

العلمي والبحث العالي التعليم وزارة
Ministère de l' Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique
الساحل وتهيئة البحر لعلوم العليا الوطنية المدرسة
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 :

**Etude de la cinématique côtière du littoral Ouest de la
wilaya de Tinasa (Sidi Ghiles à Damous)**

Présenté par :

BOUTEBEL Abdelmalek

SEHIBI Ahmed

Soutenu le 18/07/2023 devant le jury :

M ^f DAHMANI A	M président (MCB).	ENSSMAL
M ^f FERNAN L.	Promoteur (MCB)	ENSSMAL
M ^{me} ABDEDDAIM. H.	Examinatrice (MCB)	ENSSMAL
M ^{me} FELAH H.	Examinatrice BMC	ENSSMAL

Année Universitaire : 2022 / 2023

Remerciement

Avant d'ouvrir ce mémoire, on tient à remercier le bon dieu le tout puissant de nous avoir donnée le privilège et la chance d'étudier et de suivre le chemin de la science et qui nous a donné le courage,

la volonté et la patience pour faire ce travail. Ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu voir le jour sans l'aide et l'encadrement de notre promoteur

Mr. FERNANE. L, on le remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.

Un énorme merci à tous les membres de jury qui ont accepté d'évaluer ce travail et de participer à cette soutenance.

Mr. DAHMANI. A, pour avoir accepté de faire partie du jury, et pour l'honneur qu'il nous a fait d'être président.

Mme. ABDEDDAIM. H. pour avoir accepté de faire partie du jury d'examineurs.

Mme FELLAH.H d'avoir accepté d'examiner le BMC.

Nos remerciements s'adressent également à tous les professeurs, les doctorants, les enseignants et les étudiants de l'ENSSMAL pour leur générosité et leur grande patience, ils ont su faire preuve de partage de connaissances malgré leurs charges académiques et professionnelles



Je dédie ce travail

A ma chère mère : tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence. La source de tendresse aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices que tu n'as cessé de me donner

A mon cher père : aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le respect que j'ai

Toujours eu pour vous rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être.

À mes chers frères

Et a toute ce qui m'a apportée de l'aide de près ou de loin et à tous ceux que j'aime et ceux qui m'aiment. Je vous dis merci.....

Ahmed



Je dédie ce travail:

*À ceux qui se sont sacrifiés pour mon bonheur et
ma réussite, qui n'ont pas cessé de m'encourager
et de prier pour moi,*

À mes parents

*Je prie le bon Dieu de les bénir, de veiller sur
eux, en espérant qu'ils seront toujours fiers de moi*

À ma chère sœur Norelhouda

À mon cher frère Mohamed Riyadh

À ma famille maternelle et paternelle

À tous mes proches et mes ami(e)s

*À tous ceux qui m'ont soutenu et aidé pour la
réalisation de ce travail*

Abdelmalek

Résumé

ملخص

تركز هذه الدراسة على تحليل الحركية الساحلية في منطقة تيبازة الغربية، الممتدة من سيدي غيلز إلى داموس. الهدف الرئيسي هو تقييم الاختلافات والتحركات للخط الساحلي في هذه المنطقة الساحلية المحددة. استخدمنا طرقاً تعتمد على تحليل صور الأقمار الصناعية باستخدام برنامج GIS ، بالإضافة إلى استخدام نظام تحليل الخط الساحلي الرقمي (DSAS)، لتقييم الحركة الساحلية. تُستخدم صور الأقمار الصناعية لتواريخ مختلفة لرصد وقياس التغيرات في خط الساحل بمرور الوقت. تظهر النتائج التي تم الحصول عليها أن غالبية الشواطئ في منطقة الدراسة تعاني من تآكل معتدل إلى مرتفع أو مرتفع جداً. يُعزى هذا التعرية بشكل أساسي إلى العوامل الطبيعية مثل مورفولوجيا الشواطئ والتأثير الهيدروديناميكي، فضلاً عن العوامل البشرية مثل استخراج الرمال وبناء السدود.

تالكلمات المفتاحية: التآكل، الحركات الساحلية، الساحل، مورفولوجيا الشاطئ، المد والجزر، الانتفاخ

Résumé

La présente étude porte sur l'analyse de la cinématique côtière de la zone ouest de Tipaza, s'étendant de Sidi Ghiles jusqu'à Damous. L'objectif principal est d'évaluer les variations et les mouvements du trait de côte dans cette région côtière spécifique. Nous avons utilisé des méthodes basées sur l'analyse d'images satellites avec logiciel SIG, ainsi que l'utilisation du Digital Shoreline Analysis System (DSAS), afin d'évaluer la cinématique côtière. Des images satellites de différentes dates sont utilisées pour observer et mesurer les changements du trait de côte au fil du temps. Les résultats obtenus montrent que la majorité des plages de la zone étudiée subissent une érosion allant de modérée à élevée, voire très élevée. Cette érosion est principalement attribuée à des facteurs naturels tels que la morphologie des plages et le forçage hydrodynamique, ainsi qu'à des facteurs anthropiques tels que l'extraction du sable et la construction de barrages.

Mots clés: Érosion, cinématique côtière, trait de côte, morphologie des plages, marée, houle.

Summary

This study focuses on the analysis of coastal kinematics in the western Tipaza area, extending from Sidi Ghiles to Damous. The main objective is to evaluate the variations and movements of the coastline line in this specific coastal region. We used methods based on satellite image analysis with GIS software, as well as the use of the Digital Shoreline Analysis System (DSAS), to evaluate coastal kinematics. Satellite images of different dates are used to observe and measure changes in the coastline line over time. The results obtained show that the majority of the beaches in the study area suffer from moderate to high or very high erosion. This erosion is mainly attributed to natural factors such as beach morphology and hydrodynamic forcing, as well as anthropogenic factors such as sand extraction and dam construction.

Keywords: Erosion, coastal kinematics, coastline, beach morphology, tide, swell.

Table des matières

Liste des figures	9
Liste des tableaux	12
Liste des Abréviations	14
Introduction	15
Chapitre I : synthèse bibliographique.....	17
1. Littoral.....	18
1.1. Définition	18
1.2. Evolution du littoral	18
2. La plage	18
2.1. Définition	18
2.2. Caractéristiques morphologiques des plages	19
3. Trait de côte	21
4. L'érosion	22
4.1. L'épuisement du stock sédimentaire côtier.....	22
4.2. Le relèvement du niveau de la mer	22
5. Réseaux hydrologiques influençant les eaux côtières	24
5.1. La Rivière.....	24
5.2. Le Fleuve	24
5.3. L'Oued	24
5.4. Bassin versant	25
6. Les facteurs hydrodynamiques.....	25
6.1. La houle	26
6.2. Courant.....	27
6.3. Marée	27
7. Le changement climatique.....	28
7.1. Les Principaux effets du climat sur l'érosion côtière.....	28
7.2. La variation du niveau de la mer.....	29
Chapitre II :	31
Description de la zone d'étude	31
1. Cadre géographique de la zone d'étude	32
2. Cadre géologie de la zone.....	33

2.1.	Contexte géologique régional	33
2.2.	Contexte géologique local.....	34
3.	Cadre géomorphologique	35
4.	Cadre hydrographique	36
5.	Cadre Climatique.....	37
5.1.	Température	37
5.2.	Précipitation	38
5.3.	Le vent	39
6.	Cadre océanographique	40
6.1.	La houle	40
6.2.	Courant.....	41
6.3.	La marée.....	42
Chapitre III :	43
Matériels et Méthodes	43
1.	Logiciels utilisées	44
1.1.	ArcGis (version 10.4.1).....	44
1.2.	Google Earth Pro.....	44
1.3.	DSAS (Digital Shoreline Analyse System)	44
2.	Les données utilisées	45
3.	Méthodologie de travail	45
3.1.	Le géoréférencement.....	45
3.2.	Digitalisation et exportation des traits de côtes sur Google Earth pro.....	47
3.3.	La conversion des fichiers ''kml'' vert des fichiers vecteurs	47
4.	L'utilisation de l'outil DSAS	48
4.1.	Création de la "géo-data-base "	48
4.2.	Les Buffer shoreline.....	49
4.3.	Les indices calculés.....	49
4.4.	Les calculs statistiques	49
Chapitre IV	51
Résultats et discussions	51
1.	Présentation des résultats	52
1.1.	Plage d'd'El Bordj	52
1.2.	Plage les presqu'iles	54

1.3.	Plage El-Kharouba	56
1.4.	Plage Larhat	58
1.5.	La plage Sidi Brahim Ouest	60
1.6.	La plage Sidi Brahim Est	62
1.7.	La plage sidi Brahim	64
1.8.	Plage Bois Sacré Ouest	66
1.9.	Plage Ibiza-Bois sacré	68
1.10.	Plage la pointe	70
1.11.	Plage Oued Sebt	72
1.12.	La Plage Messelmoun	74
1.13.	Plage central – le petit	76
1.14.	Plage el-Gasaa Sidi Ghiles	78
1.15.	Plage Sidi Ghiles	80
2.	Discussion	82
	Conclusion générale	84
	Références bibliographiques	87
	Annexes	95

Liste des figures

Chapitre .I

Figure I.1 : Répartition spatio-temporelle des facteurs climatiques, hydrodynamiques, sédimentologiques et anthropiques impliqués dans la dynamique morpho-sédimentaire des littoraux (Fenster et al, 1993, modifié par Dehouck, 2006).....	19
Figure I.2 : Morphologie de la plage en environnement macrotidal (Wright et al.1982,Lovoy, 1994).....	20
Figure I.3 : Représentation schématique de l'érosion (Sonu, 1973).....	23
Figure I.4 : Différence entre Rivière et Fleuve (M.Soumati et al, 2021).....	24
Figure I.5 : Bassin versant (M.Soumati et al, 2021).....	25
Figure I.6 : Processus hydrodynamiques dans la zone côtière (STEPANIAN, 2002).....	26
Figure I.7 : Les caractéristiques de la houle (Site : www.culture-maritime.com).....	26
Figure I.8 : Courbe de marée journalière (E.Frédéric 2006).....	27
Figure I.9 : Impact des changements climatiques sur la zone côtière (MACCLAUGHIN et al. 2001, Modifiée).....	29
Figure I.10 : Carte de la distribution géographique des vitesses de variation du niveau de la mer (1993-2006) en Méditerranée d'après Topex/Poseidon et Jason-1. (Source www.legos.obs-mip.fr).....	30

