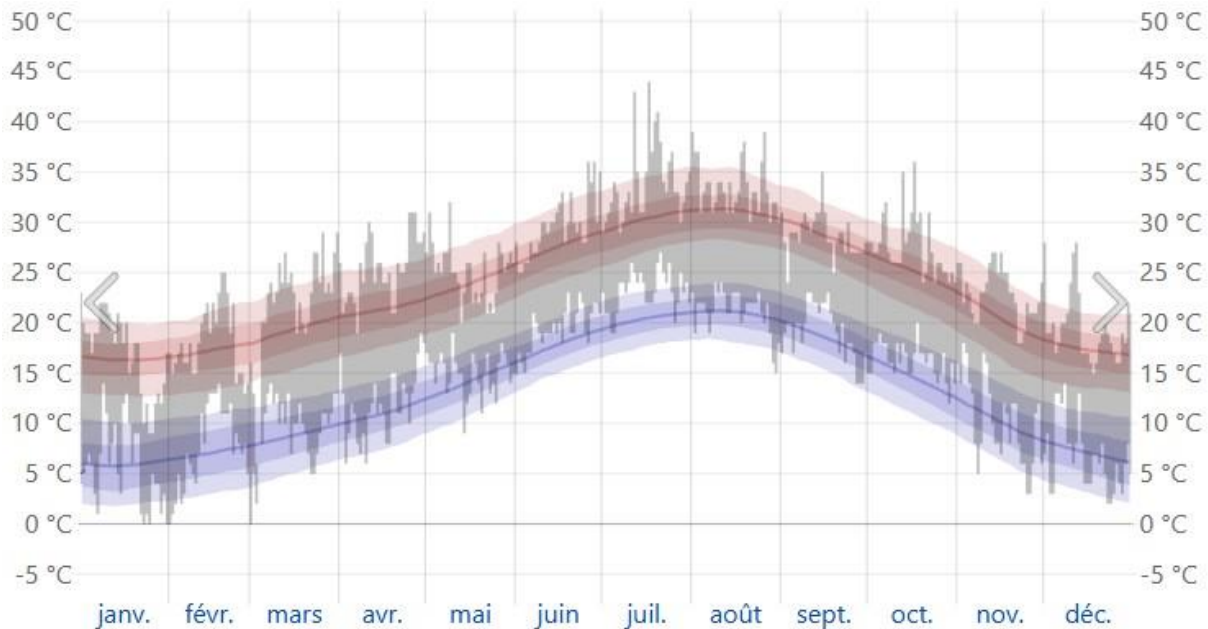


Figure 27: Température annuelle Ain El Türk, Oran 2023 (<https://weatherspark.com/>)

6.1.1. Période 2005-2008 :

Dans la classification de Köppen, la Wilaya d'Oran est une région à climat méditerranéen chaud. C'est un climat tempéré chaud avec un été sec (méditerranéen). La température moyenne annuelle, mesurée par la station climatique d'Oran Es-Sénia de sur la période 2005-2008 pour est de 18°C. La figure ci-dessous présente les variations de températures mensuelles au cours des années 2005-2008.

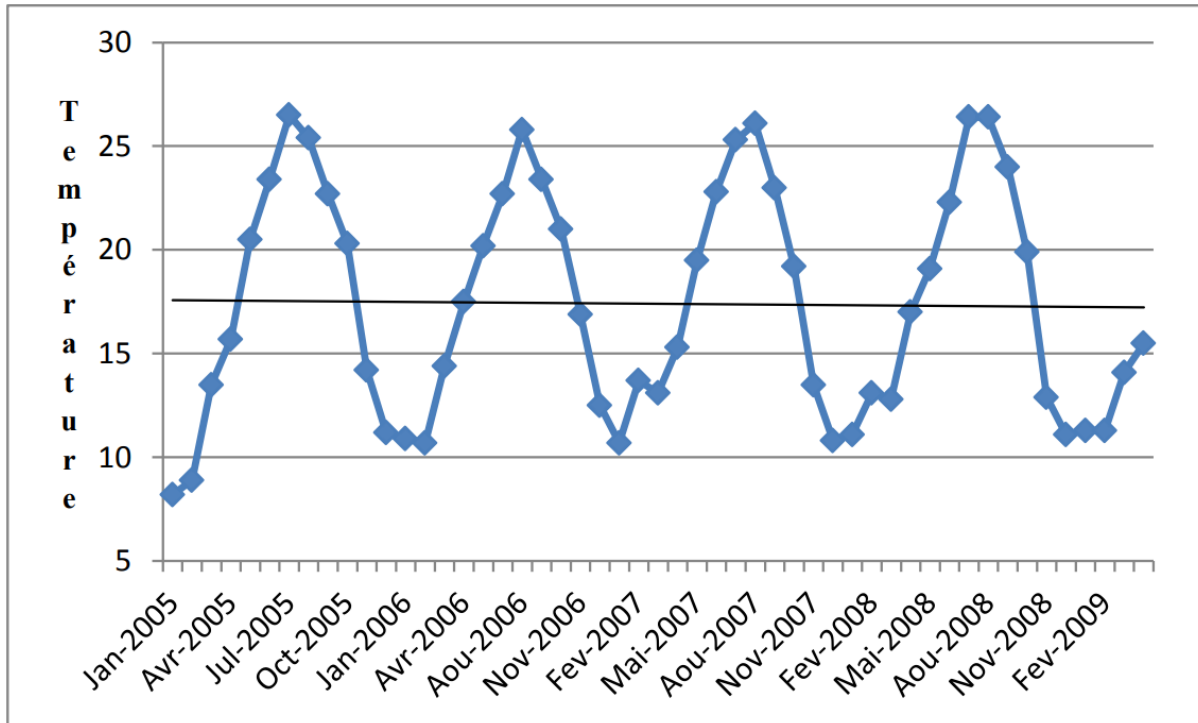


Figure 28: Variations de températures mensuelles : 2005 – 2008

Au vu de ces données, il ne semble pas qu'il y a une tendance à un refroidissement ou à un réchauffement du climat de la région, en tout cas entre ces deux années (2005-2008).

Le régime climatique se caractérise aussi par des vents qui n'apportent généralement que peu d'humidité. Lors de leur passage sur les reliefs marocains et espagnols, ces vents perdent une grande partie de leur humidité.

6.1.2. Période 2017-2021-2023 :

Pour ce qui concerne les périodes de 2017, 2021 et 2023, la région d'Oran, caractérisée par un climat méditerranéen semi-aride, est susceptible de subir des modifications significatives de son régime thermique en réponse aux forçages climatiques à grande échelle. L'examen des variations de température sur ces périodes biennale et sexennale offre une opportunité unique d'évaluer l'ampleur et la nature des changements thermiques à court terme dans cette zone géographique.

6.1.2.1. Analyse comparative de la période biennale 2021-2023 :

Une analyse comparative des deux graphiques thermiques, représentant vraisemblablement les variations de température annuelles pour la wilaya d'Oran en 2021 et 2023, révèle plusieurs observations significatives. Voici une analyse détaillée de ces variations :

- Amplitudes thermiques : Le graphe (2023) montre une amplitude thermique plus prononcée par rapport au graphe (2021). Les maxima estivaux atteignent près de 45°C en 2023, contre environ 40°C en 2021. Parallèlement, les minima hivernaux descendent légèrement plus bas en 2023, évitant les -2°C, alors qu'ils restaient au-dessus de 0° C en 2021.
- Tendance au réchauffement : On observe une traduction générale vers le haut des courbes de température en 2023, particulièrement notable pour les températures maximales estivales. Cette tendance suggère un réchauffement global du climat local sur cette période de deux ans.
- Variabilité intra-saisonnière : Les deux graphiques montrent une variabilité importante des températures à court terme, illustrée par les nombreuses photos verticales. Cependant, cette variabilité semble plus accentuée en 2023, notamment durant les mois d'été, indiquant une instabilité thermique accrue.
- Durée de la saison chaude : La période où les températures dépassent les 30°C semble s'étendre sur une plus longue durée en 2023, suggérant un allongement de la saison chaude.
- Gradients thermiques saisonniers : Les transitions entre les saisons apparaissent plus brusques en 2023, avec des pentes plus raides dans les courbes de température moyenne, particulièrement au printemps et à l'automne.
- Extrêmes thermiques : L'occurrence d'événements thermiques extrêmes semble plus fréquente en 2023, avec des photos de chaleur plus intenses et des épisodes de froid plus marqués, bien que de courte durée.

Ces observations révèlent une évolution notable du régime thermique de la wilaya d'Oran entre 2021 et 2023, caractérisée par une tendance au réchauffement, une augmentation de la variabilité thermique, et une accentuation des phénomènes extrêmes. Ces variations pourraient avoir des implications significatives sur les changements dans les écosystèmes locaux, les ressources en eau et les activités anthropiques.

6.1.2.2. Analyse comparative de la période sexennale 2017-2023 :

Une analyse comparative des deux graphiques thermiques, représentant vraisemblablement les variations de température annuelles pour la wilaya d'Oran en 2017 et 2023, révèle une évolution significative du régime thermique local sur cette période sexennale. Ci-joint une analyse détaillée de ces variations :

- **Tendance au réchauffement global :** On observe une augmentation progressive des températures moyennes sur la période 2017-2023. Cette tendance est particulièrement marquée pour les températures maximales estivales, qui passent d'environ 35°C en 2017 à près de 45°C en 2023 (soit 10°C de plus), suggérant une intensification des épisodes caniculaires.
- **Amplification de l'amplitude thermique annuelle :** L'écart entre les températures estivales et hivernales s'accroît au fil des années. En 2023, on note des maxima plus élevés en été et des minima plus bas en hiver, indiquant une continentalisation du climat local.
- **Modification de la variabilité intra-saisonnière :** La variabilité à court terme des températures s'accroît de 2017 à 2023, comme en témoigne l'augmentation de l'amplitude des fluctuations quotidiennes et hebdomadaires, particulièrement visible pendant les saisons de transition (printemps et automne).
- **Allongement de la saison chaude :** La période où les températures maximales dépassent les 30°C s'étendent progressivement, passant d'environ 3 mois en 2017 à près de 5 mois en 2023, suggérant un allongement significatif de la saison estivale.
- **Accroissement des extrêmes thermiques :** Les événements thermiques extrêmes deviennent plus fréquents et plus intenses. Les graphes de chaleur en été sont plus prononcés en 2023, tandis que les épisodes de froid hivernal, bien que de courte durée, atteignent des valeurs plus basses.
- **Modification des transitions saisonnières :** Les transitions entre les saisons semblent devenir plus abruptes au fil des années, avec des changements de température plus rapides, particulièrement au printemps et à l'automne.
- **Évolution des minima nocturnes :** On observe une tendance à l'augmentation des températures minimales nocturnes, particulièrement visible en été, ce qui pourrait indiquer une intensification de l'effet d'îlot de chaleur urbain ou une modification du régime des vents nocturnes.
- **Persistance des anomalies thermiques :** Les périodes de chaleur ou de froid anormales semblent se prolonger davantage en 2023 par rapport à 2017, suggérant une augmentation de la persistance des régimes météorologiques.

Ces observations mettent en évidence une évolution rapide et significative du climat de la wilaya d'Oran sur une période relativement courte. Ces grandes variations pourraient avoir des implications importantes sur les changements dans les écosystèmes locaux, les ressources en eau, l'agriculture et la santé publique. Ils soulignent la nécessité d'une adaptation urgente des pratiques de gestion environnementale et urbaine pour faire face à ces nouvelles conditions climatiques.

6.2. La pluviométrie sur une longue période :

Les moyennes annuelles oscillent entre 300 et 400 mm, avec une forte variabilité interannuelle. La distribution pluviométrique est irrégulière, concentrée principalement entre octobre et avril, avec des épisodes parfois intenses pouvant engendrer des phénomènes de ruissellement et d'érosion.

6.2.1. La pluviométrie sur une longue période (1900-2010) :

Afin de voir de près l'évolution de la pluviométrie au niveau de la Wilaya d'Oran, une étude a reproduit dans la figure ci-dessous, les précipitations mensuelles sur une longue période allant de (1900 à 2010 (Institut Hydro. Météorologie Oran) Cette figure nous permet de détecter les différentes périodes de la tendance à la sécheresse.

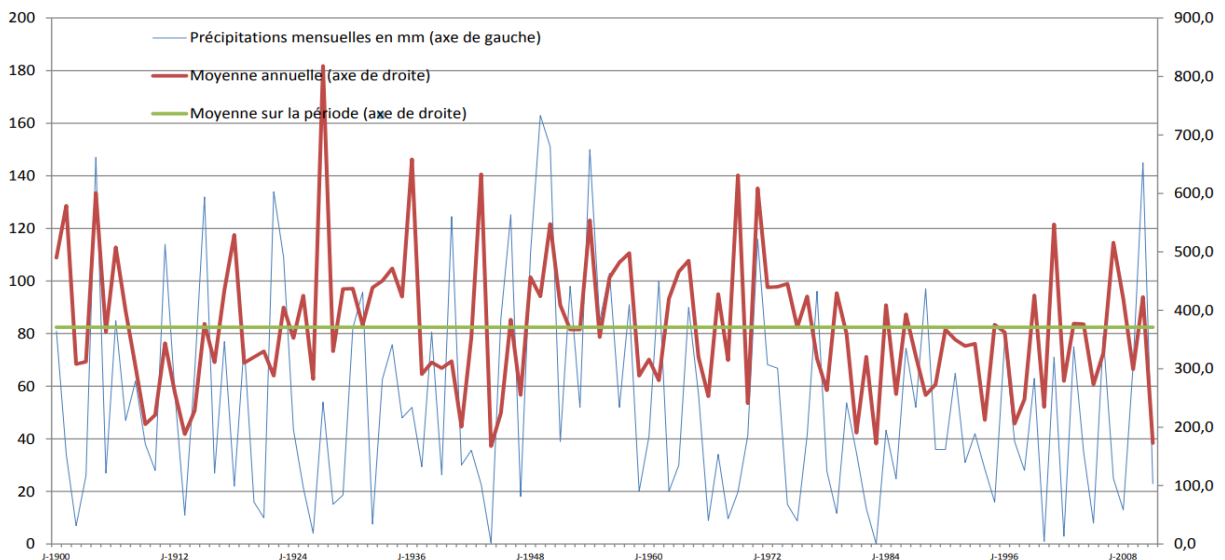


Figure 29: Précipitations sur la période : 1900 – 2010 (Institut Hydro. Météorologie Oran)

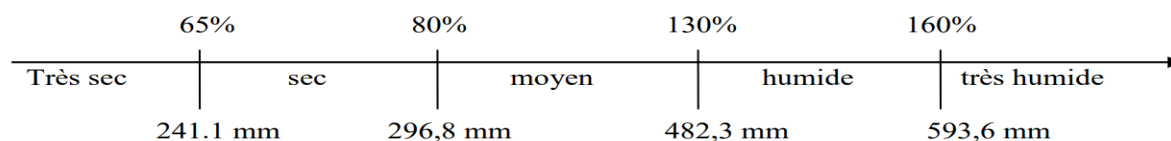
L'analyse des données pluviométriques révèle une anomalie négative significative durant la période s'étendant approximativement du milieu des années 1970 au début des années 2000. Durant cet intervalle, la moyenne mobile des précipitations annuelles, représentée par la courbe rouge, demeure systématiquement inférieure à la moyenne séculaire (1900-2010), illustrée par la ligne verte horizontale. Cette déviation persistante par rapport à la norme climatologique à long terme suggère une modification substantielle du régime pluviométrique.