Chapitre .II

Figure II.1 : situation géographique du site d'étude.....	33
Figure II.2 : Carte géologique de la zone d'étude (extrait de la carte géologique de l'Algérie du nord).....	35
Figure II.3 : Reliefs dominants de la région d'étude (Amrani, 2014).....	36
Figure II.4 : les bassins versants importants dans la zone d'étude.....	37

Figure II.5 : Diagramme des variations mensuelles des températures de la wilaya de Tipaza (2022) (Source https://fr.weatherspark.com).....	38
Figure II.6 :Variation mesuelle des précipitations de la wilaya de tipaza (2022) (Source https://fr.weatherspark.com).....	39
Figure II.7 : Répartition annuelle des vents en % (Données Windguru ,StationTipaza).....	40
Figure II.8 : Rose des houles au large de la région de Cherchell (SSMO in LEM, 2016)....	41

Chapitre .III

Figure III.1 : Capture d'écran montre l'erreur obtenue lors du Mosaïquage.....	46
Figure III.2 : la barre d'outils utilisée dans Google Earth pro.....	47
FigureIII. 3 : l'outil de conversion dans l'ArcGIS.....	48

Chapitre .IV

Figure IV.1 : Carte de taux d'évolution du trait de côte de la plage d'El Bordj entre 2002 et 2022.....	53
Figure IV.2 : diagramme du taux d'évolution du trait de côte de plage el-bordj.....	53
Figure IV.3 : Carte de taux d'évolution du trait de côte de plage la presqu'île entre 2002 et 2022.....	55
Figure IV.4 : diagramme du taux d'évolution du trait de côte plage la presqu'île.....	55
Figure IV.5 : Carte de taux d'évolution du trait de côte de la plage kharouba entre 2002 et 2022.....	57
Figure IV.6 : diagramme du taux d'évolution du trait de côte de la plage kharouba.....	57
Figure IV.7 : Carte de taux d'évolution du trait de côte de la plage Larhat entre 2002 et 2022.....	59
Figure IV.8 : diagramme du taux d'évolution du trait de côte de plage Larhat.....	59
Figure IV.9 : Carte de taux d'évolution du trait de côte de la plage Sidi Brahim ouest entre 2002 et 2022.....	61
Figure IV.10 : diagramme du taux d'évolution du trait de côte de plage Sidi Brahim ouest..	61
Figure IV.11 : Carte de taux d'évolution du trait de côte de plage Sidi Brahim Est entre 2002 et 2022.....	63

Figure IV.12 : diagramme du taux d'évolution du trait de côte de plage Sidi Brahim Est.....	63
Figure IV.13 : Carte de taux d'évolution du trait de côte de la plage Sidi Brahim entre 2002 et 2022.....	65
Figure IV.14 : diagramme du taux d'évolution du trait de côte de plage Sidi Brahim.....	65
Figure IV.15 : Carte de taux d'évolution du trait de côte de la plage Bois Sacré Ouest entre 2002 et 2022.....	67
Figure IV.16 : diagramme du taux d'évolution du trait de côte de plage Bois Sacré Ouest...	67
Figure IV.17 : Carte de taux d'évolution du trait de côte de la plage Ibiza - Bois sacré entre 2002 et 2022.....	69
Figure IV.18 : diagramme du taux d'évolution du trait de côte de plage Ibiza - Bois sacré...	69
Figure IV.19 : Carte de taux d'évolution du trait de côte de la plage La Pointe entre 2002 et 2022.....	71
Figure IV.20 : diagramme du taux d'évolution du trait de côte de plage La Pointe.....	71
Figure IV.21 : Carte de taux d'évolution du trait de côte de la plage OuedSebt entre 2002 et 2022.....	73
Figure IV.22 : diagramme du taux d'évolution du trait de côte de plage OuedSebt.....	73
Figure IV.23 : Carte de taux d'évolution du trait de côte de plage Messelmoun entre 2002 et 2022.....	75
Figure IV.24 : diagramme du taux d'évolution du trait de côte de plage Messelmoun.....	75
Figure IV.25 : Carte de taux d'évolution du trait de côte de la plage central le petit entre 2002 et 2022.....	77
Figure IV.26 : diagramme du taux d'évolution du trait de côte de plage central le petit.....	77
Figure IV.27 : Carte de taux d'évolution du trait de côte de plage El Gasaa Sidi Ghiles entre 2002 et 2022.....	79
Figure IV.28 : diagramme du taux d'évolution du trait de côte de plage El Gasaa Sidi Ghiles.....	79
Figure IV.29 : Carte de taux d'évolution du trait de côte de la plage Sidi Ghiles entre 2002 et 2022.....	81
Figure IV.30 : diagramme du taux d'évolution du trait de côte de plage Sidi Ghiles.....	81
Figure IV.31 : diagramme de l'indice LRR des plages de la zone d'étude.....	82

Liste des tableaux

Tableau III.1 : Les photos aériennes des années 1960, 1972 et 1980.....	45
Tableau IV.1 : Synthèse statistique sur la cinématique du trait de côte de plage d'El Bordj...	53
Tableau IV.2 : Synthèse statistique sur la cinématique du trait de côte de plage la presqu'île.....	55
Tableau IV.3 : Synthèse statistique sur la cinématique du trait de côte de plage El Kharouba.....	57
Tableau IV.4 : Synthèse statistique sur la cinématique du trait de côte de plage Larhat.....	59
Tableau IV.5 : Synthèse statistique sur la cinématique du trait de côte de plage Sidi Brahim- Ouest.....	61
Tableau IV.6 : Synthèse statistique sur la cinématique du trait de côte de plage Sidi Brahim- Est.....	63
Tableau IV.7 : Synthèse statistique sur la cinématique du trait de côte de plage Sidi Brahim.....	65
Tableau IV.8 : Synthèse statistique sur la cinématique du trait de côte de plage Bois Sacré Ouest.....	67
Tableau IV.9 : Synthèse statistique sur la cinématique du trait de côte de plage Ibiza-Bois Sacré.....	69
Tableau IV.10 : Synthèse statistique sur la cinématique du trait de côte de plage La Pointe.....	71
Tableau IV.11 : Synthèse statistique sur la cinématique du trait de côte de plage Oued Sebt.....	73
Tableau IV.12 : Synthèse statistique sur la cinématique du trait de côte de plage Messelmoun.....	75

Tableau IV.13 : Synthèse statistique sur la cinématique du trait de côte de la plage central le petit.....	77
Tableau IV.14 : Synthèse statistique sur la cinématique du trait de côte de plage El Gasaa Sidi-Ghiles.....	79
Tableau IV.15 : Synthèse statistique sur la cinématique du trait de côtede plage Sidi-Ghiles.....	81
Tableau IV.16 : Résumé des résultats des plages étudiées.....	82

Liste des Abréviations

DSAS: Digital Shoreline Analysis System

EPR: End Point Rate

GIEC : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

LEM : Bureau d'études en ingénierie maritime

LRR: Low Regression Rate-of-change

NSM: Net Shoreline Movement

SIG : système d'information géographique

SSMO: Summary of synoptic meteorological observation

Introduction

Introduction

Le littoral est un espace complexe et fragile, situé entre le niveau des plus basses mers et celui des plus hautes mers. Il constitue une interface dynamique entre la terre, la mer et l'atmosphère, et est soumis à de multiples interactions et pressions (**Paskoff, 1956**). À la fois géographiquement délimité par les communes riveraines et le plateau continental côtier, le littoral revêt une importance cruciale tant sur le plan environnemental que socio-économique.

L'un des défis majeurs auxquels le littoral est confronté est l'érosion côtière, un phénomène naturel caractérisé par le recul du trait de côte. Cette érosion a des conséquences significatives sur les écosystèmes côtiers, les communautés humaines et les infrastructures côtières. Les facteurs contribuant à l'érosion côtière incluent l'élévation du niveau de la mer, les tempêtes, les courants marins, les marées et les activités humaines.

La préoccupation croissante concernant l'érosion côtière met en évidence la vulnérabilité et la fragilité des zones côtières. Les plages et les dunes, en particulier, jouent un rôle crucial en tant que barrières naturelles contre les tempêtes et les vagues, mais elles subissent également des pertes de sédiments, compromettant ainsi leur capacité de protection.

Cette étude vise à contribuer à la gestion intégrée de la zone côtière en acquérant la cinématique côtière compréhension approfondie des causes et des conséquences de l'évolution du trait de côte, ainsi que des modalités de ce phénomène. Pour cela, différents chapitres sont consacrés à la revue de la littérature existante, à la description détaillée de la zone d'étude et à la méthodologie utilisée pour collecter et traiter les données. Le dernier chapitre présente les résultats obtenus à partir de cette étude, qui sont ensuite discutés en détail.

Enfin, la conclusion générale synthétise les principaux résultats obtenus et les replaçant dans un contexte plus général. Elle présente également les recommandations et les perspectives pour de futures recherches.

Chapitre I : synthèse bibliographique

1. Littoral

1.1. Définition

Le littoral est généralement défini comme une zone de contact entre la mer et la terre, il est l'un des milieux naturels les plus complexes de la terre (**Paskoff 1994**), qui constitue aujourd'hui un espace de plus en plus sollicité, ce qui accentue sa fragilité (**Becet, 2002**).

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), (**L'EID Méditerranée et le SMNLR, 2005**).

Il est communément admis que le "littoral" désigne la zone d'interface qui relie la terre à la mer. Il n'existe cependant pas de définition unique de ce territoire, ni de délimitation géographique précise. L'interprétation des termes de "zone littorale" dépend pour beaucoup du domaine concerné: géographique, juridique, biologique, économique, etc. (**Dauvin et al., 2001**)

1.2. Evolution du littoral

Aujourd'hui les littoraux deviennent de plus en plus attractifs vu l'évolution moderne des activités socio-économiques. Ils offrent pour les populations un cadre de vie apprécié et considéré comme supérieur. En conséquence, une véritable explosion démographique s'est produite sur les régions littorales au cours de la seconde moitié du XXème siècle. Aujourd'hui la densité de population y est la plus forte (180 hbts/km²), et déjà près de 1/6 de la population mondiale y vit (**l'atlas de l'environnement, 2007**). Cette explosion urbanistique est aussi à relier au développement d'activités économiques nouvelles basées dans le domaine des services et des loisirs, comme par exemple le secteur du tourisme (**Gervais, 2012**).

2. La plage

2.1. Définition

Les plages sont des lieux d'accumulation de sables, plus rarement de galets, situés le long du rivage. Le déferlement des vagues génèrent des courants locaux qui produisent le déplacement des sables et leur accumulation en une barre de déferlement, quelquefois plusieurs, parallèle au rivage (**Beauchamp, 2005**).

Les plages sont des zones littorales d'accumulation de sédiments détritiques, des sables fins aux galets, mobilisés sur la plate-forme par la dernière **transgression** (**Guilcher, 1954; Paskoff, 1994**).elles ont pour rôle de protéger la zone littorale de l'impact des tempêtes, par dissipation de l'énergie des houles.

Une plage correspond au domaine intertidal, c'est-à-dire au domaine de balancement des marées. Pour comprendre la dynamique des zones littorales que sont les plages et plus particulièrement les plages sableuses, il est nécessaire de considérer les transferts sédimentaires entre la plage et la zone subtidale ainsi que le long de la côte. Le littoral et les plages sont des systèmes qui évoluent à différentes échelles de temps et d'espace en fonction des agents de forçage comme la houle, les marées et les courants associés (Lemos et al., 2018).

La plage est généralement délimitée par des dunes ou une falaise dans sa partie émergée. La profondeur de fermeture du système est considérée comme la limite en mer des plages, elle est définie comme la profondeur limite d'action de la houle, profondeur qui correspond à une demi-longueur d'onde de la houle (Suanez, 2009)

2.2. Caractéristiques morphologiques des plages

Qu'elle soit flagrante ou peu perceptible, l'évolution du domaine marin et côtier est permanente et se caractérise par une large gamme d'échelles spatio-temporelles (Figure I.1).

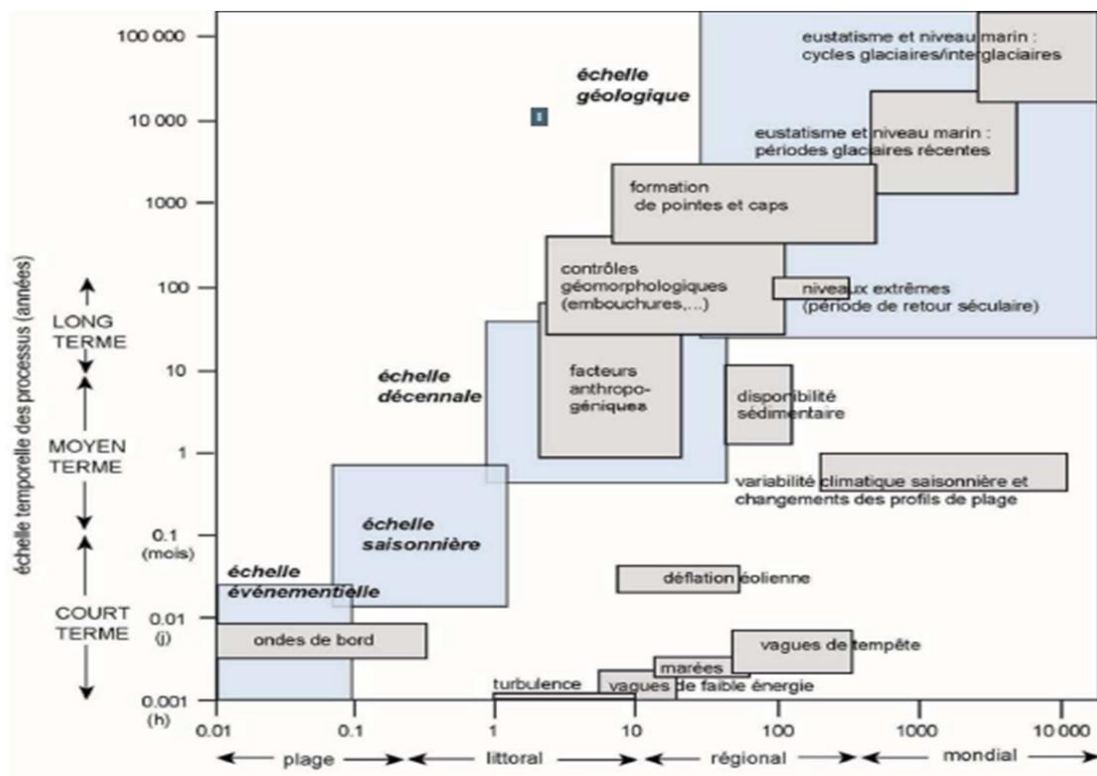


Figure I.1: Répartition spatio-temporelle des facteurs climatiques, hydrodynamiques, sédimentologiques et anthropiques impliqués dans la dynamique morpho-sédimentaire des littoraux (Fenster et al. 1993, modifié par Dehouck, 2006).

La plage et la côte adjacente sont la partie la plus dynamique de la surface terrestre. Ils représentent une zone étroite où les vagues, les marées et les vents interagissent continuellement, produisant, partout où les sédiments sont disponibles, des centaines de milliers de kilomètres de systèmes de plage. Les plages sont également au centre de la pression intense exercée par les utilisateurs et les développeurs, et pour ces raisons, la connaissance des systèmes de plage et de leur morphodynamique est essentielle à leur gestion durable (**Short, 1999**).

Le profil de plage présente généralement une forme concave depuis la dune vers le large. Il peut présenter des morphologies comme des barres sableuses sur l'ensemble du profil, ainsi que des croissants de plage, formes plus rares et éphémères au niveau de la berme en haut de plage. Dans les environnements tidaux, la zone littorale est compartimentée en plusieurs zones morphologiquement distinctes en fonction des niveaux de marée :

- ✓ Le domaine subtidal (subtidal zone) est le domaine situé au-dessous du niveau des basses mers. Il est perpétuellement immergé et soumis à l'action des vagues, des courants de marée et des courants généraux. Il est constitué de la plate-forme interne (offshore) et de l'avant-côte (shoreface) proche de la zone intertidale.
- ✓ Le domaine intertidal (intertidal zone, foreshore) est situé dans la zone de battement des marées. La largeur de la zone est directement fonction de l'amplitude du marnage et de la pente de la plage. Cette zone est très dynamique en raison du balayage de l'estran par la marée. Dans les environnements macrotidaux, la plage intertidale est également divisée en trois unités morfo sédimentaires définies par les niveaux marégraphiques (figure I.2) (**Wright et al., 1982; Jago et Hardisty, 1984; Horn, 1993; Lovey, 1994**):
 - La basse plage (lowforeshore, low tidal zone) entre le niveau moyen des basses mers de vive-eau (BMVE) et le niveau moyen des basses mers de morte-eau (BMME);
 - La moyenne plage entre le niveau moyen des basses mers de morte-eau (BMME) et le niveau moyen des pleines mers de morte-eau (PEMME);
 - La haute plage entre le niveau moyen des pleines mers de morte-eau (PMME) et le niveau moyen des pleines mers de vive-eau (PMVE)

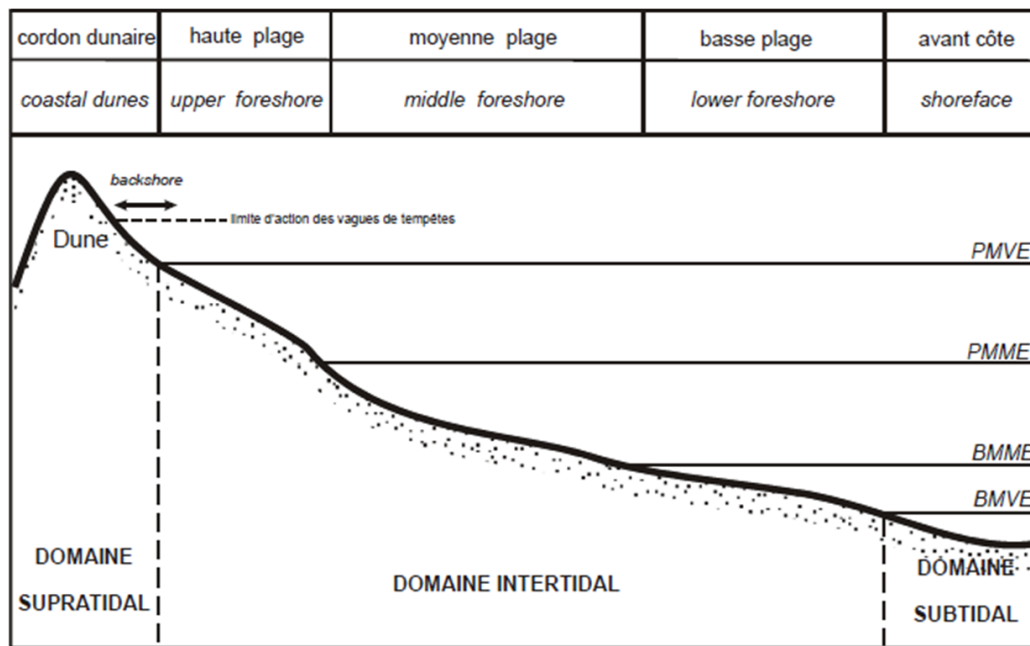


Figure I.2 : Morphologie de la plage en environnement macrotidal
(Wright et al., 1982, Lovoy, 1994).

3. Trait de côte

Le « trait de côte » correspond à un espace du littoral dont l'interface terre-mer influe sur son évolution. Il évolue naturellement et continuellement en fonction de sa nature intrinsèque (type de côte, disposition et résistance des roches, topographie de l'arrière-pays...) et sous l'effet de facteurs atmosphériques (vents, dépressions, précipitations, etc.) et hydrodynamiques (niveau marin, vagues, courants associés, débits des fleuves) (I.Mouhoubi et al., 2012).

Le trait de côte est la limite géographique entre le domaine marin et le domaine continental (Djeoudi et Hantal, 2018).

Le trait de côte est par définition la ligne d'intersection de la surface topographique avec le niveau des plus hautes mers astronomiques (Shom, 2011).

Le trait de côte est la ligne qui marque la limite jusqu'à laquelle peuvent parvenir les eaux marines. Le trait de côte proprement dit est la limite la plus extrême que puissent atteindre les eaux marines, c'est-à-dire l'extrémité du jet de rive lors des fortes tempêtes survenant aux plus hautes mers de vives eaux. Elle est définie par le bord de l'eau calme lors des plus hautes mers possibles. Le trait de côte n'est pas constamment visible sur le terrain par une discontinuité dans la topographie ou dans la couverture végétale. (Pinot, 1998).