Dans l'optique d'une caractérisation plus fine de ces fluctuations pluviométriques et de leur évolution temporelle, une classification (Tableau 4) en cinq régimes climatiques distincts a été établie :

- Régime très sec : année durant laquelle la pluviométrie moyenne annuelle observée a été inférieure à 65% de la pluviométrie moyenne au cours du siècle 1900-2010,
- Régime sec : année durant laquelle la pluviométrie moyenne a été comprise entre 65% et 80% de la pluviométrie moyenne au cours de cette période,
- Régime moyen : année durant laquelle la pluviométrie moyenne a été comprise entre 80% et 130% de la pluviométrie moyenne au cours de cette période,
- Régime humide : année durant laquelle la pluviométrie moyenne a été comprise entre 130% et 160% de la pluviométrie moyenne au cours de la période précédente,
- Régime très humide : année durant laquelle la pluviométrie moyenne est supérieure à 160% de la pluviométrie moyenne au cours de cette période,

Sachant que la précipitation moyenne annuelle entre 1900 et 2010 a été de 371 mm, ces régimes pluviométriques peuvent être représentés dans l'axe suivant :

Tableau 3: Régimes pluviométriques de la Wilaya d'Oran 1900-2010



		Très sec	Sec	Moyen	Humide	Très Humide	Total années
1900-2010	nombre d'années	13	15	67	10	6	111
	%	12%	14%	61%	9%	5%	100%

Ces caractéristiques climatiques interagissent de manière complexe, façonnant les écosystèmes locaux et influençant les activités anthropiques dans la Wilaya d'Oran.

Leur compréhension est cruciale pour une gestion durable des ressources naturelles et une adaptation efficace aux changements environnementaux.

6.3. Données océanographiques

Les caractéristiques océanographiques (vents, houles, courants...) dans les zones côtières revêtent une importance significative en raison de leur impact sur l'écosystème, les activités humaines, le climat local et sur le littoral.

Ces caractéristiques doivent reposer sur des bases de données enregistrées ou simulées, dans notre cas d'étude, la base de données utilisée est issue du portail espagnol « Puerto del estado » afin de voir les régimes de chaque élément océanographique.

6.3.1. Le vent :

Les vents dominants sont de secteur nord-ouest, avec une influence notable sur la dynamique littorale et les processus d'érosion côtière. Le sirocco, vent chaud et sec du sud, peut occasionnellement affecter la région, provoquant des pics de température et une baisse de l'humidité relative.

La détermination des régimes des vents est très importante pour une zone côtière, la base de données au large de la zone d'étude (Puerto del Estado, 2024) nous a permis de déterminer la fréquence d'apparition du vent par direction et tracer les roses de vents annuelles et saisonnières.

Longitude	36°60'0''N	Début d'enregistrement	Fin d'enregistrement
Latitude	1°17'0''E	01/01/2023	31/12/2023

L'analyse de la série temporelle des vitesses de vents en fonction des mois de l'année 2023 montre deux pics correspondant aux vitesses maximales enregistrées durant cette année. Le premier pic se trouve dans le mois de janvier avec une vitesse de 20 m/s, le deuxième pic en novembre (20 m/s).

La distribution conjointe qui relie les directions de vents en fonctions de leurs vitesses nous montre que les vitesses les plus importantes appartiennent aux secteurs Ouest (N250°) et Nord-Est (N50°).

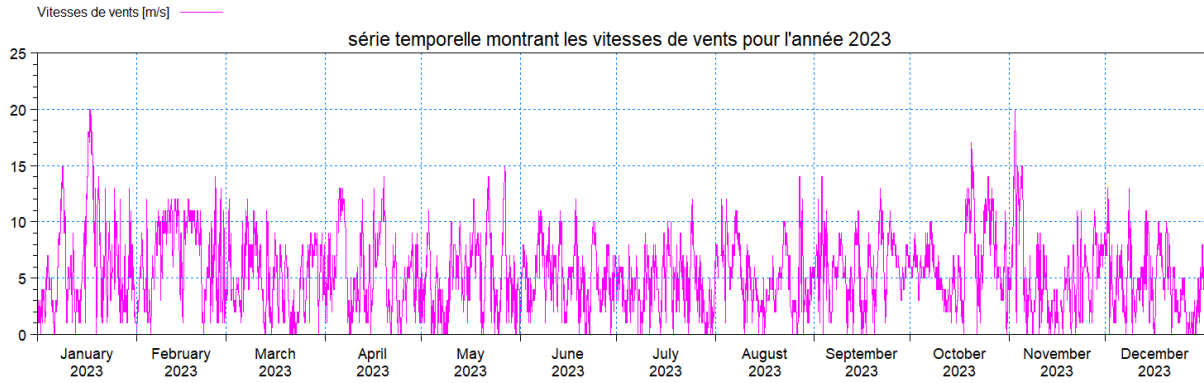


Figure 30: Vitesses des vents (Puerto del Estado, 2023).

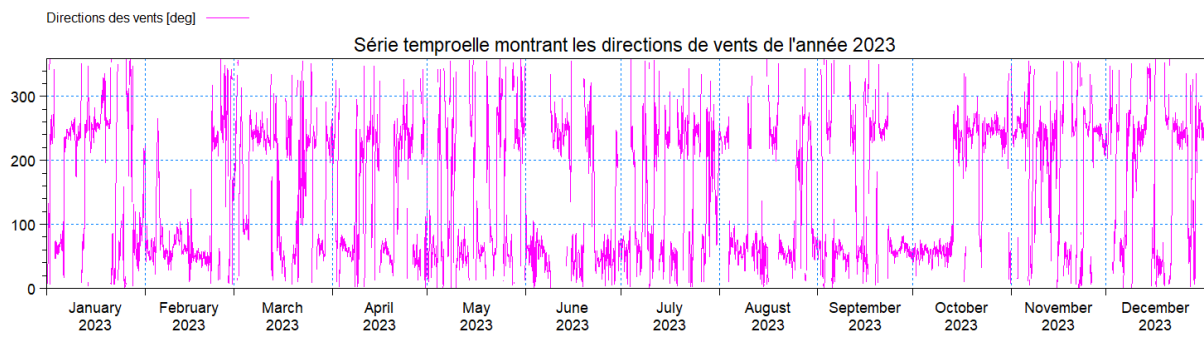


Figure 31: Directions des vents (Puerto del Estado, 2023)

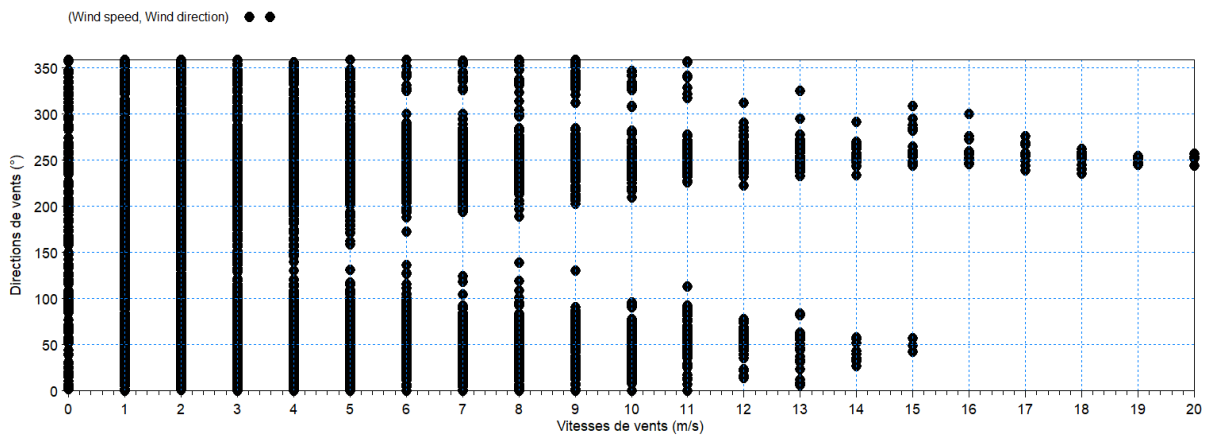


Figure 32: Corrélation conjointe entre vitesse et direction de vents (Puerto del Estado, 2023)

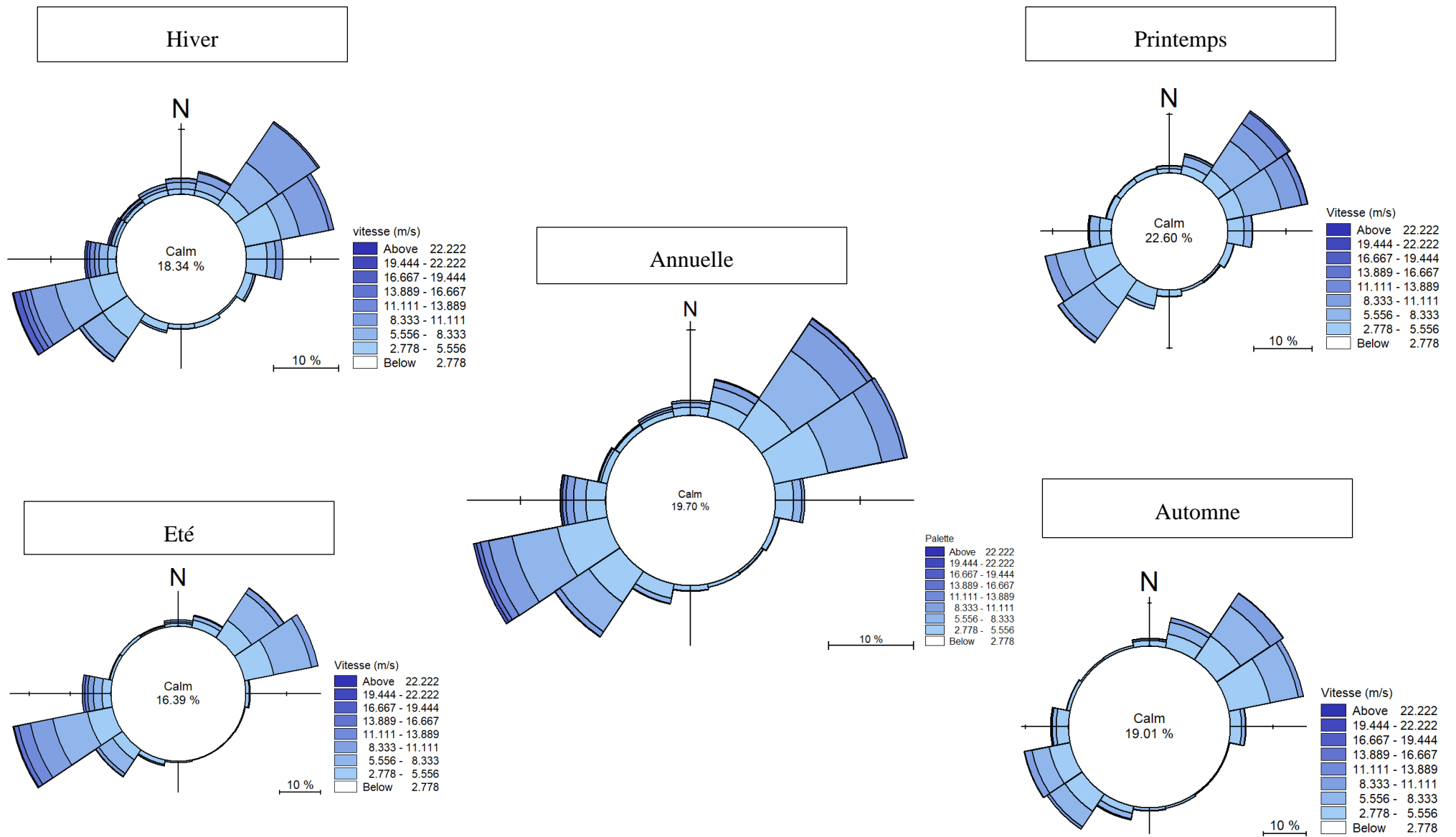


Figure 33: Roses des vents (annuelle et saisonnières)

A partir des roses des vents obtenues (Figure 33) :

- Hiver : On remarque une dominance de deux secteurs d'une intensité différente, le secteur le plus dominant générant des vagues défavorables est celui du Ouest-Sud-Ouest (OSO), avec un pourcentage de temps de 17.5% et une vitesse de 21 m/s, puis le secteur Nord-Est (NE), une dominance d'un pourcentage de 14.5% avec une vitesse atteignant 12.7 m/s.
- Printemps : Le secteur le plus dominant est celui du Nord-Est (NE), atteignant un pourcentage de temps de 15% et une vitesse maximale de 15.2 m/s, la variation des vitesses du vent est répartie d'une façon équitable entre le NE et ENE, ce dernier atteint les 14.5% avec une vitesse de 12.5 m/s. Par contre le secteur Sud-Ouest (SO) montre une légère variation de vitesse de vents, atteignant les 9.7 m/s avec un pourcentage de temps de 12%.
- Eté : La dominance est présente seulement dans le secteur Ouest-Sud-Ouest (OSO) avec un pourcentage de temps de 24.3%, la vitesse est de 18.5 m/s, puis le secteur Est-Nord-Est (ENE) avec un pourcentage de temps de 19% et d'une vitesse de 10.5m/s.
- Automne : La rose des vents de cette saison montre une variation des vitesses du vent répartie d'une façon équitable entre le Nord-Est (NE) et l'Est-Nord-Est (ENE), ce qui montre que durant cette période le régime est dépourvu d'événement extrêmes. Une légère dominance dans le secteur Nord-Est (NE) d'un pourcentage de 18.7% avec une vitesse de 11.3 m/s.
- Annuelle : D'après l'analyse des roses des vents de toutes les saisons, de notre zone d'étude au large, la rose annuelle valide qu'il y a une dominance de deux secteurs Ouest-Sud-Ouest (OSO) en Hiver et Nord-Est (NE) en printemps, donc on remarque que l'apparition des tempêtes persiste éventuellement dans le secteur Ouest-Sud-Ouest, ce qui va générer des vagues défavorables sur la côte, cela induit à des dégâts remarquables dans le système littoral.

D'après cette analyse, on remarque que la zone étudiée est alimentée par deux secteurs, du Nord-Est (NE) et de l'Ouest-Sud-Ouest (OSO).

6.3.2. La houle :

La houle est un facteur important en océanographie, notamment pour les processus intervenant dans la dynamique côtière, les données au large de notre zone d'étude localisée dans les mêmes coordonnées de celles des vents, nous ont permis de réaliser les roses de houles :

D'après l'analyse des données, on note une amplitude maximale atteignant 7.6 m de hauteur, cette hauteur est enregistrée en Janvier 2023, un autre pic se trouve en novembre 2023 avec une amplitude de 6.5 m de hauteur. Ceci est en concordance avec les pics des vitesses de vents durant ces deux périodes.

La destruction conjointe entre Hs et Tp montre une concentration de point au niveau des hauteurs qui varient entre 0.5 m et 1.5 m de hauteur, correspondant à des périodes pics de 4 s à 6 s.

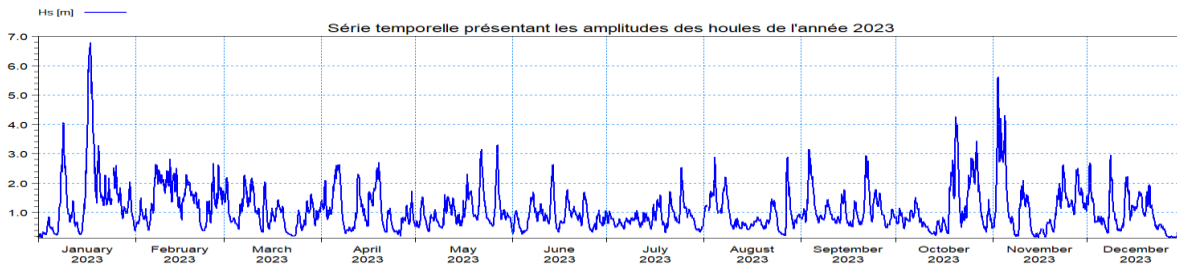


Figure 34: Amplitudes de houles (Puerto del Estado, 2023)

L'analyse de la distribution entre les amplitudes des houles et les secteurs de provenance nous montre que les houles caractérisées par les Hs les plus importantes appartiennent aux secteurs Sud-Ouest et Nord-Est. (Cette analyse corrobore avec la distribution entre les vitesses de vents et les directions).