4. L'érosion

L'érosion est définie comme étant l'ensemble des phénomènes externes qui modifient le relief par soustraction de matériaux (**Foucault et Raoult, 1995**). On distingue, de manière générale, deux types d'érosion qui, dans la plupart des cas, se combinent, sont couplés ou se présentent en alternance selon différents cycles : 1) l'altération chimique telle l'hydrolyse et 2) l'érosion mécanique (percussion/abrasion par les vagues).

À la surface du globe, on estime que l'altération chimique contribue à l'enlèvement de 6.5 mm/1000 ans, alors que l'érosion mécanique contribue à l'enlèvement de 6.5 cm/1000 ans, soit 10 fois plus. Toutefois, il s'agit d'une moyenne car la variabilité dans l'intensité de ces phénomènes est grande à l'échelle planétaire (**Foucault et Raoult, 1995**). L'équilibre entre le dépôt de sédiments et leur redistribution par les courants côtiers détermine la stabilité d'une plage, tandis que le déséquilibre en faveur de l'un de ces deux facteurs entraîne respectivement l'engraissement ou l'érosion d'un littoral. Environ 20 % des côtes de la planète sont constituées par des plages dont près de 70 % traversent une phase d'érosion, 20 % sont stables et 10 % manifestent des signes d'engraissement (**Agnelli et Metelliano, 2002**).

L'érosion des littoraux est un phénomène général dans le monde (**Paskoff, 1985**). Elle se matérialise par des écroulements de falaises et par le démaigrissement des plages (Figure 17),

Les causes de l'érosion sont variées et les principales sont

4.1. L'épuisement du stock sédimentaire côtier

L'apport en sables ou en galets vers le littoral a considérablement diminué au cours de ce siècle du fait :

- Des travaux d'équipement (barrages) sur les fleuves qui constituent des pièges à sédiments.
- Du changement climatique (sécheresse) diminuant la charge solide des rivières.
- De l'extraction clandestine de sables pour les besoins de la construction.

4.2. Le relèvement du niveau de la mer

Il est essentiellement lié au réchauffement du climat sous l'effet de serre, qui provoque une fonte partielle des glaciers et l'expansion thermique de la tranche d'eau superficielle des océans et des mers.

4.3. L'action anthropique

Elle peut accélérer les phénomènes d'érosion par la construction d'ouvrages (ports, barrages,.....) ou par des aménagements de front de mer (routes littorales, parkings, promenades, postes, de secours,....) qui empiètent sur le milieu côtier naturel et le modifient,

L'érosion n'est pas toujours homogène le long d'une plage (**Benavente et al., 2002**).

Le choix de la représentativité spatiale et temporelle d'une zone d'étude, qui doit être suffisamment étendue, est un critère très important pour rendre compte de l'érosion (**Forbes, 2004 ; Garcia et al., 2005**). Le déplacement latéral des sinuosités de plage, des ondulations de dizaines-centaines de mètres liées aux barres en festons (**Sonu, 1973**), affectent par exemple fortement la largeur de la plage au cours du temps (**Browder et Reilly, 2008 ; Aagaard et al., 2005 ; van Gaalen et al., 2011**). Dans les baies, on observe souvent des rotations du trait de côte qui dépendent de changement de direction de la houle au large, et du transport longitudinal induit (**Alegria-Arzaburu et Masselink, 2010**).

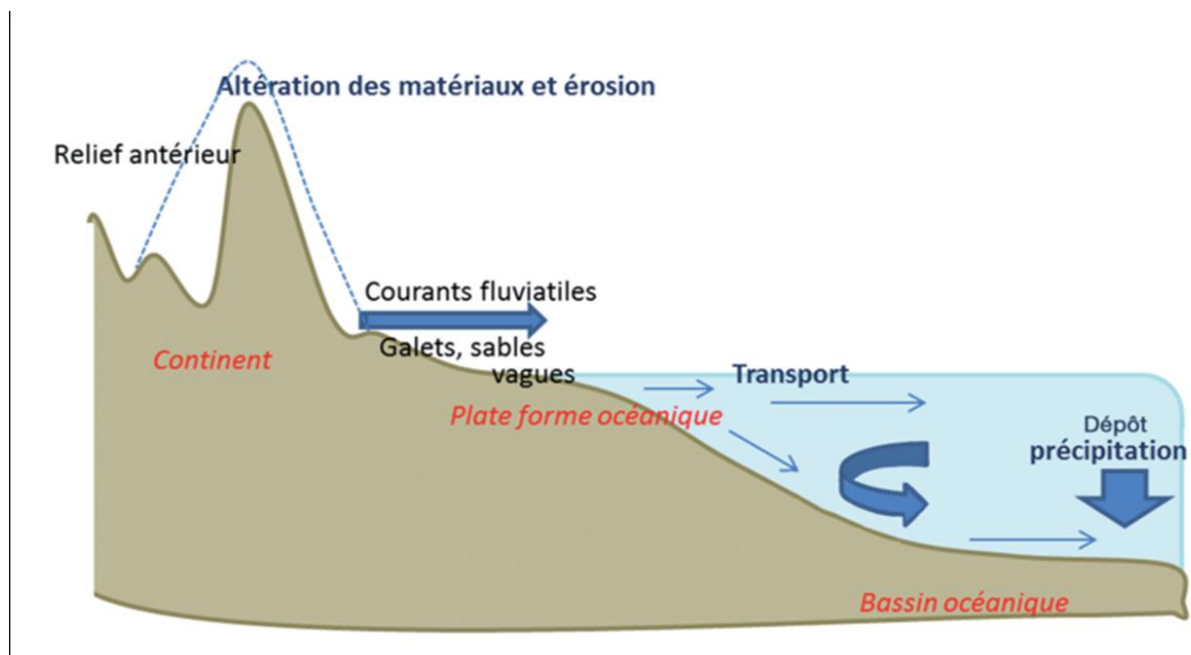


Figure I.3 : Représentation schématique de l'érosion (**Sonu, 1973**).

5. Réseaux hydrologiques influençant les eaux côtières

5.1. La Rivière

Une rivière est un cours d'eau qui se forme dans une source, coule dans un lit et se jette dans un autre cours d'eau. Elle est donc appelée affluent. La rivière peut se jeter dans une autre rivière dans un lac, ou dans un fleuve. On ne verra jamais une rivière se jeter dans la mer sinon, il s'agirait d'un fleuve (Foti et al, 2019).

L'endroit de la rencontre entre une rivière et un cours d'eau s'appelle un confluent. En règle générale, ce type de cours d'eau est de faible importance et s'écoule souvent de manière souterraine. Si le débit est extrêmement faible, on parlera plutôt de ruisseau issu d'une rivière.

5.2. Le Fleuve

Un fleuve est un cours d'eau qui se déverse dans un océan, dans une mer ou une mer intérieure. L'endroit où il s'y jette est appelé l'embouchure, et elle peut être en forme d'estuaire ou de delta. En règle générale, son débit ainsi que sa taille sont importants (Michaud, 2010). Certains fleuves peuvent avoir une source proche de la mer, on parle alors de fleuves côtiers.

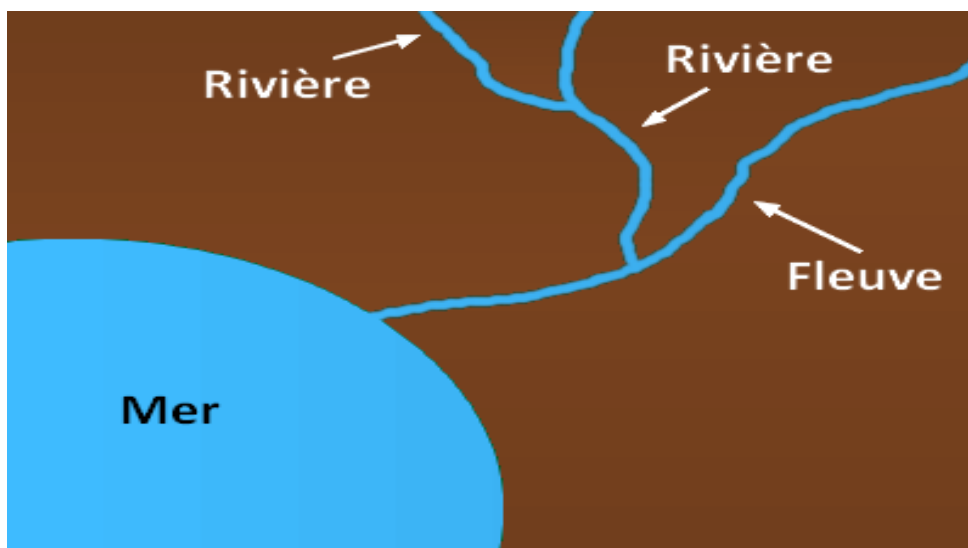


Figure I.4 : Différence entre Rivière et Fleuve (M.Soumati et al., 2021)

5.3. L'Oued

L'Oued est un terme générique désignant un fleuve d'Afrique du Nord ou du Moyen-Orient et des régions semi-désertiques à régime hydrologique très irrégulier. Surtout présent dans les régions endoréiques, il s'anime lors des rares et fortes précipitations. Le plus souvent à sec, il peut connaître des crues spectaculaires, charriant d'énormes quantités de boue, qui provoquent parfois des changements de lit (Lefrançois, 2007).

C'est pourquoi on dit d'un Oued qu'il roule plus qu'il ne s'écoule. C'est un cours d'eau temporaire dans les régions arides ou semi-arides. Son écoulement dépend des précipitations et il peut rester à sec pendant de très longues périodes. (M.Soumati et al., 2021)

5.4. Bassin versant

Le bassin versant est un territoire géographique bien défini : il correspond à l'ensemble de la surface recevant les eaux qui circulent naturellement vers un même cours d'eau ou vers une même nappe d'eau souterraine. Le bassin versant est constitué d'une rivière principale, qui prend sa source le plus souvent sur les hauteurs en amont, au niveau de ce qu'on appelle la « tête de bassin ». Cette rivière s'écoule dans le fond de la vallée pour rejoindre la mer ou se jete dans un fleuve, en aval, à l'exutoire du bassin versant (Lefrancois, 2007).