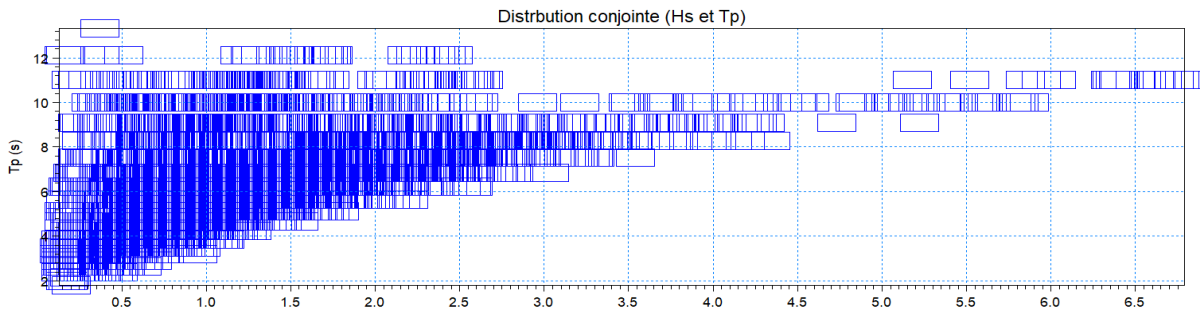


Figure 35: Distribution conjointe (Hs et Tp) (Puerto del Estado, 2023)

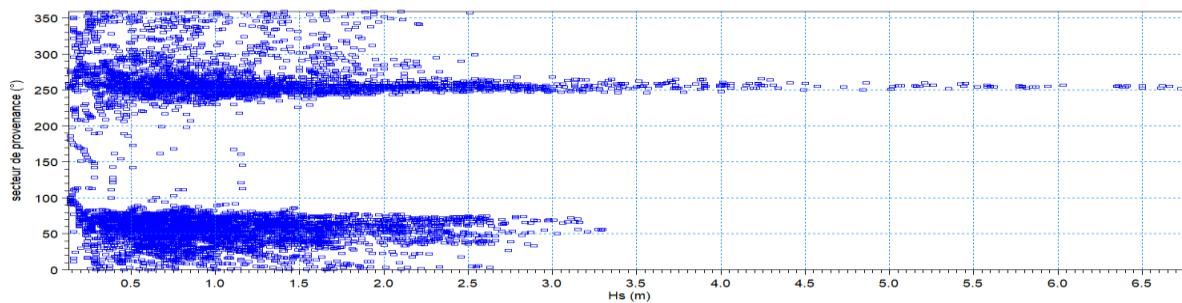


Figure 36: Distribution conjointe entre Amplitudes de houles et direction de houles (Puerto del Estado, 2023)

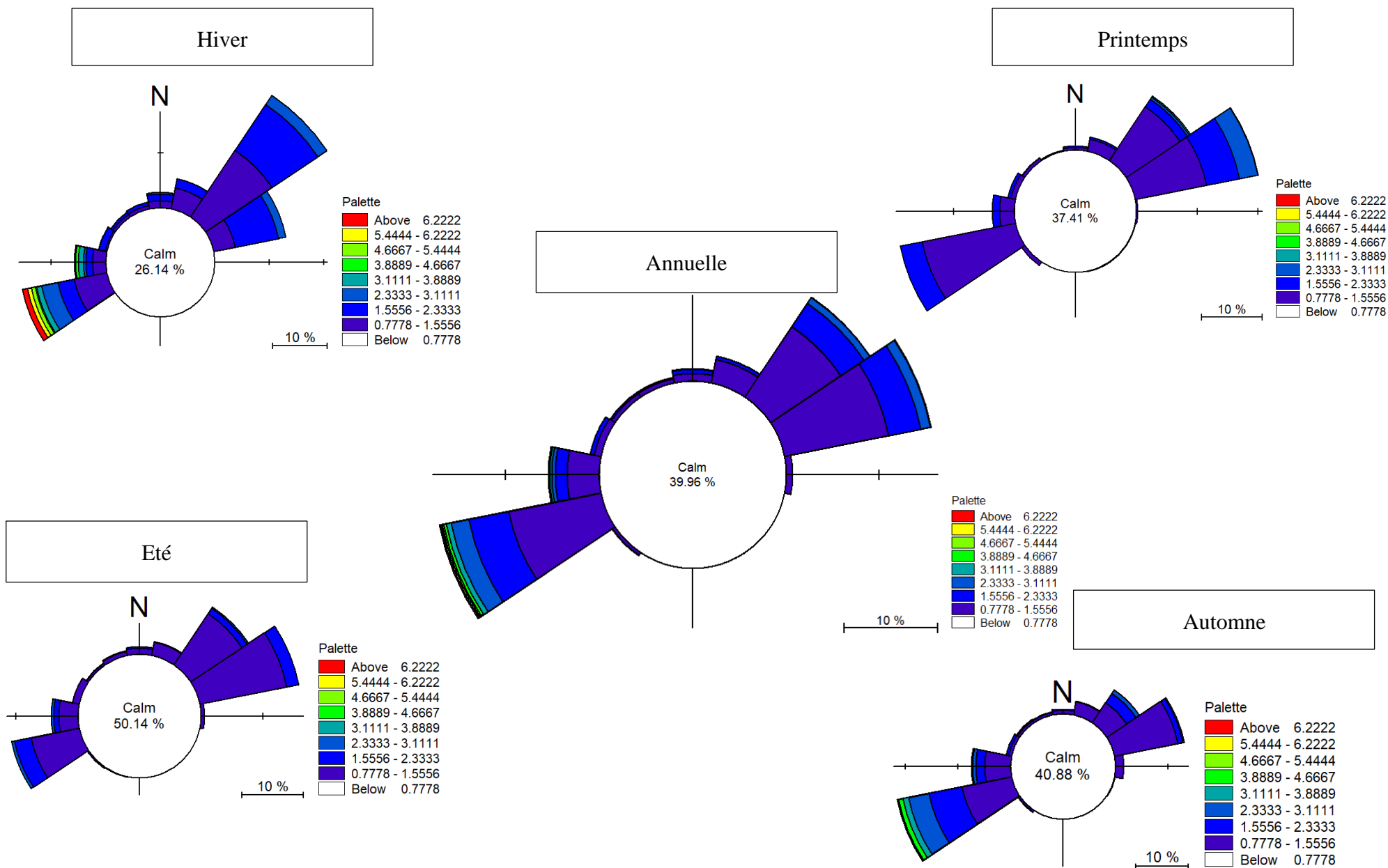


Figure 37: Roses des houles (annuelle et saisonnières)

L'analyse des fréquences d'occurrence annuelles et saisonnières des houles par direction (Figure 37), basée sur les séries statistiques de la croisière WaveClimate, montre que les houles dominantes proviennent principalement du secteur Est-Nord-Est (ENE), qui représente 18% du temps annuel. Cependant, cette dominance varie selon les saisons :

- En été, les houles du Est-Nord-Est sont plus fréquentes, représentant 17 % du temps ;
- En hiver, les houles de Nord-Est prédominent avec 23 % d'occurrence ;
- En automne, les houles de l'Est-Nord-Est dominant à 13 % ;
- En printemps, Les houles de l'Est-Nord-Est dominant à 21 %.
- Concernant les hauteurs significatives des vagues, le secteur Est-Nord-Est est le plus pénalisant dans notre zone d'intérêt, avec des vagues dépassant les 3 mètres en hiver.

Chapitre 03 : Evolution du trait de côte

Introduction :

Cette étude a pour objectif d'étudier les dynamiques du trait de côte du littoral d'Ouest d'Alger (des plages sableuses) à une échelle spatiotemporelle, qui est une zone fragilisée par l'érosion côtière.

1. Acquisition des données

Les données utilisées dans cette étude, provenant de différentes sources et à différentes résolutions spatiales, sont résumées dans le (Tableau 5) suivant :

Tableau 4: Caractéristiques des données utilisées dans l'étude

Trait de cote	Source	Résolution (m)	Moyen d'acquisition
2007-2012-2017- 2022	Google Earth Pro	Métrique	Digitalisation sur Google Earth Pro exporter vers ARCGis

2. Approche méthodologique

Dans le cadre de cette étude, des traits de côte des années : 2007, 2012, 2017, 2022 ont été utilisés, leur traitement a été réalisé à l'aide du logiciel Arc Gis 10.4.1 sous le système de projection WGS84 UTM zone 30N. Ce travail s'est déroulé suivant ces étapes (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**37)

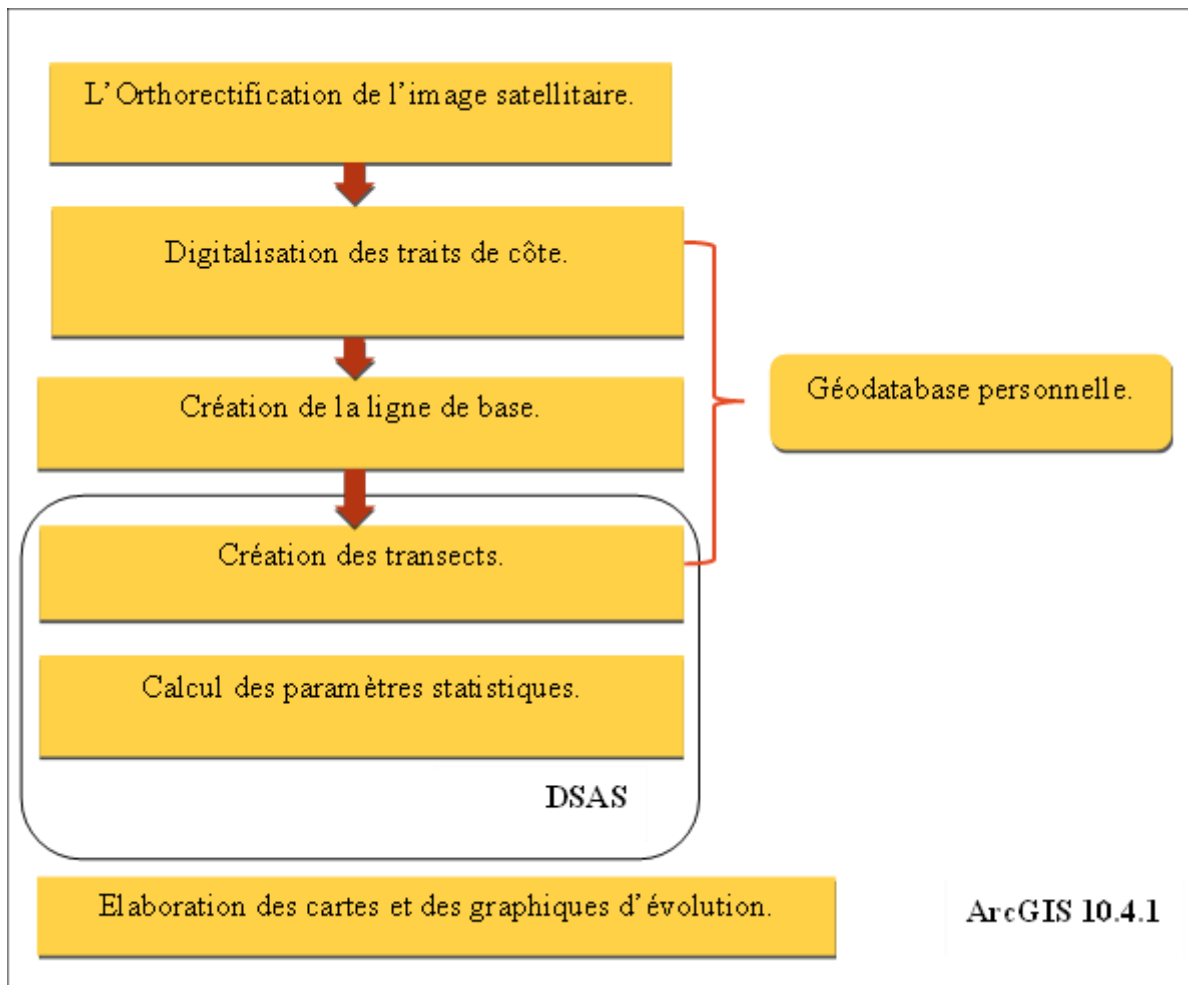


Figure 38: Étapes de la méthodologie de suivi du trait de côte (OTMANI et al, 2019).

2.1. La boîte d'outil « DSAS »

Dans cette étude, nous allons utiliser ArcGis 10.4.1 et plus particulièrement le DSAS (Digital Shoreline Analysis System (Version 5)). Cet outil a pour avantage de donner une évolution graphique et statistique du trait de côte. Il fournit une méthode normalisée qui peut être répétée pour le calcul de l'évolution statistique tout en analysant le changement passé, présent et futur du littoral. L'utilisation de l'extension DSAS nécessite au préalable la préparation des traits de côte au format vecteur au sein d'une géo-data base personnelle dans ArcCatalog et la numérisation d'une ligne de base imaginaire à partir de laquelle DSAS crée des transects qui viendront couper les différents traits de côtes.

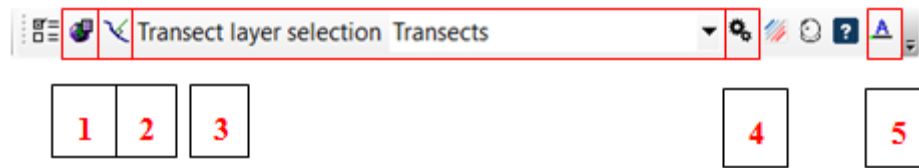


Figure 39: Les principaux outils de la barre d'outils du DSAS.

La Figure 38 illustre les principaux outils de la barre d'outils du DSAS, qui de déclinent comme suit :

- Définir / Modifier les paramètres : sert à spécifier les noms des fichiers utiliser (vecteur traits de côte et ligne de base).
- Transects Cast : génère une nouvelle classe d'entités pour des transects en fonction des paramètres par défaut spécifiés par l'utilisateur.
- Le menu déroulant : répertorie tous les fichiers de transect reconnus ajoutés au projet ArcMap actif.
- Calcul les statistiques : lance une boîte de dialogue avec une liste sélectionnable des statistiques à calculer.
- A propos de DSAS : fournit des informations sur le logiciel, y compris le numéro de version.

DSAS est une extension qui permet le calcul statistique des vitesses d'érosion et accrétion, des taux d'évolution ainsi que les distances des traits de côtes au cours de plusieurs années :

End Point Rate (EPR) : Est le rapport de la distance entre le trait de côte le plus ancien et le plus récent divisé par le temps (nombre d'années) écoulé entre les deux dates (en mètre/an).

Net Shoreline Mouvement (NSM) : le mouvement du littoral net indique une distance et non un taux, Ce paramètre correspond à la distance entre le trait de côte le plus ancien et le plus récent (en mètre).

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 et LRR).

Pour cette étude on a utilisé un espacement de 20m entre les transects afin d'obtenir 1117 transects le long de la zone d'étude.

3. Résultats et discussions

Les calculs statistiques de la variation de la ligne de rivage ont été effectués le long des 1117 transects, répartis le long de la baie d'Aïn El Türk qui s'ouvre sur une longueur de 8 km environ, entre Cap Falcon au Nord-Ouest et la pointe de Saint Roch au Sud-Est.

Afin de mieux cerner la dynamique du trait de côte sur une période de 15 ans, des cartes d'aléa à l'érosion ont été réalisées sur quatre périodes (4) : de 2007 à 2012, de 2012 à 2017, de 2017 à 2022 et la dernière période qui englobe toutes ces années de 2007 à 2022.

Sept (7) classes représentant le degré de progression ou de dégradation de la zone étudiée (Tableau 5) ont été cartographiées 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 de la plage perdue 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 nous renseigne sur l'état de la zone sur la période d'étude.