Figure I.5 : Bassin versant (M.Soumati et al., 2021)

6. Les facteurs hydrodynamiques

La zone littorale est une zone complexe où se produisent de nombreuses interactions entre les agents dynamiques responsables des circulations hydrodynamiques. La Figure 5 présente une vision schématique de la nature et de la répartition des divers processus hydrodynamiques dans la zone côtière (Stepanian, 2002).

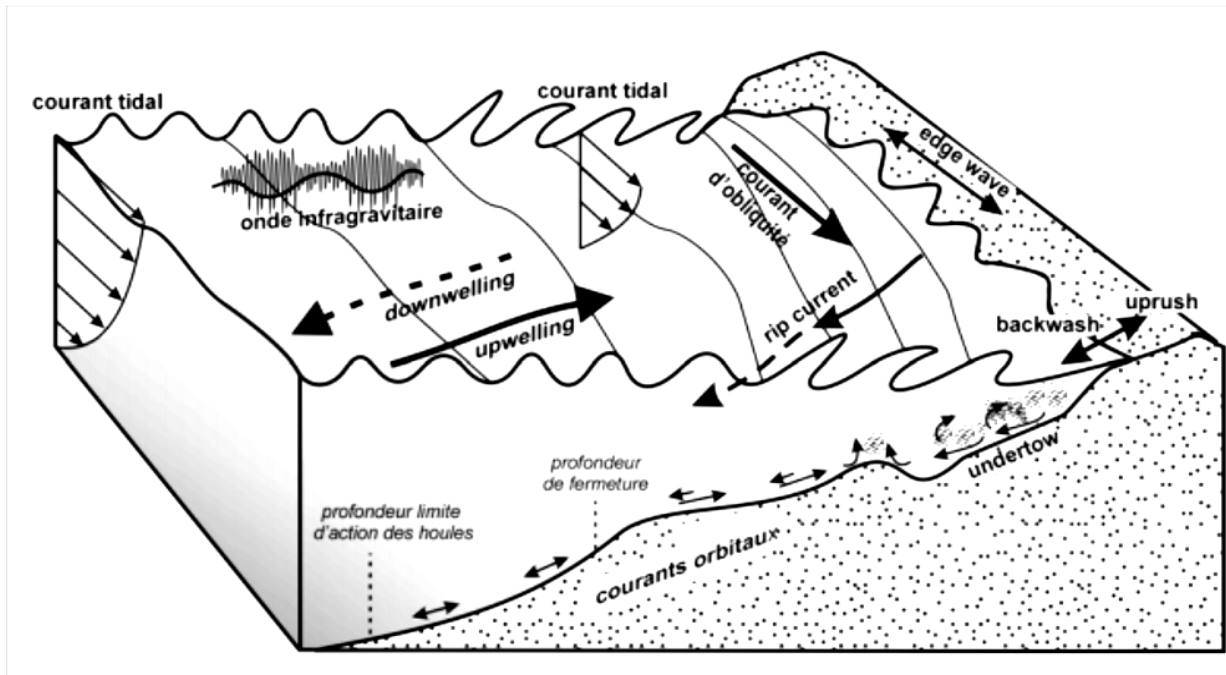


Figure I.6 : Processus hydrodynamiques dans la zone côtière (Stepanian, 2002).

6.1. La houle

La houle est définie comme une oscillation de la partie superficielle du plan d'eau et dépend du régime des vents. La houle est le facteur le plus important dans la dynamique sédimentaire des petits fonds, la direction de propagation de la houle est liée à celle du vent, tant que la profondeur est supérieure à la demi-longueur d'onde de la houle (Bonnefille, 1980),

La connaissance des caractéristiques de la houle au large (direction, amplitude, période, énergie...) permet de mieux analyser les constatations faites quant à l'évolution morphologique du littoral, mais aussi à mieux estimer le transit sédimentaire.

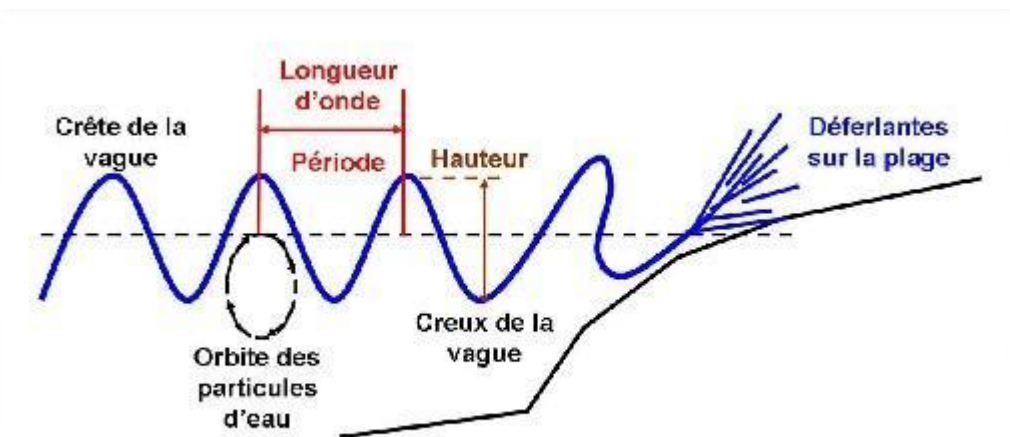


Figure I.7 : Les caractéristiques de la houle (Site : www.culture-maritime.com)

6.2. Courant

Lorsque la houle arrive à la côte avec une incidence oblique, celle-ci donne naissance à un courant de dérive littorale. La vitesse de ce courant est maximale pour un angle d'incidence de 45° à 50°. La dérive littorale prend naissance au niveau de la zone de déferlement où l'énergie est maximale (Millot, 1987). Les courants sont responsables de l'état dynamique de sédiment, (érosion, transport et sédimentation).

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).

6.3. Marée

Le phénomène de marée est dû aux forces gravitationnelles exercées par la Lune et le Soleil sur l'océan. Ces forces déforment la surface des océans pour créer deux bourrelets. La figure suivante permet de comprendre l'existence non pas d'un seul mais de deux bourrelets.

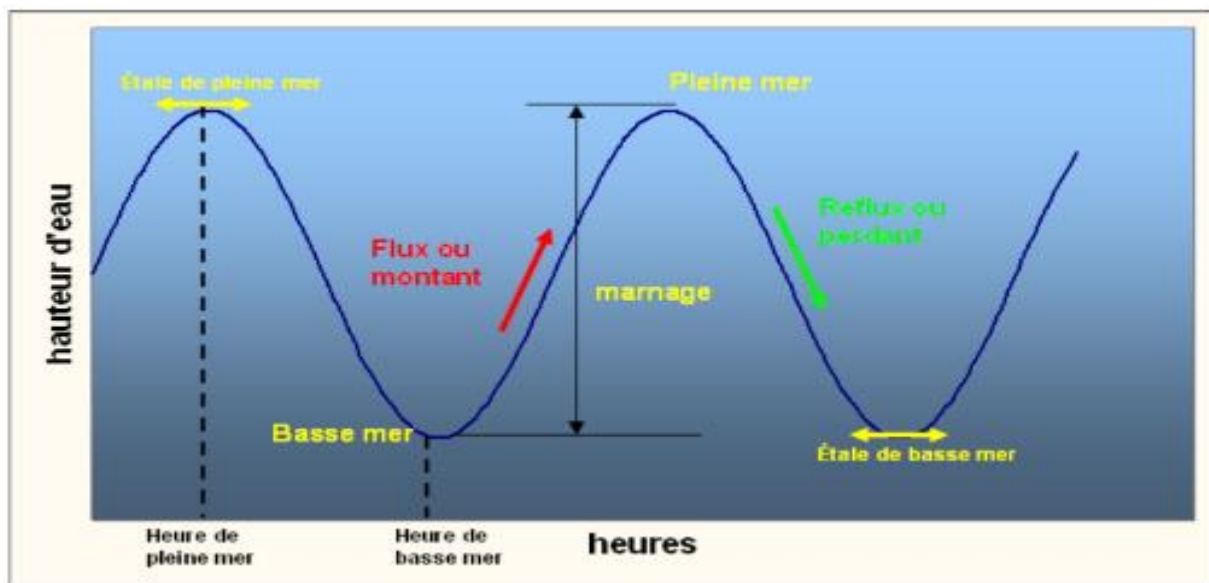


Figure I.8 : Courbe de marée journalière (E.Frédéric 2006).

7. Le changement climatique

Le changement climatique correspond à un changement du «temps moyen» observé dans une région donnée. Le temps moyen comprend à tous les éléments associés au temps, à savoir la température, les caractéristiques des vents et des précipitations. Le terme de changement climatique, tel qu'utilisé par le GIEC (Groupe Intergouvernemental d'Evaluation du climat), désigne tout changement du climat dans le temps, qu'il soit dû à la variabilité naturelle ou provoqué par les activités humaines.

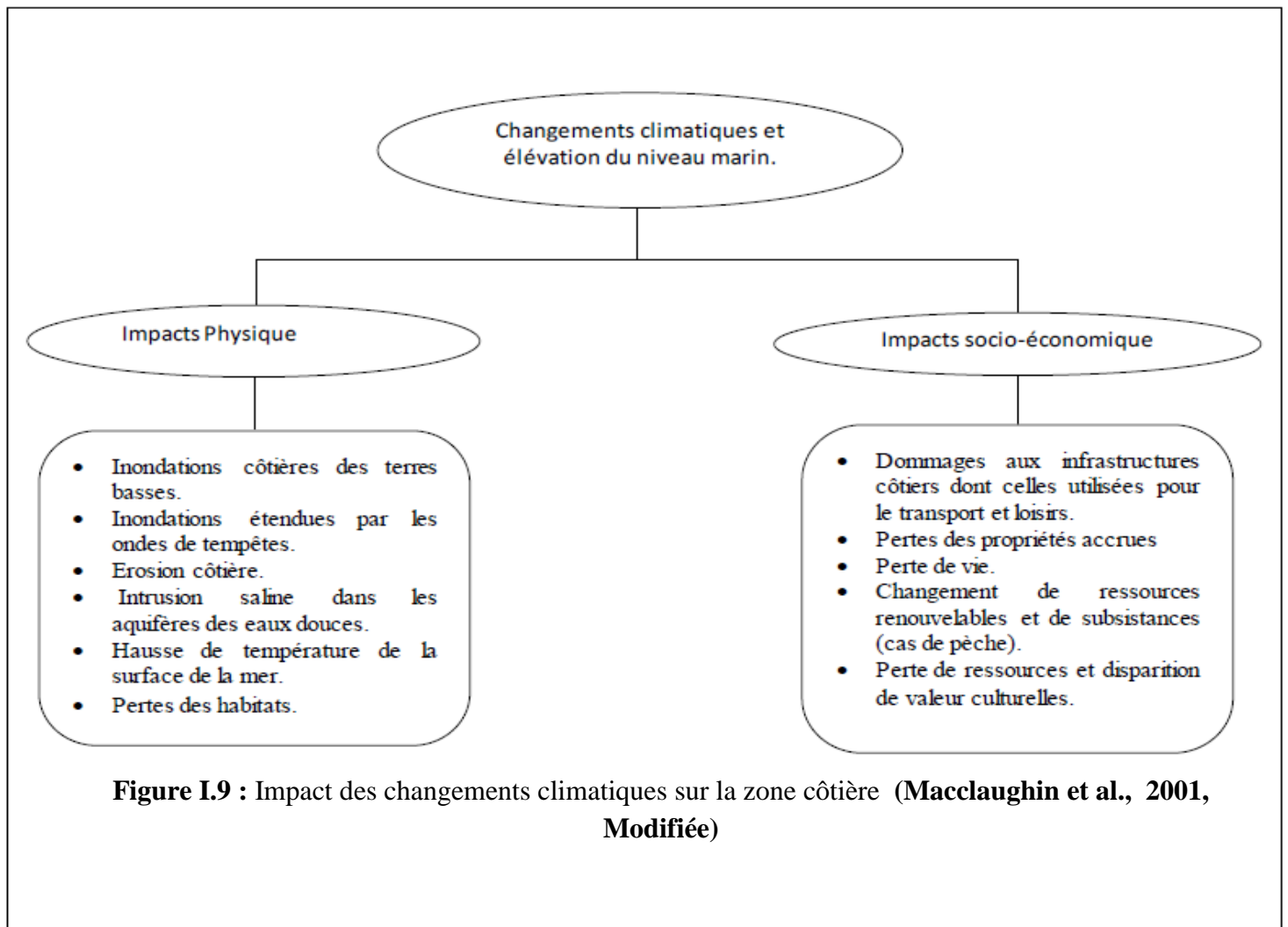
De nombreuses études (**Folland et al., 1990**) démontrent que le climat mondial s'est réchauffé au cours des 150 dernières années. La hausse de température n'a pas été constante ; des cycles de réchauffement et de refroidissement se sont succédé à des intervalles de plusieurs décennies. Néanmoins, la tendance à long terme est au réchauffement planétaire (**Giec, 2001, 2007**).

7.1. Les Principaux effets du climat sur l'érosion côtière

L'élévation du niveau de la mer, l'intensification des ondes de tempête et des précipitations exceptionnelles accentueront sans doute les épisodes de forte érosion côtière, avec des effets socio-économiques importants.

La modification de la pluviométrie pourrait entraîner une réduction globale des précipitations en Afrique de l'Ouest, diminuant le débit des rivières et des fleuves de la région et entraînant une diminution des dépôts de sédiments, qui sera responsable d'une érosion plus importante.

L'effet combiné de températures plus élevées, de l'augmentation de la salinité des estuaires et des nappes phréatiques côtières, et de la modification des dynamiques fluviales en raison des changements de pluviométrie, pourrait continuer à accentuer la destruction des écosystèmes et des ressources naturelles situés le long du littoral. (**Uemoa , 2010**) , Les impacts de l'élévation du niveau de la mer sont résumés sur la figure I.9:



7.2. La variation du niveau de la mer

La hausse du niveau marin en 2100 sera plus importante de 10 cm si le réchauffement global atteint 2,0°C au lieu de 1,5°C. Elle entraînera alors le déplacement de plus de 10,4 millions de personnes supplémentaires. Au-delà de +1,5°C, il existe un fort risque d'instabilité des calottes glaciaires, qui pourrait entraîner une augmentation de plusieurs mètres du niveau marin sur plusieurs siècles, voire plusieurs millénaires. **(Rapport du GIEC, 2019).**

Pour la région de la Méditerranée occidentale, l'altimétrie satellitaire Topex/Poseidon et Jasona enregistré une élévation du niveau de la mer Méditerranée de l'ordre de 2,5 mm/an entre 1993 et 2006 (Figure I.10). 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).**

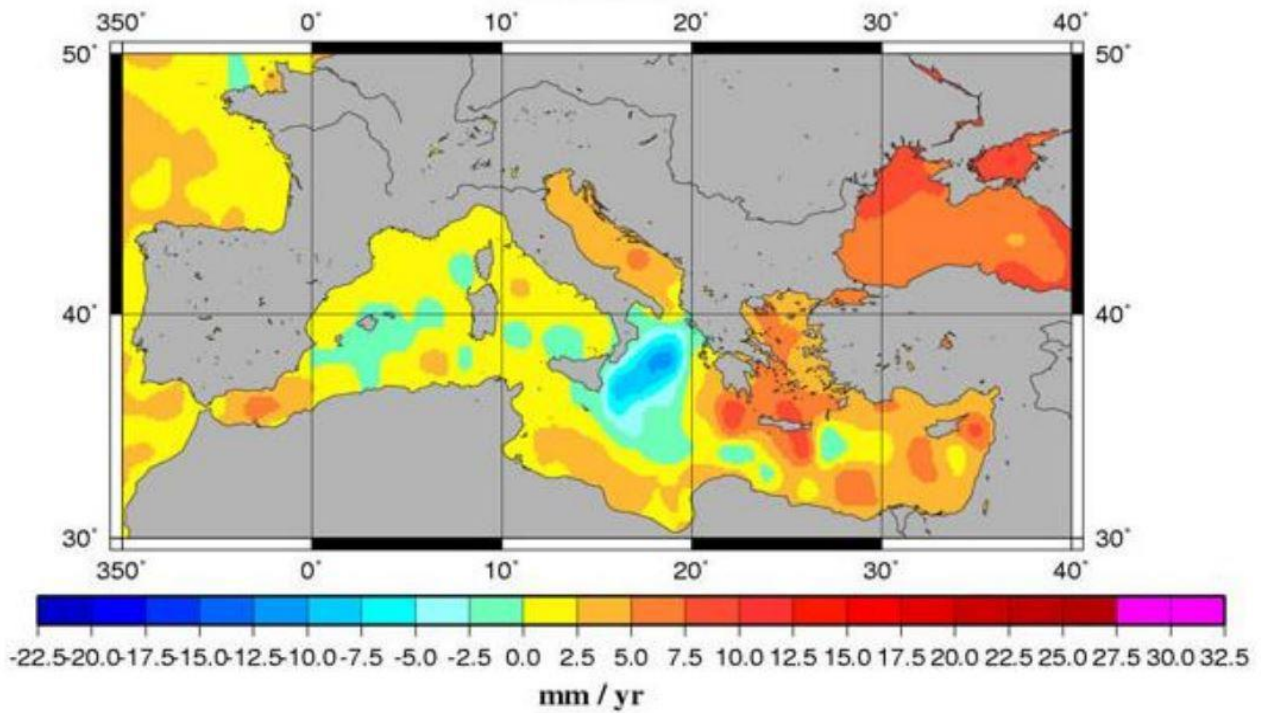


Figure I.10 : Carte de la distribution géographique des vitesses de variation du niveau de la mer (1993-2006) en Méditerranée (Source www.legos.obs-mip.fr)

Chapitre II :

Description de la zone d'étude

1. Cadre géographique de la zone d'étude

Le cadre géographique décrit trois communes situées à l'ouest de la wilaya de Tipaza : Sidi-Ghiles, Gouraya et Damous(Figure II.1).

a) Commune de Sidi-Ghiles

- Superficie : 3715 hectares
- Situation géographique : Elle se trouve à environ 130 km à l'ouest d'Alger, à 7,5 km de Cherchell et à 30 km de Tipaza.
- Limites :
 - Au nord : la mer Méditerranée.
 - Au sud : la commune de Sidi Slimane.
 - À l'est : la commune de Cherchell.
 - À l'ouest : la Dayra de Gouraya.
- Coordonnées géographiques :
 - Latitude : entre 36° 35'12.44"N et 36°35'5.22"N
 - Longitude : entre 2° 07'39.36"E et 2° 06'47.52"E

b) Commune de Gouraya

- Superficie : 91 km²
- Situation géographique : Elle se trouve à l'ouest de la wilaya de Tipaza.
- Limites :
 - Au nord : la mer Méditerranée.
 - Au sud : la commune de Messelmoun.
 - À l'est : la commune de Messelmoun.
 - À l'ouest : les communes de Larhat et Aghbal.
- Coordonnées géographiques :
 - Latitude : 36° 34' 03"N
 - Longitude : 1° 54' 18"E

c) Commune de Damous

- Superficie : 7458 hectares
- Situation géographique : Elle se trouve à la périphérie ouest de la wilaya de Tipaza, marquant la limite entre les wilayas de Tipaza, Chlef et Ain Defla.
- Limites
 - Au nord : la mer Méditerranée.
 - Au sud : les communes de Beni Mileuk et Tachtazougarr.
 - À l'est : la commune de Larhat.