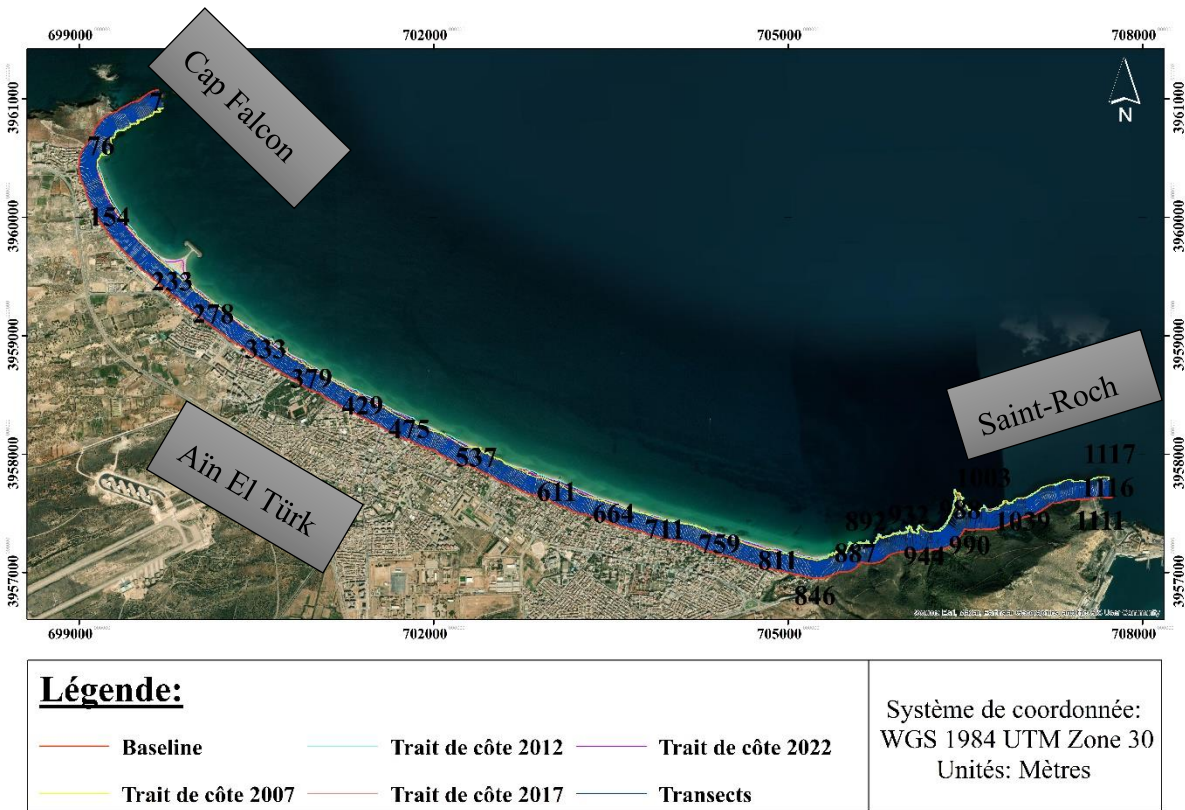


Figure 40: Carte des transects de la zone d'étude

Tableau 5: 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	- 2 à - 1	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.

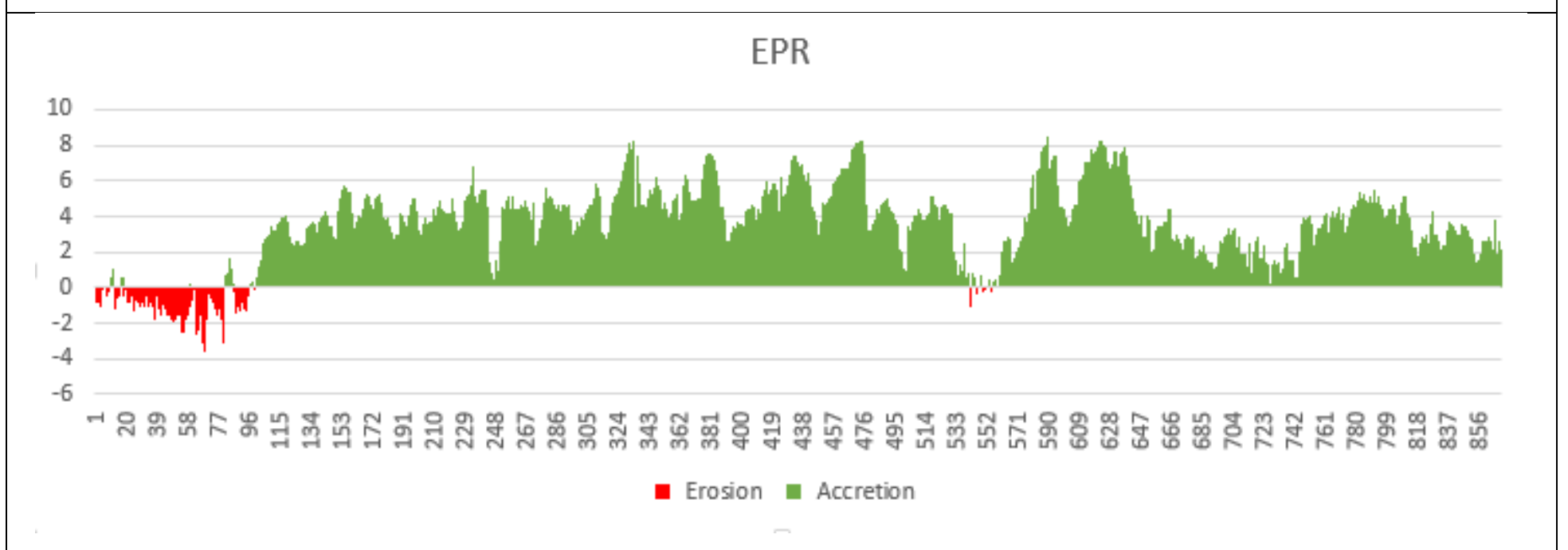


La légende:

- Trait de côte 2017
- Baseline
- Trait de côte 2007
- Trait de côte 2012
- <-2
- -1 - -2
- 0 - -1
- 0
- 0 - 1
- 1 - 2
- >2

Système de coordonnées:
WGS 1984 UTM Zone 30
Unités: Mètres

0 0.45 0.9 1.8 Km



NSM (m)	Max	21.76	34.16	41.17	41.11	42.29	22.55	27.26
	Min	-17.78	2.46	4.85	-0.02	-5.67	0.85	4.70
	Moy	2.08	21.09	23.18	23.67	22.40	12.82	17.26
EPR (m / an)	Max	4.35	6.83	8.23	8.22	8.46	4.51	5.45
	Min	-3.56	0.49	0.97	0	-1.13	0.17	0.94
	Moy	0.41	4.21	4.63	4.73	4.48	2.56	3.45
Transects	1 à 148	149 à 247	248 à 374	375 à 539	540 à 651	652 à 776	777 à 869	
Plage	Cap Falcon	Les Dunes	La Bretonne	Aïn El Türk	Bouisseville	Trouville	Saint-Roch	

Figure 41: Evolution trait de côte d'Aïn El Türk pour la période 2007-2012

- Interprétation de la période 2007-2012:

L'analyse des données d'imagerie satellite révèle une dynamique d'accumulation significative tout au long de la zone d'étude avec un EPR moyen de +3.44 m/an et un NSM moyen de +17.22m, corrélée à l'intensification des apports sédimentaires dans les domaines continentaux et marins.

Les plages de la baie d'Aïn El Türk affichent une accumulation élevée dans presque l'intégralité de son rivage de la plage des Dunes jusqu'à la plage de Saint-Roch avec un EPR moyen de +4.06 m/an qui se traduit en un NSM moyen de +17.22m entre les transects 149 et 869 de la zone d'étude en cette période.

Contrairement au Cap Falcon qui a une tendance moyennement érosive avec un EPR Min de -3.56 m/an qui est égale à un NSM moyen de +2.08m entre les transects 1 et 148, à cause de sa granulométrie hétérogène et sa dynamique littorale complexe (Figure 41).

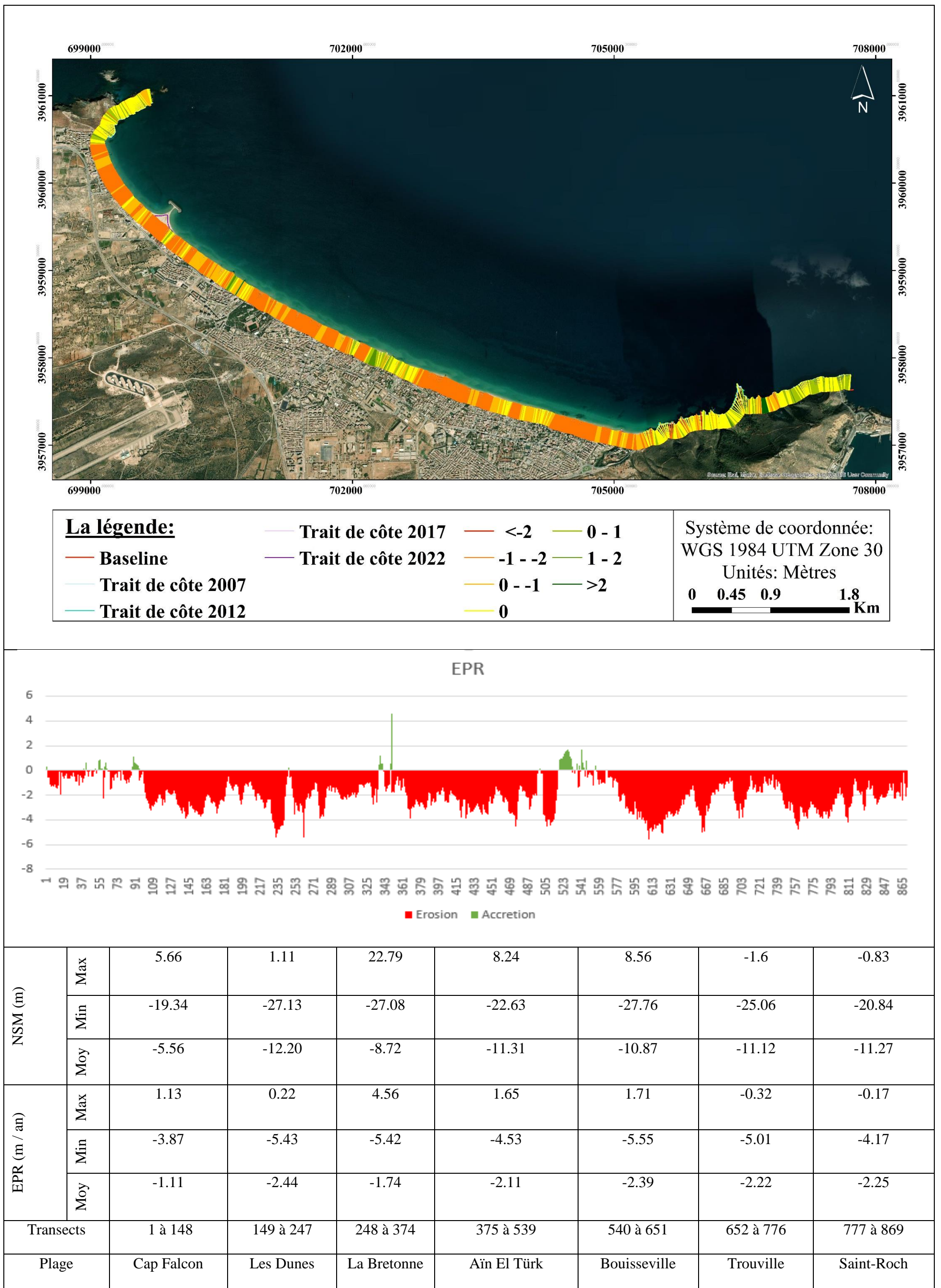


Figure 42: Evolution du trait de côte d'Aïn El Türk pour la période 2012-2017

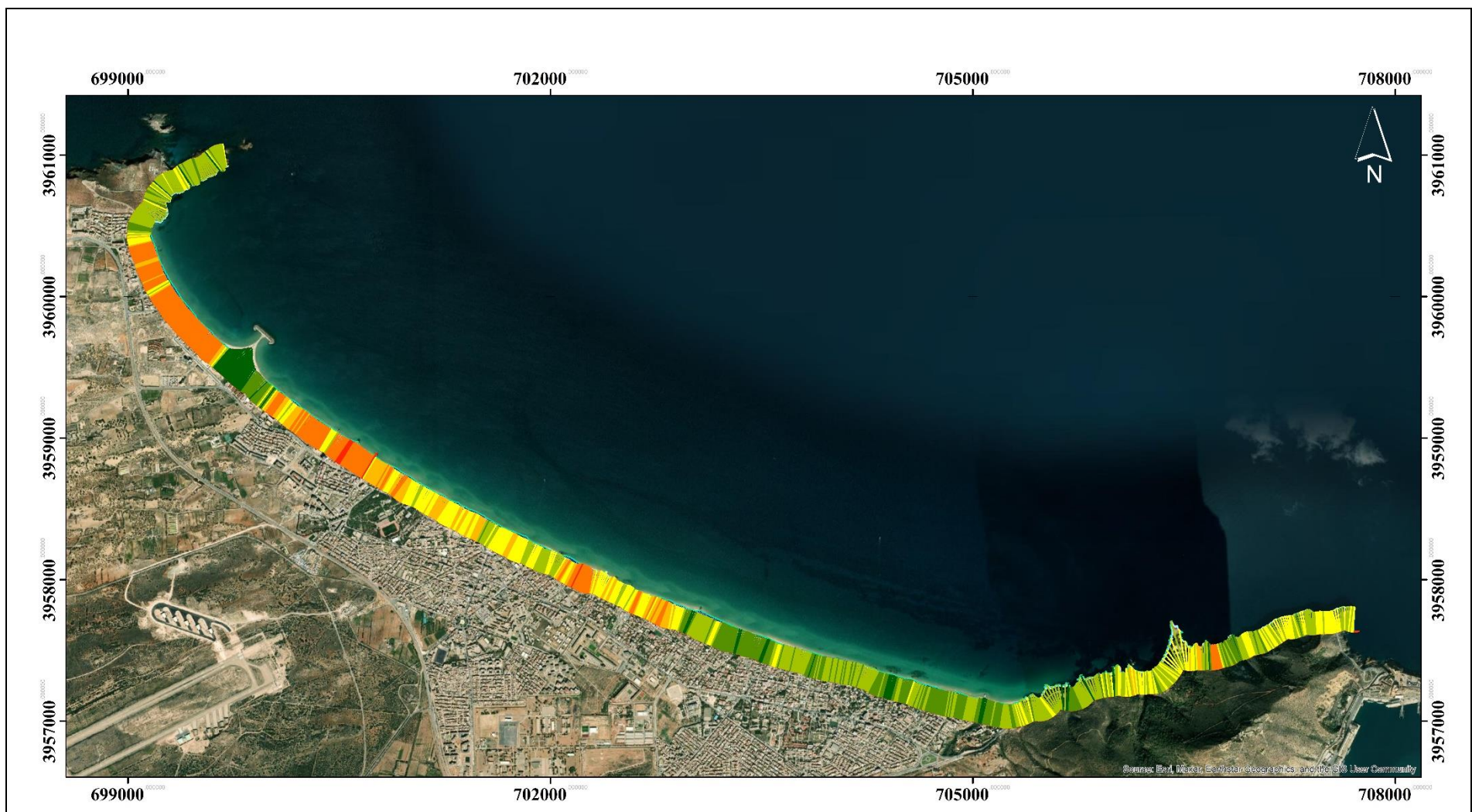
- Interprétation de la période 2012-2017 :

Toutes interventions humaines excessives dans la zone côtière entraînent une accentuation de la fragilité de cette dernière.

Tout cela mène à un état d'érosion important qui a été enregistré pour cette période avec un EPR moyen de -1.99 m/an et un Min de -5.55 m/an avec un NSM moyen de -9.97m tout au long de la baie.

Par ailleurs, une accrétion remarquable a été affichée à un point au niveau de la plage de La Bretonne avec un EPR Max de +4.56 m/an et au niveau des plages d'Aïn El Türk et Bouisseville avec un EPR atteignant les +1.71 m/an avec un NSM Max de +8.55m entre les transects 499 et 568 (Figure 42).

Durant cette période, l'érosion, très sensible de l'estran qui s'est déroulée simultanément avec l'urbanisation telle que les résidences secondaires, hôtels et habitations vernaculaires qui affectent sous diverses formes la partie haute de la baie. Cette érosion résultant principalement d'une altération significative des échanges sédimentaires transversaux entre les différentes unités morphologiques littorales, phénomène induit par l'urbanisation intensive du domaine côtier ainsi à cause du brise-lame qui a été construit en 2016 où il a contribué à cette érosion.



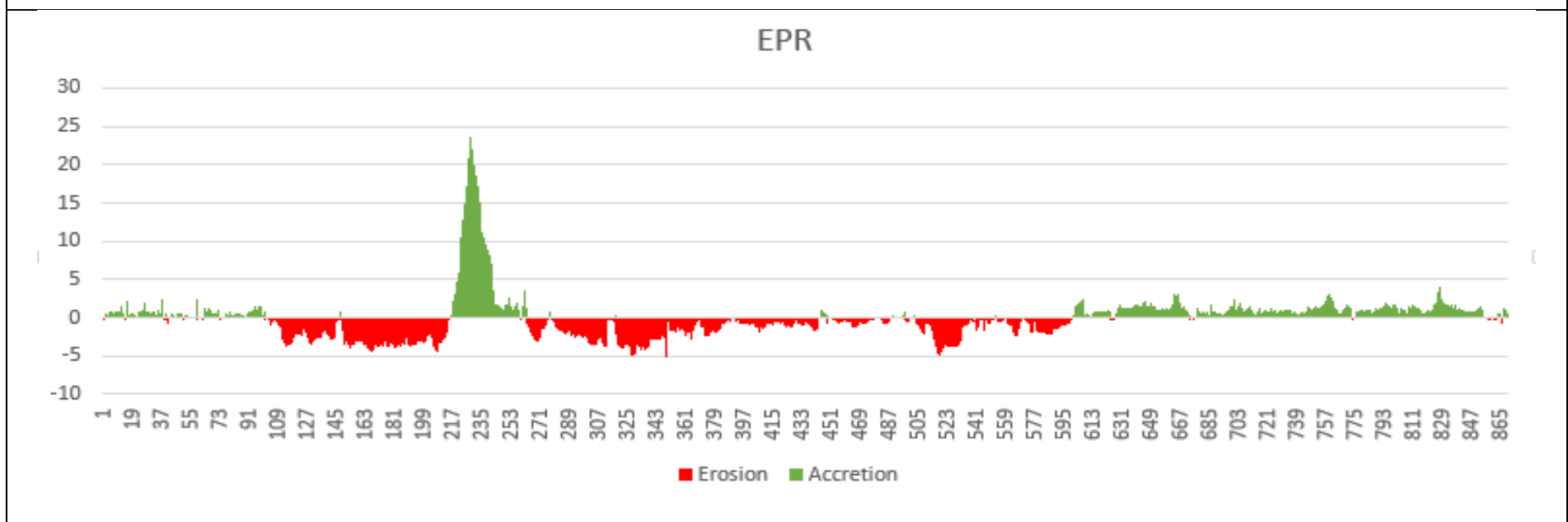
La légende:

- Baseline
- Trait de côte 2007
- Trait de côte 2012

- Trait de côte 2017
- Trait de côte 2022

- <-2
- 1 - -2
- 0 - -1
- 0
- 0 - 1
- 1 - 2
- >2

Système de coordonnées:
WGS 1984 UTM Zone 30
Unités: Mètres
0 0.45 0.9 1.8 Km



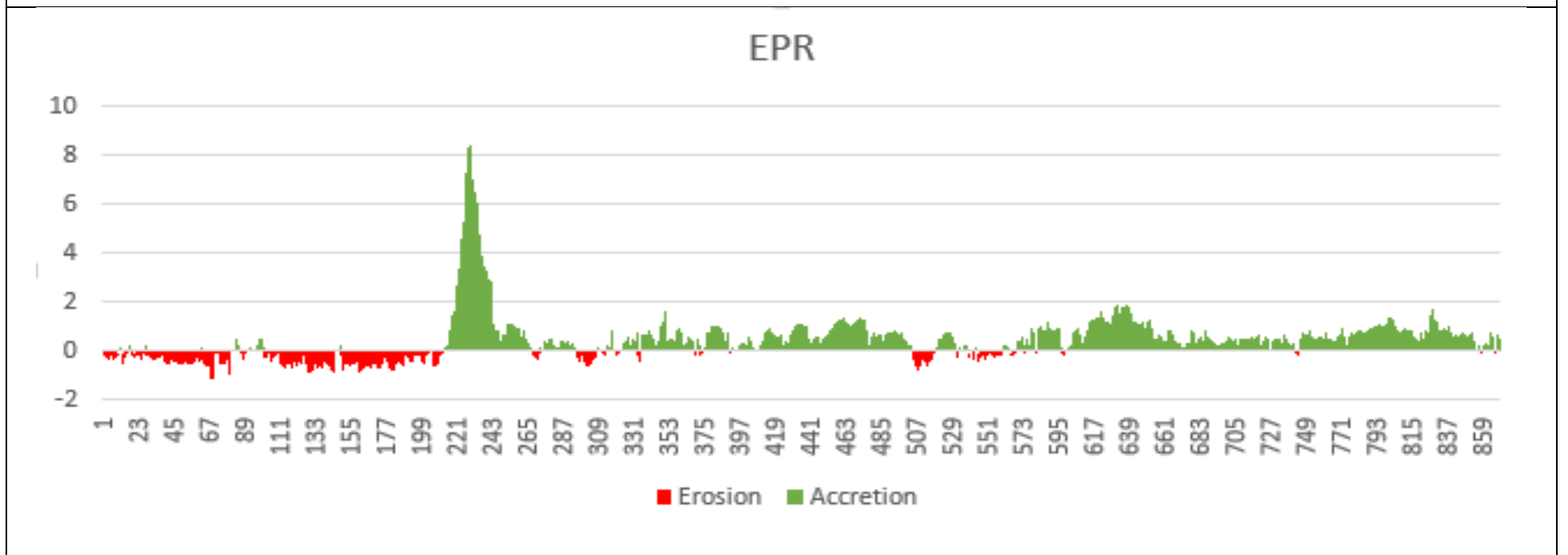
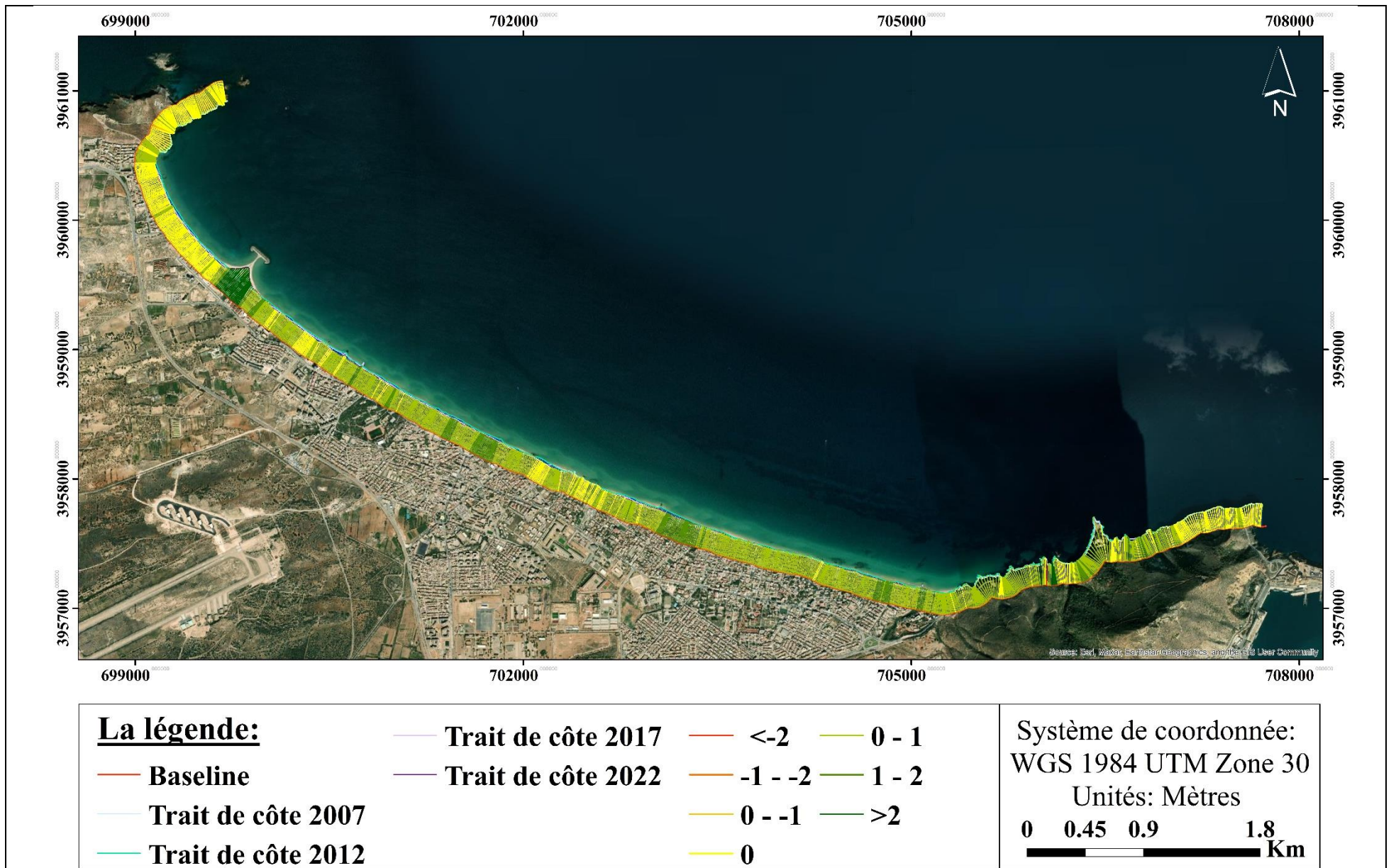
NSM (m)	Max	12.32	118	17.87	5.29	11.74	16.19	20.34
	Min	-18.51	-22.43	-26.27	-24.29	-11.9	-1.27	-4.33
	Moy	-1.17	5.28	-9.50	-5	-0.22	5.35	5.52
EPR (m / an)	Max	2.46	23.66	3.57	1.06	2.35	3.24	4.07
	Min	-3.7	-4.49	-5.25	-4.86	-2.38	-0.25	-0.87
	Moy	-0.23	1.05	-1.90	-1	-0.04	1.07	1.10
Transects	1 à 148	149 à 247	248 à 374	375 à 539	540 à 651	652 à 776	777 à 869	
Plage	Cap Falcon	Les Dunes	La Bretonne	Aïn El Türk	Bouisseville	Trouville	Saint-Roch	

Figure 43: Evolution du trait de côte d'Aïn El Türk pour la période 2017-2022

- Interprétation de la période 2017-2022 :

La figure précédente montre une accrétion très élevée à l'est de la zone d'étude au niveau des plages de Trouville et Saint-Roch avec un EPR moyen de +1.08 m/an et un EPR Max de +4.07 m/an qui équivaut à un NSM moyen de 5.43m grâce à l'apport sédimentaire modéré qui l'alimente, ainsi qu'aux structures artificielles de type épis et brise-lame entravent significativement le transit sédimentaire littoral sur l'ensemble du profil morphodynamique de l'avant-côte.

Contrairement au centre et ouest de la zone, où l'on remarque toujours une érosion de la côte avec un EPR moyen de -1.46 m/an et un Min de -5.25 et un Max de +1.06 m/an, cela reste moins invasive que la période d'avant à cause du brise-lame se trouvant à l'ouest au niveau de la plage des Dunes qui en résulte une accrétion énorme qui atteint les +23.66 m/an qui équivaut à un NSM Max de 118.3m, ces résultats croissants ont été enregistré au niveau du brise-lame (port d'Aïn El Türk) entre les transects 149 et 247 (Figure 43).



NSM (m)	Max	7.91	125.37	23.98	21.02	28.77	14.06	26.13
	Min	-17.33	-13.55	-8.87	-11.24	-6.68	-2.63	-0.47
	Moy	-4.65	14.26	4.88	8.08	10.20	7.06	11.52
EPR (m / an)	Max	0.53	8.36	1.6	1.4	1.92	0.94	1.74
	Min	-1.16	-0.9	-0.59	-0.75	-0.45	-0.18	-0.03
	Moy	-0.31	0.95	0.32	0.53	0.68	0.47	0.76
Transects	1 à 148	149 à 247	248 à 374	375 à 539	540 à 651	652 à 776	777 à 869	
Plage	Cap Falcon	Les Dunes	La Bretonne	Aïn El Türk	Bouisseville	Trouville	Saint-Roch	

Figure 44: Evolution du trait de côte d'Aïn El Türk pour la période 2007-2022

- Interprétation de la période 2007-2022:

Sur cette période globale de 15 ans, on remarque une accrétion modérée à l'ouest du brise-lame principal avec un EPR moyen de +0.2 m/an pour les plages de Cap Falcon et Les Dunes.

Contrairement à la zone centrale et est de la baie d'Aïn El Türk où l'on enregistre une accrétion symétrique élevée s'étendant de la plage La Bretonne au Cap Falcon avec un EPR moyen de +0.54 m/an et un NSM moyen de +8.12m. Le brise-lame principal qui a été transformé en port d'Aïn El Türk a généré une plage artificielle à cause de l'accumulation des sédiments autour de ce dernier.

On conclut que cette étude révèle que durant cette période de 15 ans, la zone a connu une perte en sédiment mais aussi une accrétion modérée de +0.44 m/an soit +6.65m tout au long de cette baie (Figure 44).

Chapitre 04
La Gestion Intégrée des Zones Côtières en
Algérie

1. La Gestion Intégrée des Zones Côtières en Méditerranée :

1.1. Définition et Cadre Conceptuel :

La Gestion Intégrée des Zones Côtières (GIZC) représente une approche systémique et multidimensionnelle visant à optimiser la gestion des ressources littorales. Dans le contexte méditerranéen, elle se définit comme « un processus dynamique de gestion et d'utilisation durable des zones côtières, prenant simultanément en compte la fragilité des écosystèmes et des paysages côtiers, la diversité des activités et des usages, leurs interactions, la vocation ». Maritime de certains d'entre eux, ainsi que leurs impacts à la fois sur la partie marine et la partie terrestre » (Protocole GIZC de la Convention de Barcelone, 2008).

1.2. Contexte Méditerranéen Spécifique

1.2.1. Caractéristiques Biophysiques :

La mer Méditerranée constitue un bassin semi-fermé de 2,5 millions de kilomètres carrés, caractérisé par un littoral étendu de 46 000 kilomètres. Cette configuration unique en fait un hotspot de biodiversité remarquable, avec un taux d'endémisme significatif de 20 à 30% des espèces présentes. Cette richesse biologique s'accompagne toutefois d'une vulnérabilité particulière face aux changements climatiques, rendant ces écosystèmes méditerranéens particulièrement sensibles aux modifications environnementales actuelles.

1.2.2. Pressions anthropiques :

La zone côtière méditerranéenne subit une pression anthropique considérable, caractérisée par une forte concentration démographique de 150 millions d'habitants sur le littoral. Cette pression est significativement amplifiée par un flux touristique massif atteignant 300 millions de visiteurs par an. L'impact de cette présence humaine intensive se manifeste notamment par une urbanisation côtière importante, avec 40% du linéaire côtier déjà artificialisé. Cette situation est d'autant plus critique que 80% des activités économiques de la région se concentrent dans la bande côtière, créant ainsi une pression continue et croissante sur les écosystèmes littoraux méditerranéens.