- À l'ouest : les communes de Beni Haoua (wilaya de Chlef) et Breira (wilaya de Chlef).
- Coordonnées géographiques :
 - Latitude : 36° 34' 03"N
 - Longitude : 1° 54' 18"E

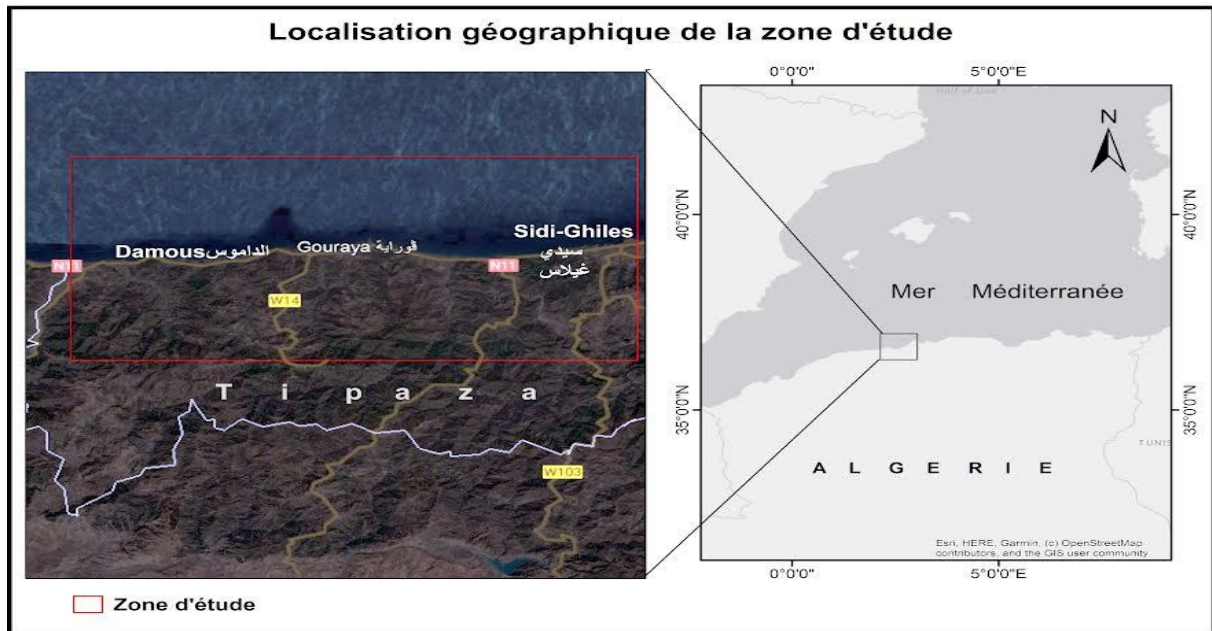


Figure II.1: Situation géographique du site d'étude

2. Cadre géologie de la zone

2.1. Contexte géologique régional

La chaîne alpine de l'Afrique du Nord ou chaîne des Maghrébides fait partie de l'orogénèse alpine périméditerranéenne (**Durand-Delga, 1969**) d'âge tertiaire qui s'étend de l'Ouest à l'Est sur 2000 Km depuis l'Espagne du Sud, à l'arc calabro-sicilien.

Dans ce domaine en forme d'anneau très aplati, on distingue classiquement les zones internes, située à l'intérieure de l'anneau et représentées aujourd'hui par différents massifs, dispersées le long de la côte méditerranéenne et les zones externes situées à la périphérie.

Le domaine de la Chaîne des Maghrébides a connu des phases de déformation mésocénozoïque aboutissant à la mise en place de nappes de charriages. C'est le domaine de nappes ou domaine allochtone.

2.2. Contexte géologique local

Sur le plan géologique, notre région d'étude est constituée de plusieurs terrains de différentes périodes allant du Crétacé inférieur et moyen marin, passant par des couches de l'époque miocène, éocène inférieur et supérieur, jusqu'à la période d'alluvions actuelle.

Dans les communes de Sidi Ghiles et HadjretEnnos, on retrouve des couches du Crétacé moyen à inférieur. Ensuite, l'embouchure de l'Oued Messelmoun est de l'âge d'Alluvions actuelle.

La commune de Gouraya présente une diversité des couches des périodes suivantes : Miocène inférieur marin, Oligocène marin, Miocène supérieur et Éocène inférieur marin. Enfin, on arrive à la zone d'embouchure de l'Oued Damous où se trouve une couche récente caractérisée par l'alluvion actuelle.

Voici une description géologique des périodes des couches géologiques mentionnés :

- L'Actuel : On rencontre les sables de plages, pratiquement tout au long de la côte et des dépôts d'Oueds, des limons et cailloutis (**Flandrin et Claracq, 1952**).
- Miocène inférieur marin : On le retrouve principalement dans la plaine de l'Oued Messelmoun et de Sidi Ghiles. Il est représenté par plusieurs assises à la base des grès grossiers. Lorsqu'elle affleure, cette assise donne des pentes rocheuses souvent ravinées(**Flandrin et Claracq, 1952**).
- Oligocène marin : L'oligocène occupe une large étendue au niveau du massif de Chenoua. Dans la zone d'étude il est représenté par des grès et des marnes sableuses à l'Est et des marnes et calcaire à l'Ouest (**Flandrin et Claracq, 1952**).
- Éocène :Il apparaît sous forme de petits affleurements très dispersés. Il est formé de marnes, de grès, de calcaires et de calcaire gréseux de l'Éocène inférieur. (**Flandrin et Claracq, 1952**).
- Le Crétacé Supérieur : Ce sont des formations de flyschs, composées d'un faciès monotone de marnes schistoïdes et de lentilles calcaires, affleurant en majeure partie à l'Est du site d'étude. Ces formations sont sujettes aux instabilités de terrain (**Flandrin et Claracq, 1952**).
- Le Crétacé moyen : Il est représenté par le Cénomaniens et le Turonien. Le Cénomaniens dominant est caractérisé par une alternance de marne argileuses ou de marno-calcaires tendres et roches calcaires dures. (**Flandrin et Claracq, 1952**).
- Le Crétacé Inférieur : C'est un faciès Tellien de l'unité supérieure, ce sont des terrains d'âge crétacé inférieur (Néocomien à Albien), il s'agit de niveaux les plus anciens, marqués par

une schistosité. Le crétacé inférieur occupe une large étendue dans la partie ouest du site d'étude (**Flandrin et Claracq, 1952**).

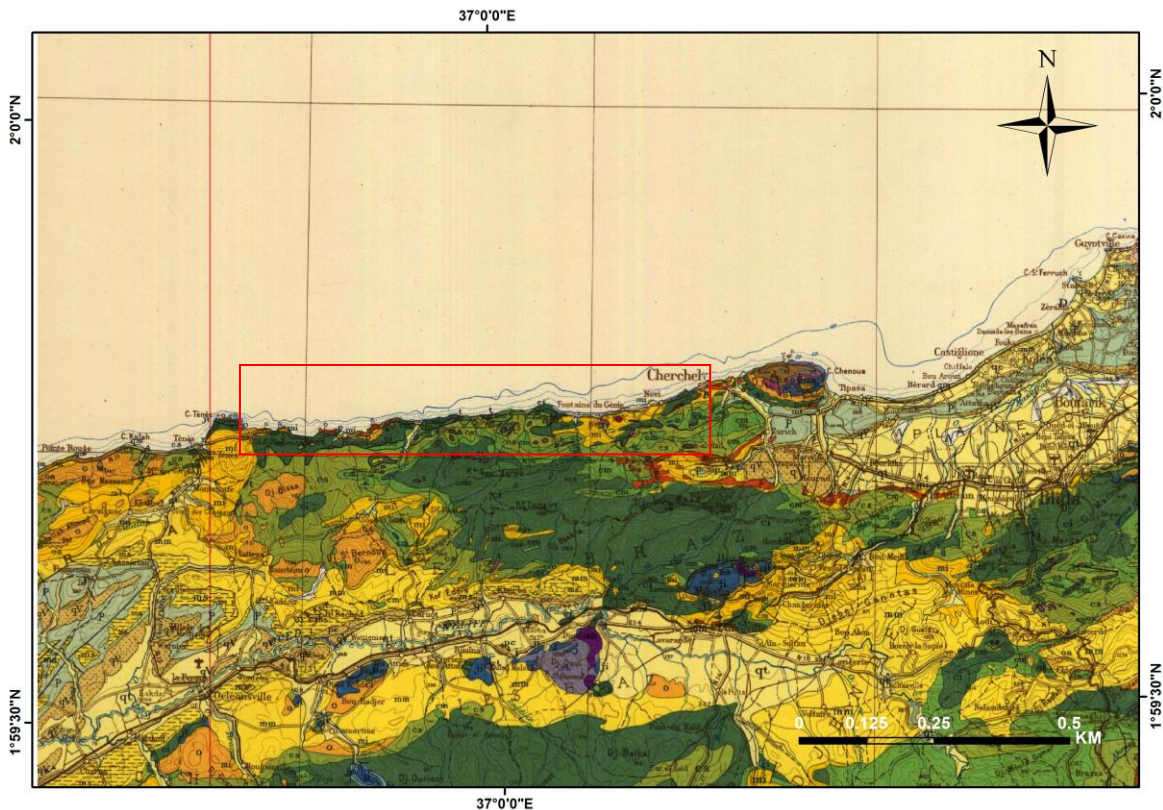


Figure II.2 : Carte géologique de la zone d'étude (extrait de la carte géologique de l'Algérie du nord)

3. Cadre géomorphologique

Le long de la côte entre Sidi Ghiles et Damous, c'est-à-dire sur près de 42 km, une plaine côtière basse, dont l'étendue perpendiculairement au rivage peut atteindre 1000 m, elle est faiblement inclinée vers la mer et se termine au-dessus d'elle par des falaises à pic de 10 à 20 m, cette faible inclinaison contraste d'une façon saisissante avec la raideur des pentes qui la dominent au Sud. L'altitude du bord supérieur est d'ailleurs variable et peut dépasser 40 mètres.

Ce front côtier est situé sur des formations quaternaires constituées essentiellement d'alluvions colluvionnaires sur les replats des versants surplombant la frange littorale et des formations marines formées essentiellement d'éboulis et graviers sur le long de la côte.

Ce front de mer présente une bande d'une plage très étroite qui s'allonge en continuité sur tout le long de la globalité de la côte et qui s'interrompt au milieu au niveau de l'Oued de Sidi Ghiles.

Le front actuel prend une forme de banquettes en deux lits avec un plat d'une large importante au niveau de sa partie Est.