1.3. Cadre Juridique et Institutionnel

Le cadre juridique et institutionnel de la protection de la Méditerranée repose sur une architecture complexe combinant instruments juridiques et mécanismes de gouvernance. Sur le plan juridique, la Convention de Barcelone, adoptée en 1976 et révisée en 1995, constitue le fondement de la coopération régionale, renforcée en 2008 par le Protocole GIZC, premier instrument juridiquement contraignant dans ce domaine. La Directive-cadre Stratégie pour le Milieu Marin (2008/56/CE) vient compléter ce dispositif normatif. La mise en œuvre de ces instruments s'appuie sur trois structures de gouvernance complémentaires : le Plan d'Action pour la Méditerranée (PAM), qui coordonne les initiatives régionales, la Commission Méditerranéenne du Développement Durable (CMDD), organe consultatif orientant les politiques. De développement durable, et les Centres d'Activités Régionales (CAR), qui apportent l'expertise technique nécessaire à la réalisation des objectifs fixés. Cet ensemble forme un système intégré de gestion et de protection de l'environnement méditerranéen, alliant cadre juridique contraignant et fonctionnements de mise en œuvre.

1.4. Méthodologie et outils de mise en œuvre

L'approche écosystémique se concentre sur l'évaluation des services écosystémiques, permettant de comprendre comment les écosystèmes contribuent au bien-être humain et à la biodiversité. Dans ce cadre, la cartographie des habitats critiques est essentielle pour identifier et protéger les zones vitales pour la faune et la flore. La surveillance environnementale intégrée joue également un rôle crucial, en assurant un suivi continu des conditions écologiques et en facilitant la prise de décision éclairée. En parallèle, divers instruments de planification sont mis en œuvre pour gérer efficacement les ressources côtières. Les plans d'aménagement côtier visent à équilibrer le développement humain avec la protection de l'environnement. Les études d'impact environnemental évaluent les conséquences potentielles des projets sur l'écosystème, garantissant ainsi une approche durable. Enfin, les systèmes d'information géographique (SIG) offrent des outils puissants pour analyser et visualiser les données spatiales, soutenant ainsi une planification éclairée et une gestion efficace des

ressources naturelles. Cette synergie entre approche écosystémique et instruments de planification permet de promouvoir un développement durable tout en préservant les écosystèmes vitaux.

1.5. Défis et Enjeux Contemporains

Les changements climatiques engendrent des impacts significatifs sur les environnements côtiers, notamment une élévation du niveau marin estimée entre 3 et 61 cm d'ici 2100. Cette montée des eaux entraîne une érosion côtière accélérée, mettant en péril les infrastructures et les écosystèmes. De plus, les modifications des écosystèmes marins perturbent la biodiversité et les services que ces milieux offrent. Parallèlement, les pressions socio-économiques exacerbent ces défis. Les conflits d'usage entre différentes activités humaines, telles que la pêche, le tourisme et l'industrie, compliquent la gestion durable des ressources. La surexploitation de ces ressources naturelles, couplée à la pollution marine et côtière, aggrave la dégradation des milieux marins et côtiers. Ensemble, ces facteurs soulignent l'urgence d'adopter des stratégies intégrées pour faire face aux enjeux environnementaux et socio-économiques liés aux changements climatiques.

1.6. Perspectives et recommandations

Le renforcement institutionnel est essentiel pour une gestion efficace des ressources naturelles et la protection de l'environnement. Cela inclut l'harmonisation des cadres législatifs nationaux, ce qui permet de créer une base juridique cohérente et efficace. Le développement des capacités locales est également primordial, car il permet aux communautés de mieux gérer leurs ressources et d'adopter des pratiques durables. Par ailleurs, l'amélioration de la coordination transfrontalière favorise la collaboration entre pays voisins pour aborder les enjeux environnementaux communs. En parallèle, l'innovation technologique joue un rôle crucial dans la gestion environnementale. Le développement de systèmes de surveillance avancés permet un suivi précis des écosystèmes et des ressources. L'utilisation des technologies satellites offre une vue d'ensemble des changements environnementaux à grande échelle,

facilitant ainsi la prise de décision. Enfin, la mise en œuvre de solutions basées sur la nature propose des approches durables pour restaurer les écosystèmes et renforcer leur résilience face aux défis environnementaux. Ces initiatives combinées contribuent à une gestion intégrée et durable des ressources naturelles.

2. Stratégie Nationale de Gestion Intégrée des Zones Côtières en Algérie : Analyse Scientifique

2.1. Cadre Juridique et Institutionnel

Les fondements législatifs en matière de protection de l'environnement en Algérie reposent sur plusieurs lois et décrets essentiels. La loi n°02-02 du 5 février 2002 vise la protection et la valorisation du littoral, tandis que la loi n°03-10 du 19 juillet 2003 établit des règles pour la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable, intégrant des principes tels que la préservation de la biodiversité et la prévention de la pollution. Le décret exécutif n°06-424 fixe quant à lui la composition et le fonctionnement du Conseil National du Littoral, renforçant ainsi la gouvernance environnementale. Concernant les organismes de gouvernance, plusieurs institutions jouent un rôle clé dans la mise en œuvre des politiques environnementales. Le Commissariat National du Littoral (CNL) est chargé de la gestion des zones côtières, tandis que l'Observatoire National de l'Environnement et du Développement Durable (ONEDD) surveille l'état de l'environnement et promeut le développement durable. Enfin, le Centre National d'Études et de Recherches Appliquées en Urbanisme (CNERU) contribue à l'élaboration de stratégies d'aménagement durable, assurant une approche intégrée dans la gestion des ressources naturelles et la planification urbaine.

2.2. Composantes Scientifiques et Techniques

La caractérisation écosystémique des zones côtières implique plusieurs étapes cruciales. Un inventaire des écosystèmes côtiers sensibles permet d'identifier les zones vulnérables nécessitant une protection. La cartographie des habitats marins et côtiers fournit une représentation visuelle essentielle pour la gestion et la conservation

de ces milieux. L'évaluation de la biodiversité marine et côtière est également fondamentale pour comprendre la richesse et la santé des écosystèmes. Enfin, l'étude des processus hydro-sédimentaires aide à analyser les dynamiques physiques qui influencent ces environnements. Pour assurer un suivi efficace, divers outils de surveillance et de monitoring sont mis en place. Un réseau de surveillance de la qualité des eaux côtières permet de contrôler les paramètres environnementaux, tandis que les systèmes d'information géographique (SIG) dédiés facilitent l'analyse spatiale des données. Des stations de mesure des paramètres océanographiques fournissent des informations précises sur les conditions maritimes, et les programmes de biosurveillance contribuent à évaluer l'état écologique des habitats. Ensemble, ces initiatives renforcent la gestion durable des écosystèmes côtiers.

2.3. Axes Stratégiques d'Intervention

La protection des écosystèmes côtiers repose sur plusieurs actions essentielles. La conservation des zones humides côtières est cruciale pour maintenir la biodiversité et protéger les habitats naturels, car ces zones jouent un rôle vital dans l'atténuation des impacts des changements climatiques et de l'érosion côtière. La restauration des habitats dégradés permet de rétablir les écosystèmes affectés par l'activité humaine, favorisant ainsi le retour de la biodiversité et des services écosystémiques. La lutte contre l'érosion côtière implique l'adoption de solutions intégrées qui respectent les processus naturels, comme le rechargement en sable et la création de zones tampons. La protection des espèces endémiques est également une priorité, car ces espèces sont souvent menacées par la perte d'habitat et les pressions anthropiques. Concernant la gestion des pressions anthropiques, il est essentiel de contrôler l'urbanisation littorale afin de limiter l'impact des constructions sur les écosystèmes côtiers. Cela inclut la gestion des rejets urbains et industriels, qui vise à réduire la pollution dans les milieux aquatiques. La réglementation des activités touristiques est également nécessaire pour minimiser les effets négatifs du tourisme sur l'environnement. Enfin, une planification spatiale maritime efficace permet d'organiser l'utilisation des ressources maritimes tout en protégeant les écosystèmes vulnérables, garantissant ainsi un équilibre entre développement économique et conservation environnementale.

2.4. Indicateurs de performance

L'évaluation de la santé des écosystèmes côtiers repose sur plusieurs indicateurs environnementaux et socio-économiques. Parmi les indicateurs environnementaux, le taux de couverture des aires marines protégées est essentiel pour mesurer l'efficacité des efforts de conservation. Les indices de qualité des eaux côtières fournissent des informations sur la santé des milieux aquatiques, tandis que l'évolution du trait de côte permet d'analyser les impacts de l'érosion et du changement climatique sur les zones littorales. La biodiversité marine et côtière est également un indicateur clé, reflétant la richesse et la résilience des écosystèmes. Du côté des indicateurs socio-économiques, le taux d'urbanisation du littoral est un facteur déterminant pour comprendre les pressions exercées sur les ressources côtières. Le développement des activités économiques durables est crucial pour assurer un équilibre entre croissance économique et protection de l'environnement. Les emplois liés à l'économie bleue témoignent de l'importance croissante des secteurs maritimes dans l'économie locale. Enfin, les revenus générés par le tourisme côtier durable soulignent le potentiel économique d'un tourisme respectueux de l'environnement, contribuant ainsi à la préservation des écosystèmes tout en soutenant les communautés locales. Ensemble, ces indicateurs offrent une vue d'ensemble sur la santé écologique et socio-économique des zones côtières.

2.5. Défis et perspectives

Les contraintes actuelles auxquelles font face les écosystèmes côtiers sont multiples. La fragmentation des compétences institutionnelles complique la gestion intégrée des ressources maritimes et côtières, rendant difficile la coordination entre les différents acteurs. De plus, l'insuffisance des moyens de surveillance limite la capacité à suivre et à évaluer l'état des écosystèmes. La pression démographique croissante intensifie les demandes sur les ressources côtières, exacerbant les problèmes d'urbanisation et de pollution. Enfin, les changements climatiques représentent une menace majeure, entraînant des impacts tels que l'érosion côtière et la dégradation des habitats. Cependant, ces défis s'accompagnent également de possibilités de

développement. L'adoption de techniques de renforcement des capacités peut améliorer les compétences locales en matière de gestion environnementale. La coopération internationale offre des opportunités pour partager des ressources et des connaissances, facilitant ainsi des initiatives communes. L'innovation technologique permet de développer de nouveaux outils pour la surveillance et la gestion durable des ressources. Enfin, l'émergence d'une économie bleue durable représente une voie prometteuse pour promouvoir un développement économique respectueux de l'environnement tout en préservant les écosystèmes côtiers. Ensemble, ces opportunités peuvent contribuer à surmonter les contraintes actuelles et à favoriser un avenir durable pour les zones côtières.

2.6. L'activité GIZC dans le cadre du Plan d'Aménagement Côtier (PAC)

Des instruments spécifiques ont été mis au point pour développer et mettre en place les conditions favorables à l'initialisation d'un processus GIZC. C'est d'ailleurs à la demande du Gouvernement algérien et suite à l'approbation par la 10^{ème} réunion ordinaire des parties contractantes à la Convention de Barcelone (Barcelone 1995), que le Plan d'Action pour la Méditerranée (PAM) a décidé de formuler et de mettre en œuvre un Programme d'Aménagement Côtier (PAC) pour la zone côtière algéroise, ce projet s'est ensuite étendu à la côte Annabie et la côte Oranaise.

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 contraintes et des atteintes au milieu.

Le cadastre a permis d'évaluer la superficie du littoral à environ 400 000 hectares. La profondeur terrestre du littoral varie quant à elle de 2,5 kilomètres à 23 kilomètres. 41 zones pertinentes et 47 zones naturelles sensibles ont été répertoriées au niveau national. Ont été répertoriés également 32 îles et 208 îlots, 26 zones humides et

2 marinas importantes, 54 dunes et cordons dunaires, 138 forêts, 71 aires marines et terrestres d'intérêt écologique et 33 sites (DHW/FBO, 2009).

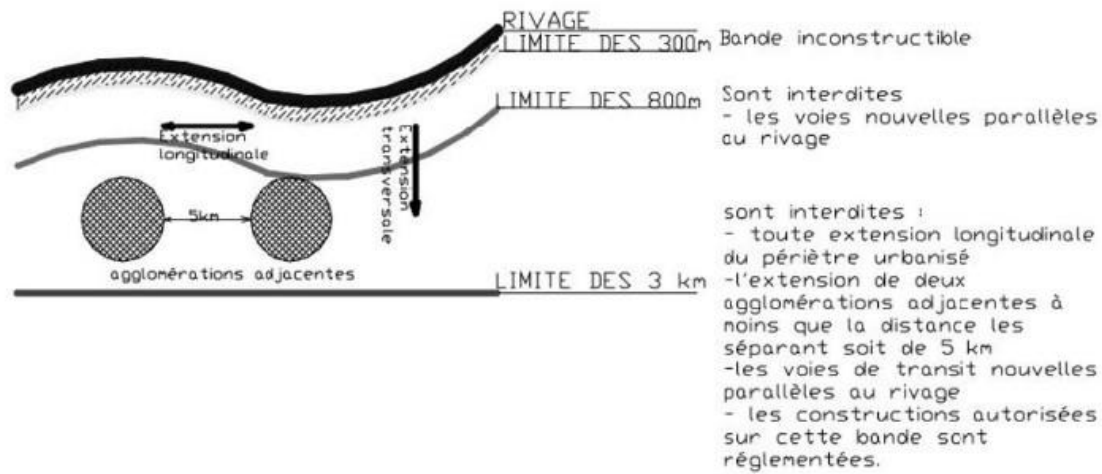


Figure 45: Bandes délimitées par la loi littorale (Kacemi, 2011).

La proposition de délimitation de l'espace littoral s'est faite sur la base de critères physiques. Ainsi au niveau des zones des falaises il a été retenu une profondeur de 800 mètres et au niveau des espaces relativement plats, il a été retenu une profondeur de trois kilomètres. Il a été intégré les espaces forestiers (forêts et maquis dégradés) dans leur intégralité, les plaines littorales, les terres à vocation agricole, les zones humides et les sites historiques.

La délimitation des zones sensibles, pertinentes et prioritaires se base sur des critères d'activités (concentration de l'urbanisation, zones industrielles, équipements structurants, etc.). Ces critères reposent essentiellement sur une forte pression liée à l'urbanisation, et à la multiplication des points de rejets des eaux usées directement vers la mer, sans traitement préalable.

La délimitation des zones naturelles tient compte des acquis naturels et touristiques liés aux sites balnéaires.

L'aspect « protection » devant être étendu au maximum au détriment de l'aspect « développement », les dispositions d'urbanisme propres au littoral ne doivent pas être conditionnées par la qualification de commune littorale mais par celle d'écosystème côtier. En d'autres termes, un critère physique remplacerait le critère administratif et les règles particulières au littoral s'appliqueraient sur l'ensemble de la zone naturelle

constituant un écosystème littoral. Rappelons qu'en France les pouvoirs publics ont décidé de définir le littoral à partir de critères internes juridiques de nature administrative, à savoir les limites des circonscriptions administratives existantes (Becet, 2002).

Il faut souligner que le PAC est un plan à échelle régionale puisqu'il peut couvrir plusieurs wilayas. Toutefois, la région en Algérie n'existe pas en tant qu'échelon de gouvernance doté de compétences. Elle ne bénéficie d'aucun pouvoir hiérarchique par rapport aux autres collectivités. C'est dans ce contexte que se pose la question de la planification régionale du littoral et des zones côtières. Une certaine ambiguïté juridique demeure : le littoral est reconnu comme un territoire qui a ses propres instruments d'aménagement : le PAC et les plans d'aménagement institués par le décret exécutif n° 07-206 du 30 juin 2007. Qu'en est-t-il des autres territoires administratifs : les communes et les instruments d'urbanisme PDAU et POS qui sont opposables aux tiers. À ce jour, les quinze wilayas côtières du littoral algérien ont été couvertes par des PAC.

La GIZC est une des solutions qui permet de conduire les mesures territoriales de gestion sur la voie du développement durable. C'est en soi un processus qui implique de traiter avec l'ensemble des éléments qui composent l'anthropo-système qu'est la zone côtière dans toutes ses composantes environnementales, socio-économiques, législatives, institutionnelles, etc. (voir références bibliographiques sur le sujet).

De plus, toute démarche de planification des territoires côtiers à finalité de gestion, c'est-à-dire concourant à la mise en place d'un plan de gestion, suit trois grandes phases (Figure 45):

1. D'identification préliminaire de la situation ;
2. De préparation du plan de gestion ;
3. De mise en œuvre du plan de gestion proprement dit. La GIZC est une des solutions qui permet de conduire les mesures territoriales de gestion sur la

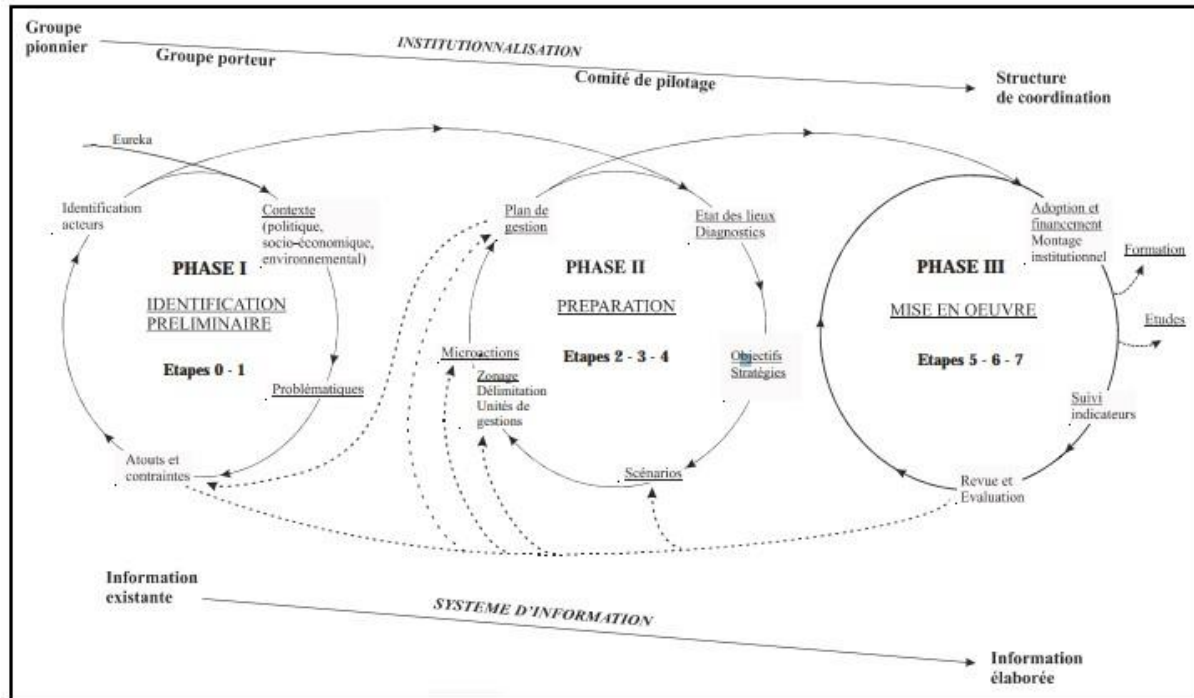


Figure 46: Enchaînement et interrelations des étapes de planification GIZC

2.7. Etude de mise en œuvre du PAC

Suite aux résultats du cadastre il a été procédé à l'identification des actions immédiates préventives et curatives pour la protection du littoral. Afin de confirmer et de mettre à niveau et actualiser ces différentes actions et de les valider en concertation avec les wilayas, le MATEV a lancé une étude intitulée « assistance à la mise en œuvre des PAC » confiée au Bureau d'Etudes portugais DHV/FBO qui consiste à réaliser des projets concrets exprimant la formulation et la mise en œuvre des politiques et stratégies nationales en matière de préservation et de protection du littoral. L'étude porte sur cinq missions :

- Analyser des plans d'action des PAC,
- Hiérarchisation des actions et échéancier de mise en œuvre,
- Elaboration des fiches techniques détaillées avec évaluation financière par thématique,
- Elaboration des cahiers des charges par projet identifié,
- Elaboration des dossiers d'appels d'offres, analyse et évaluation des offres.

2.8. Objectifs du PAC

- Les objectifs fondamentaux du plan concernent :

➤ L'instauration d'une coopération entre différents acteurs au niveau de la Wilaya.

➤ La réalisation de projets centrés sur le développement durable des régions littorales, en intégrant les questions d'environnement et de développement.

- L'objectif immédiat du plan consiste à :

➤ identifier à travers les diverses activités des solutions aux problèmes de l'environnement les plus urgents dont certaines pourront être appliquées immédiatement et d'autres seront l'objet de recherches de financement pour une application ultérieure.

Dans l'élaboration de ces solutions, une attention toute particulière sera accordée à la protection et à la mise en valeur du littoral.

- Les objectifs à long terme cohérents à :

➤ proposer une démarche de développement de la zone côtière communale en harmonie avec la capacité réceptrice de l'environnement.

➤ créer les conditions d'établissement d'un système de planification et de gestion intégrée des ressources dans la zone, avec des outils efficaces de protection et de gestion du littoral.

- L'objectif Général du plan est donc de protéger et d'assurer une utilisation rationnelle et durable des ressources côtières.

Le programme est structuré autour de deux principales catégories d'activités

les activités transversales	Les activités thématiques
-Système d'information	-Urbanisation et artificialisation des sols
-Analyse de durabilité	-Gestion intégrée des ressources hydriques
-Formation et participation	-Pollution (eau et déchets)
-Stratégie de financement	-Sites sensibles naturels et culturels
	-Gestion intégrée des zones côtières (GIZC)

Le PACA de la zone côtière algéroise est le premier projet de ce type en Algérie, il a conduit à la création du PAC des aires métropolitaines d'Annaba PACAN et d'Oran PACO, faisant la promotion d'une véritable démarche de gestion intégrée appliquée à un territoire côtier.

3. Le Plan d'Aménagement Côtier d'Oran (PACO)

L'étude du PAC d'Oran a été initiée par le MATEV en 2003, pilotée par la direction de l'Environnement de la wilaya d'Oran et confiée à l'ANAT. L'étude consiste à établir le cadastre du littoral (la partie marine est confiée à l'Institut des Sciences Maritimes de Bou-Ismaïl, Alger) et un diagnostic de toutes les zones côtières.

La délimitation longitudinale de l'aire couverte par le Plan d'Aménagement Côtier d'Oran (PACO) est configurée par un linéaire côtier qui s'étend de l'Oued Kiss à l'Ouest (frontière Algéro-marocaine) à oued Taghzout à l'Est (wilaya de Mostaganem), sur une distance de 445.65 Km qui représente 37% du linéaire côtier national.

La zone délimitée pour l'étude englobe le territoire de cinq wilayas et occupe une surface terrestre de 21 771 km² qui représente 61% de la superficie totale de la région programme Nord-Ouest et moins de 01% de la superficie totale du pays.

Le littoral oranais est délimité par arrêté du Wali d'Oran N° 2356 du 14- 08- 2004 et a été balisé au cours de l'année 2006. L'étude du PAC finalisée, elle a été d'abord présentée au siège de la wilaya, ensuite elle a été exposée aux autorités locales des quarante communes concernées par l'étude. Les préoccupations des autorités locales de la côte Ouest d'Oran et de la côte Est n'ont pas été les mêmes. Les premières avaient trait au caractère touristique de ces communes, les secondes étaient relatives aux problèmes engendrés par la présence de la zone pétrochimique d'Arzew, notamment la pollution atmosphérique et marine. Toutefois l'ensemble des communes a soulevé des questions réglementaires (loi « littoral », bande des 300 mètres, instruction des permis de construire, la mise en concordance des instruments d'urbanisme avec la loi « littoral »).

Quelques réserves ont été émises par les autorités locales. Tout d'abord l'estimation de la population est largement dépassée, surtout pour les communes de la

côte Ouest où la population estivale a été négligée. Les autorités locales n'ont pas été impliquées dans l'élaboration du projet, aucun des maires n'a été consulté avant cette présentation. Les autorités locales ont invité l'ANAT à se rapprocher de leurs services actualiser ou corriger des données. Le PAC demeure un instrument de gestion centralisé.

3.1. Mise en œuvre du PACO

Cette étude initiée par le MATE et confiée au BET portugais DHW/FBO a été présentée le 26 juin 2009 au siège de la wilaya d'Oran et présidée par le représentant du MATE et a regroupé les représentants de tous les secteurs concernés au niveau de la wilaya.

Dans le cadre de cette étude, quatorze projets ont été proposés pour la wilaya d'Oran parmi lesquels la réhabilitation de la zone humide « Daya Morsli » (150 hectares), la fixation des dunes sur une superficie de 50 hectares au niveau des plages de Mers El Hadjadji et Aïn El Türk, la réalisation d'un musée marin vivant et d'un centre d'aquaculture, l'élaboration d'un inventaire des sites historiques, la rénovation du complexe des andalouses, l'aménagement de la plage de Cap Falcon, etc. Les quatorze projets concernent la côte Ouest d'Oran, rien n'a été prévu pour la côte d'Arzew qui comprend pourtant deux ZET et la zone industrielle pétrochimique d'Arzew.

4. Résultats des thématiques

- Éléments de diagnostic et tendance d'évolution
- L'organisation stratégique de la région métropolitaine oranaise
- Le plan d'aménagement côtier
- L'internalisation du PACO dans les programmes nationaux et locaux de développement.

Conclusion

Le littoral algérien présente une diversité morphologique remarquable, alternant entre formations rocheuses, systèmes dunaires et zones humides. Néanmoins, cette interface terre-mer subit une pression anthropique considérable, caractérisée par une densification démographique et une intensification des activités socio-économiques. Les perturbations majeures résultant de la confluence de plusieurs facteurs : l'expansion urbaine non maîtrisée, l'extraction intensive des matériaux sédimentaires, et l'implantation d'infrastructures industrielles pétrolières, engendrant une altération significative des équilibres écosystémiques.

Malgré la mise en œuvre d'un cadre législatif spécifique et l'élaboration de programmes d'aménagement côtier, l'analyse révèle des insuffisances notables dans les dispositifs juridiques de préservation littorale. Le système actuel de gestion intégrée des zones côtières (GIZC) présente des dysfonctionnements structurels, notamment une fragmentation sectorielle et une absence de coordination intersectorielle. L'inefficacité du dispositif de surveillance environnementale et l'insuffisance des évaluations écologiques systématiques complexifient davantage la situation.

La mise en œuvre efficace d'une GIZC nécessiterait l'établissement d'une instance décisionnelle centralisée, dotée de prérogatives substantielles en matière d'arbitrage et de concertation intersectorielle. L'optimisation de cette gestion nécessite également l'intégration des systèmes d'information géographique comme outils d'aide à la décision et de surveillance territoriale.

Conclusion générale

L'Objectif de ce travail a été de fournir une information fiable et facilement accessible sur la tendance évolutive de la zone Ouest d'Algérie.

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 anthropique 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 Min de l'ordre de -1.16 m/an soit un NSM moyen de 6.64m allant de 2007 à 2022.

Deux causes probables ont joué un rôle important l'érosion généralisée le long de la côte étudiée : la cause d'ordre naturel est due aux effets répétés et cumulés des tempêtes, tandis que la cause anthropique est liée essentiellement à la forte urbanisation le long de la côte.

Les constatations qui ont été faites lors de la création des roses des vents et des houles, ont été confirmées par l'étude de l'évolution du trait de côte durant la période étudiée (2007-2022). Le changement a été remarqué précisément dans l'année 2016 pendant la construction d'un ouvrage de protection en épi puis en brise-lame qui a pour rôle l'accostage des navires (Port d'Aïn El Türk), ce qui a causé un chamboulement du transit sédimentaire tout au long de la zone étudiée ce qui a engendré une accrétion importante en un laps de temps assez court et la création de plages artificielles des deux côtés.

Malgré ces constatations, l'inconscience face aux enjeux environnementaux constitue un obstacle majeur à la préservation du

milieu. La gestion intégrée des zones côtières est complexe et nécessite une coordination entre divers secteurs d'activité. Pour garantir son succès, il est essentiel de créer un organisme comme le Haut Conseil à la Mer pour arbitrer les conflits et organiser les concertations. L'utilisation généralisée des systèmes d'information géographique est également cruciale pour résoudre les problématiques liées à la gestion et à la sauvegarde des zones côtières, assurant ainsi une utilisation durable des ressources littorales.

Bibliographie

AMARNI, N., FERNANE, L., BELKESSA, R., (2021). Évaluation de la vulnérabilité côtière du littoral centre ouest algérien (Cherchell), sous l'angle de la géomatique. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.5779564>

AUVERLOT, D., (2015). La tragédie du réchauffement climatique: du cinquième rapport du GIEC à la Conférence Paris-Climat 2015, in: Annales Des Mines-Responsabilité et Environnement. FFE, pp. 14–20.

BENGOUFA, S., NICULESCU, S., MIHOUBI, K., BELKESSA, R., ABBAD, K., (2021). Cartographie de la vulnérabilité côtière par l'intégration des méthodes géo-spatiales : cas de Mostaganem (ouest Algérien).

CORLAY, J.-P., (1995). Géographie sociale, géographie du littoral. *Noroi* 165, 247–265. <https://doi.org/10.3406/noroi.1995.6623>

DJOUDER, F., BOUTIBA, M., (2017a). Vulnerability assessment of coastal areas to sea level rise from the physical and socioeconomic parameters: case of the Gulf Coast of Bejaia, Algeria.

BENGOUFA, S., (2016). PFE. Etude et évaluation de l'état de la vulnérabilité du système côtier de la zone Est-algéroise. Mémoire d'ingénieur spécialité Aménagement du Littoral. Alger, Dely Brahim: ENSSMAL.

Arab. J. Geosci. 10, 299. <https://doi.org/10.1007/s12517-017-3062-5>

Climat Oran, Météo par mois, Température moyenne (Algérie) - Weather Spark

BOURKACHE, R., BENZERFA, S., (2021). Impact des évènements extrêmes sur le transport sédimentaire longitudinal Cas d'étude : la région Algéroise. Mémoire d'ingénieur spécialité Gestion et Protection du Littoral. Alger, Dely Brahim: ENSSMAL.

DJOUDER, F., BOUTIBA, M., (2017b). Vulnerability assessment of coastal areas to sea level rise from the physical and socioeconomic parameters: case of the Gulf Coast of Bejaia, Algeria. *Arab. J. Geosci.* 10, 299.

SAHNOUNI, F., (2003). Surveillance de la qualité des eaux marines du littoral oranais Cas des baies de Cap Falcon, des Andalouses et de Maddagh. Mémoire de Magister, Dépt. de Biologie, Faculté des Sciences, Université d'Oran.

GIEC, P., (2001). Changements climatiques: Rapport sur Réduire la vulnérabilité des populations pauvres par l'adaptation aux changements climatiques. Berl. Media Co. Allem.

Groupe Intergouvernemental, D., (2007a). Experts Sur L'Évolution Du Climat (GIEC) (2007). Bilan.

GUILYARDI, E., LESCARMONTIER, L., MATTHEWS, R., POINT, S.P., RUMJAUN, A.B., SCHLÜPMANN, J., WILGENBUS, D., (2019). Rapport spécial du GIEC" Réchauffement à 1, 5° C": Résumé à destination des enseignants.

BENALLOU, I., (2020). Evaluation des impacts des changements climatiques et des activités anthropiques sur le littoral de la baie de Zemmouri : Vulnérabilité et adaptation. Mémoire d'ingénieur spécialité Gestion et Protection du Littoral. Alger, Dely Brahim: ENSSMAL.

BENGOUFA, S., (2021). Apport des techniques de télédétection à l'étude de la vulnérabilité et risques côtiers (Cas de la côte ouest-algérienne). Thèse de doctorat spécialité Environnement Marin et Littoral. Alger, Dely Brahim: ENSSMAL.

HOURCADE, J.-C., JOUZEL, J., (1996). Changement climatique, du diagnostic aux enjeux économiques. Les leçons du deuxième rapport du GIEC. Rev. L'énergie.

Urbanisation côtière en Algérie, Processus et impacts sur l'environnement : Le cas de la baie d'Aïn el Turck [en ligne]. [Consulter le 21/06/2023] disponible sur le web : <https://journals.openedition.org/etudescaribeennes/4431?lang=es>.

[An index based method to assess vulnerabilities and risks of med coastal zones to multiple hazards.pdf](#)

JEREMY, A., DIEUNEDORT, W., (2021). La vulnérabilité cumulative face aux défis socio-environnementaux en Côte d'Ivoire [WWW Document]. URL <https://journals.openedition.org/vertigo/34145> (accessed 7.4.24).

NadiaGeoEcoMarina2022.pdf

JÖHR, I., TOURRE, Y., VAN GRUNDERBEECK, P., ALLAL, H., ELANDALOUSSI, H., NIESOR, T., ROUYER, J.-L., POUFFARY, S., MISSAOUI, (2008). Changement climatique et énergie en Méditerranée.

[RED-2020-Rapport-complet.pdf](#)

<https://www.satec.es/fr/blog/casos-de-exito/visualizacion-de-medidas-oceano-meteorologicas/>

MASSELINK, G., GEHRELS, R., (2014). Coastal Environments and Global Change.

MIHOUBI, M.K., BELKESSA, R., LATRECHE, M.A., (2014). Study of the Vulnerability of Coastal Areas of the Algerian Basin with the GIS. *Int. J. Environ. Sci. Dev.* 5, 522–526. <https://doi.org/10.7763/IJESD.2014.V5.538>.

NICHOLLS, R.J., WONG, P.P., BURKETT, V., CODIGNOTTO, J., HAY, J., WOODROFFE, C.D., ABUODHA, P., ARBLASTER, J., BROWN, B., FORBES, D., HALL, J., KOVATS, S., LOWE, J., McINNES, K., MOSER, S., RUPP-ARMSTRONG, S., SAITO, Y., TOL, R.S.J., (2007). Coastal systems and low-lying areas.

LARID, M., (2011). Cours d'aménagement du littoral I .2éd.

La vulnérabilité cumulative face aux défis socio-environnementaux en Côte d'Ivoire [en ligne]. [Consulter le 25/06/2023] disponible sur le web: <https://journals.openedition.org/vertigo/3414>.

RED (2020, 2021). Rapport sur l'état de l'environnement et du développement en Méditerranée. United Nations, Erscheinungsort nicht ermittelbar.

SALEM CHERIF, Y., MEZOUAR, K., GUERFI, M., SALLAYE, M., DAHMANI, A.E.A., (2019). Nearshore hydrodynamics and sediment transport processes along the sandy coast of Boumerdes, Algeria | Request PDF.

Nearshore hydrodynamics and sediment transport processes along the sandy coast of Boumerdes, Algeria [en ligne]. [Consulter le 05/12/2023], disponible sur le web: https://www.researchgate.net/publication/338239822_Nearshore_hydrodynamics_and_sediment_transport_processes_along_the_sandy_coast_of_Boumerdes_Algeria (accessed 7.4.24).

<https://journals.openedition.org/eps/5488?gathStatIcon=true&lang=en>/<https://doi.org/10.4000/eps.5488>/(Ghodbani. T, Semmoud. F, 2010)

STEPANIAN, A (2002). Evolution morphodynamique d'une plage macrotidale à barres: Omaha beach (Normandie). Université de Caen.

Satta et al 2017.pdf

SALLAYE, M., MEZOUAR, K., DAHMANI, A., CHERIF, Y.S., (2022). Coastal vulnerability assessment and identification of adaptation measures to climate change between Cape Matifou and Cape Djinet, Algeria. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.7493268>

BERKANI, M., MERZOUGUI, W.S. (2021). Etude et valorisation des terres perdues par la submersion marine dans la région Ouest d'Alger

SATTA, A., PUDDU, M., VENTURINI, S., GIUPPONI, C., (2017). Assessment of coastal risks to climate change related impacts at the regional scale: The case of the Mediterranean region. *Int. J. Disaster Risk Reduct.* 24, 284–296. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2017.06.018>

VAN YPERSELE, J.-P., GAINO, B., (2021). Chapitre 3. Comment le GIEC gere-t-il les incertitudes scientifiques.

<https://decoupageadministratifalgerie.blogspot.com/>

PAC (Programme d'Aménagement Côtier). MATE/PAM, (2015) "Rapport sur l'état des lieux de la zone côtière algérienne."

PNUE/PAM. (2017) "État de l'environnement marin et côtier de la Méditerranée." Technique des rapports.

Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement. "Plan National d'Actions pour l'Environnement et le Développement Durable." Algérie, 2019.

CHEIKH, O., (2013). PFE cheikh.ouiza.pdf.

Commissariat National du Littoral. "Rapports annuels sur l'état du littoral algérien." 2018-2022.

<https://www.risques-cotiers.fr/en-savoir-plus/schema-vulnerabilite-risques-cotiers/>

ONEDD. "Rapport national sur l'état et l'avenir de l'environnement." Algérie, 2020.

PNUE/PAM (2012) « État de l'environnement marin et côtier de la Méditerranée »

CAR/PAP (2019) « Cadre régional commun pour la GIZC en Méditerranée »

AEE-PNUE/PAM (2020) « Vers une mer Méditerranée plus propre »

PNUE/PAM (2016) "Stratégie méditerranéenne pour le développement durable"

Vulnerabilite de la cote d'alger.pdf

Vulnerabilité de l'evol et id cc cap.djenat_matifou.pdf

RapportFinalIRC_Sept2016_PAO.pdf

SAGEO2021_34_UneapprocheomatiquepourlvaluationdelavulnrabilitctireenutilisantlemodledeII VC1.pdf

www.dgf.org.dz. (la Direction Générale des Fôrets Algérie).

Lucille Ritschard. Représentations spatiales et Processus de Gestion Intégrées des Zones Côtières (GIZC) : application à deux territoires côtiers bretons. Géographie. Université de Bretagne occidentale - Brest, 2017. Français. ffNNT : 2017BRES0019ff. fftel-01512946v2f

ANNEXES

- **Annexe 1 : ArcGIS**

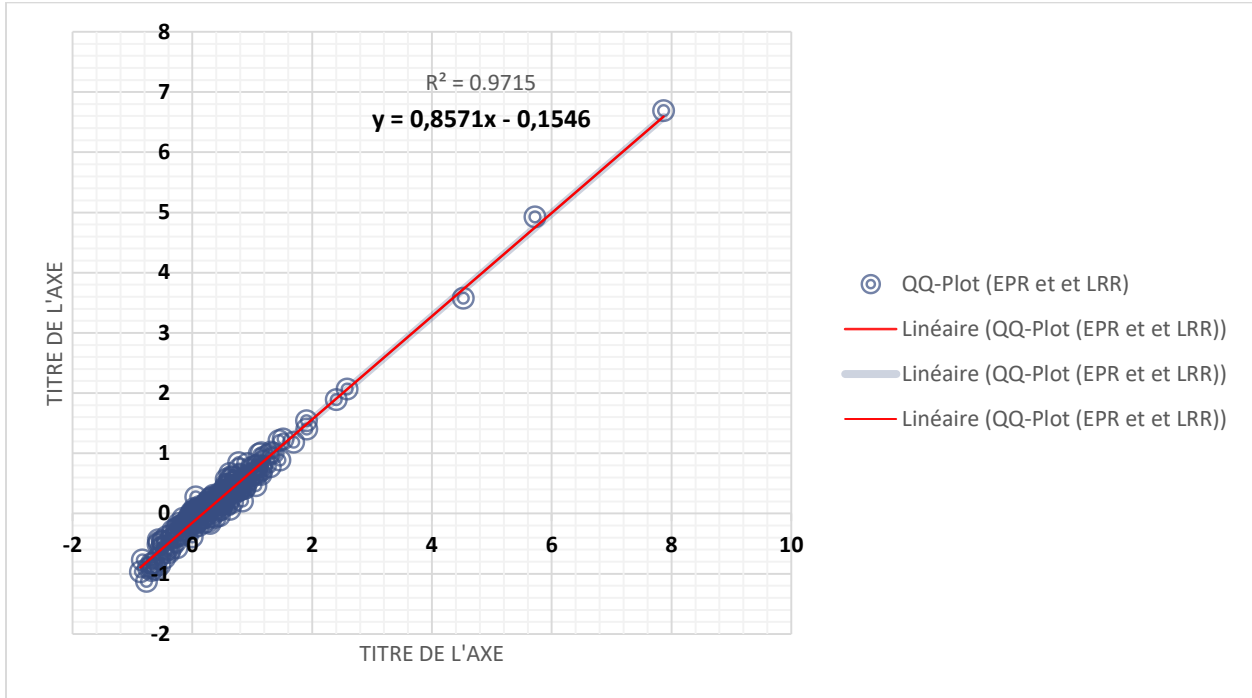
ArcGIS est un logiciel qui offre de nombreuses potentialités pour la manipulation, la gestion, l'analyse et l'édition des données spatiales. Différentes couches d'informations spatiales peuvent être manipulées offrant la possibilité d'analyser une ou plusieurs couches sous le contrôle des autres. Le seul lien entre ces différentes couches est le lien spatial, c'est-à dire, l'appartenance au même espace géographique et ayant le même système de coordonnées. Le logiciel Arc GIS 10.4.1 comprend trois applications principales : ArcCatalog, ArcMap et ArcToolbox.

- 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 que leur exploration.

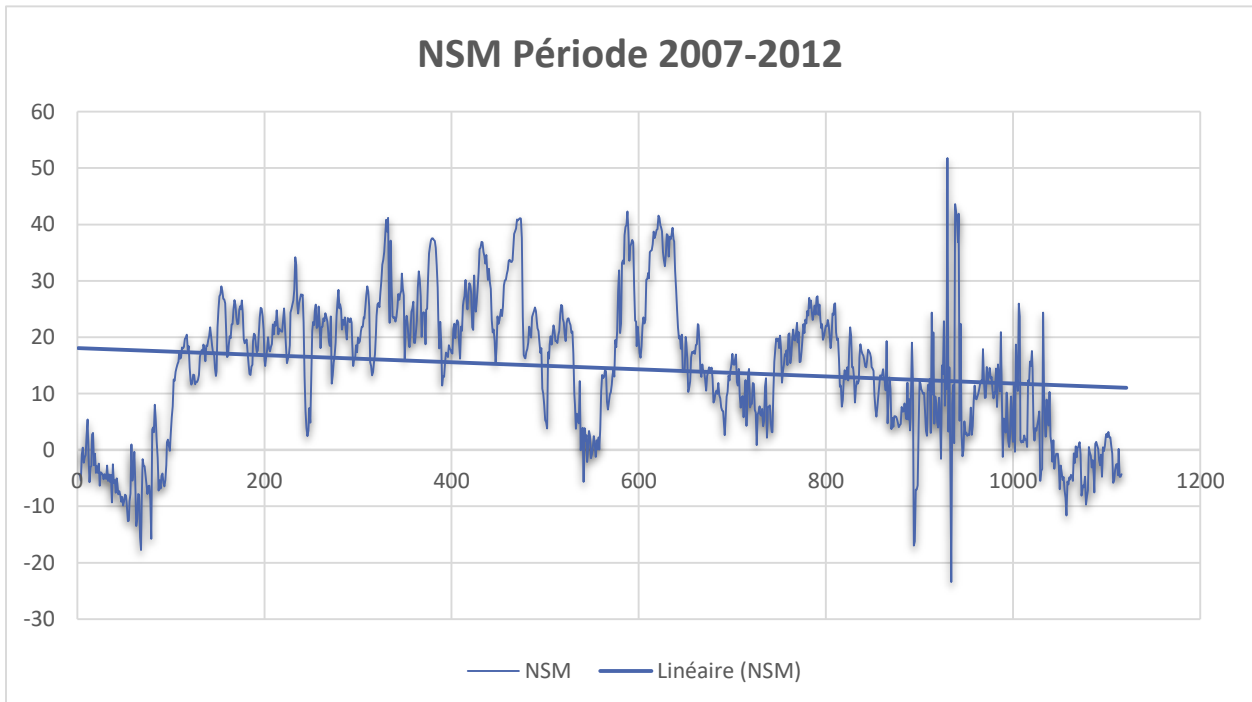
- ArcMap : Est l'application fondamentale du logiciel Arc GIS. Elle contient une boîte à outils, organisés sous forme de modules indépendants (extensions), permettant de gérer, manipuler, analyser et éditer les différentes couches d'informations de la base de données.

- ArcToolbox : Est une boîte à outils permettant d'effectuer des conversions et de transferts de format et aussi de projection (ASBAI, 2013 in NADIR M., 2016).

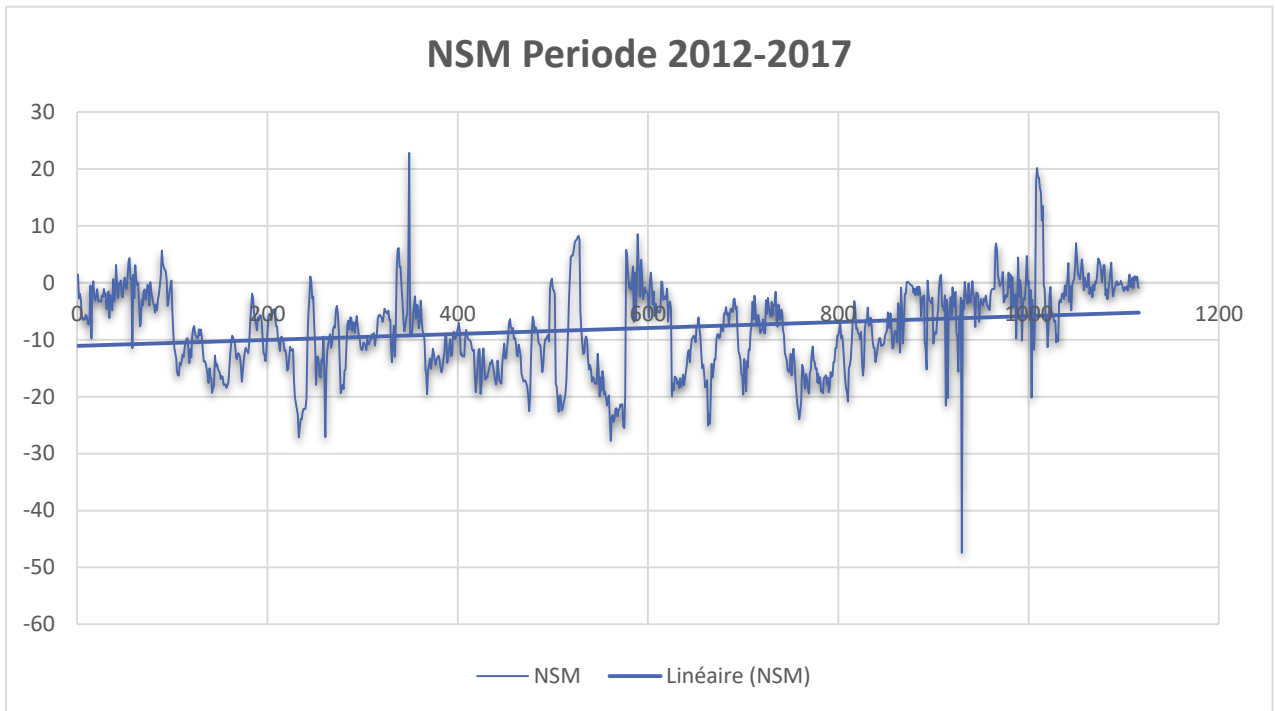
- **Annexe 2 : QQ-Plot (EPR et LRR) 2007-2022**



- **Annexe 3 : NSM 2007-2012**



- **Annexe 4 : NSM 2012-2017**



- **Annexe 5 : NSM 2017-2022**