La pente continentale au droit du DAHRA oriental est large, très festonnée par de nombreuses vallées sous-marines : elle se rétrécit et s'incline d'avantage après TENES jusqu'à le méridien de GOURAYA, ces différences peuvent-être imputées soit a des variations d'intensité dans le mouvement de Surélévation des massifs du DAHRA et de béni menacer, soit a un décalage dans le temps de ces mouvements, le plateau continental s'identifié ici à une corniche d'abrasion alors que la pente Matérialise très probablement le passage faillé de la grande flexure continentale, les pentes très fortes observées au nord de GOURAYA font supposer que si la couverture néogène a existée à cet endroit.(Dahmani, 2012)

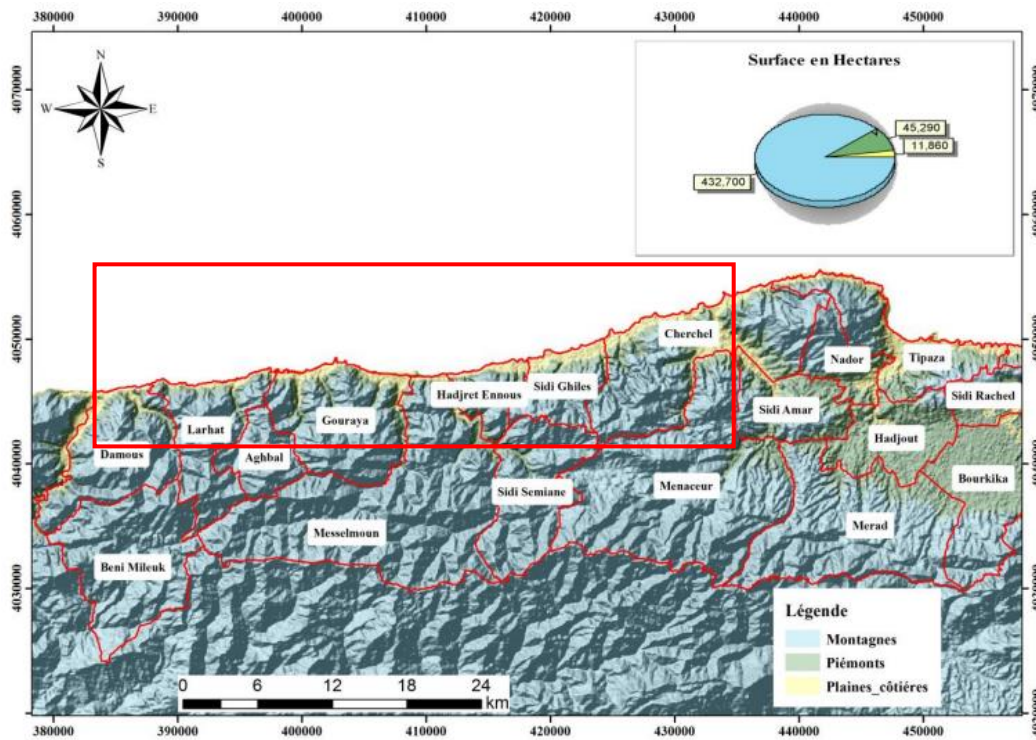


Figure II.3: Reliefs dominants de la région d'étude (Amrani, 2014)

4. Cadre hydrographique

L'origine des sédiments marins est en grande partie terrigène. Les Oueds alimentent le plateau continental en sédiments sont ensuite répartis par les courants marins. Tous les Oueds sont pratiquement perpendiculaires à la côte, ils traversent du Sud vers le Nord avant de se jeter en mer.

La commune de Sidi Ghiles est traversée par les Oueds importants suivants :

Oued mellah et Oued el Ghobrini.

La commune de Gouraya est traversée par les Oueds importants suivants :

OuedSebt, Oued Messelmoun et Ouedkalal.

La commune de Damous est traversée par les Oueds importants suivants :

Oued Damous, et Ouedherbal.

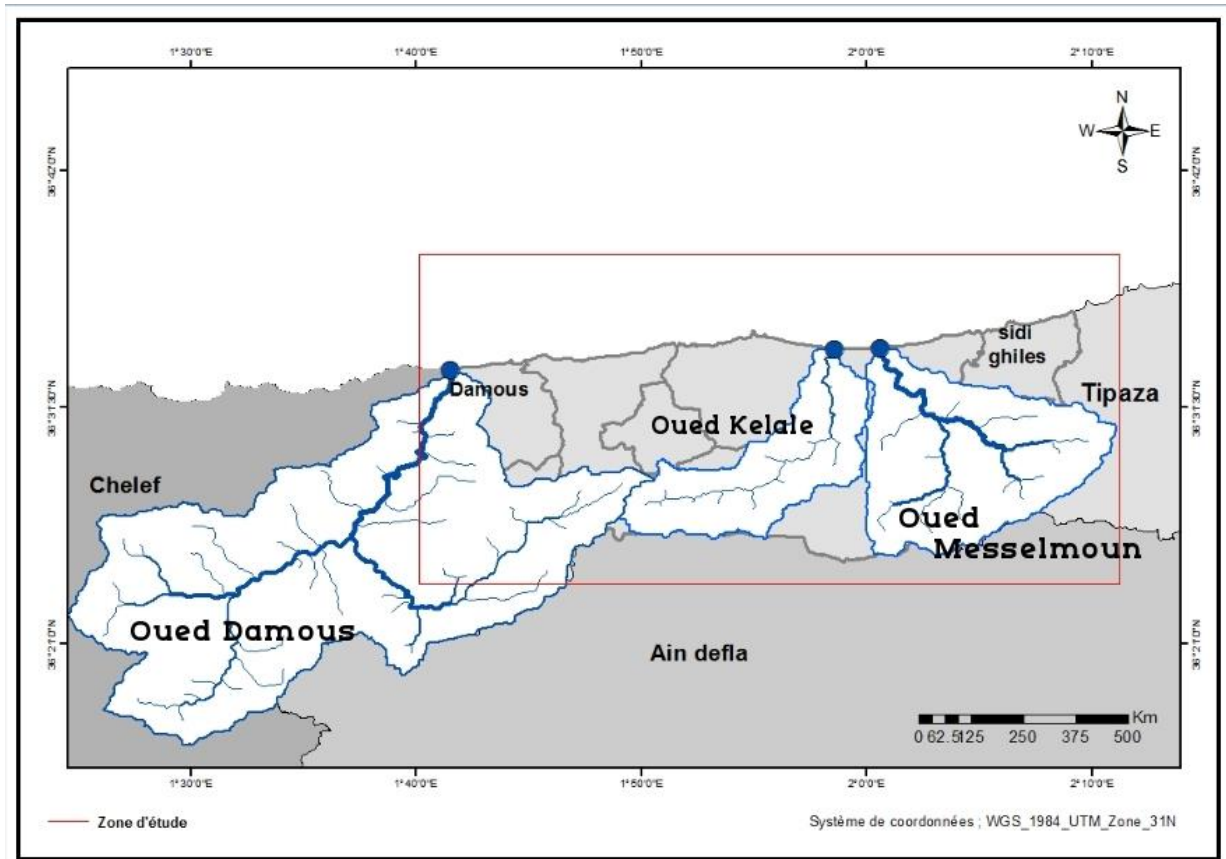


Figure II.4: Les sous-bassins versants importants dans la zone d'étude

5. Cadre Climatique

La zone côtière de Tipaza présente un climat caractéristique de la région méditerranéenne, avec des hivers doux et pluvieux, ainsi que des étés chauds et ensoleillés.

5.1. Température

La saison très chaude dure 3 mois, du 21 juin au 19 septembre, avec une température quotidienne moyenne maximale supérieure à 29 °C. Le mois le plus chaud de l'année à Tipaza est août, avec une température moyenne maximale de 32 °C et minimale de 22 °C.

La saison fraîche dure 4,0 mois, du 22 novembre au 23 mars, avec une température quotidienne moyenne maximale inférieure à 19 °C. Le mois le plus froid de l'année à Tipaza est janvier, avec une température moyenne minimale de 7 °C et maximale de 16 °C.

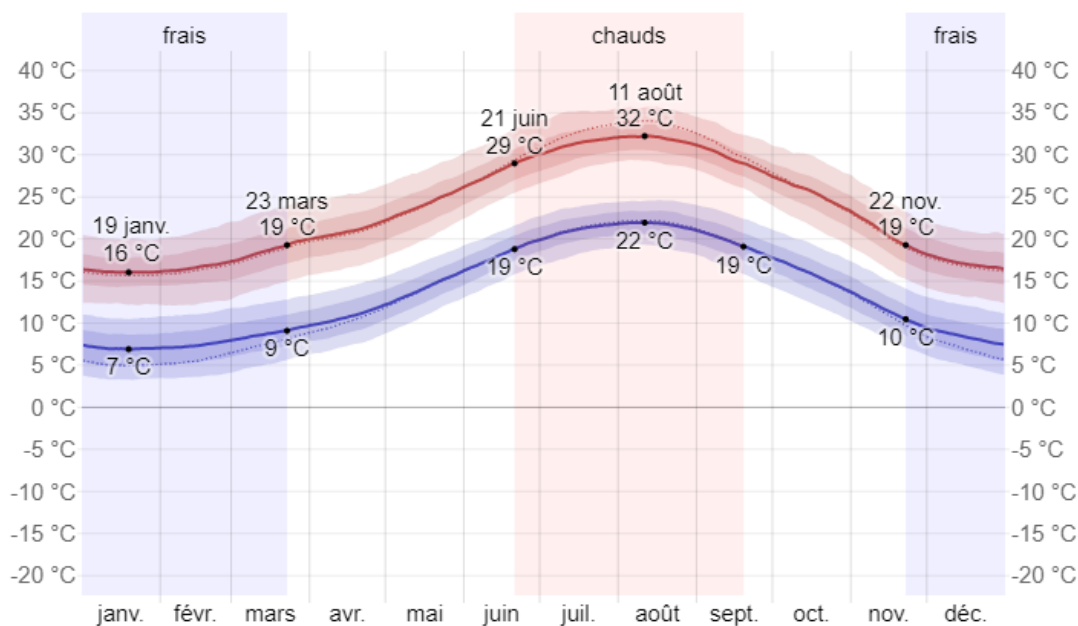


Figure II.5 : Diagramme des variations mensuelles des températures de la wilaya de Tipaza (2022)(Source <https://fr.weatherspark.com>)

5.2. Précipitation

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

A jour de précipitation est un jour au cours duquel on observe une accumulation d'eau ou mesurée en eau d'au moins 1 millimètre. La probabilité de jours de précipitation à Tipaza varie au cours de l'année. La saison connaissant le plus de précipitation dure 7,7 mois, du 25 septembre au 16 mai, avec une probabilité de précipitation quotidienne supérieure à 14 %.

Le mois ayant le plus grand nombre de jours de précipitation à Tipaza est novembre, avec une moyenne de 7,2 jours ayant au moins 1 millimètre de précipitation.

La saison la plus sèche dure 4,3 mois, du 16 mai au 25 septembre. Le moins ayant le moins de jours de précipitation à Tipaza est juillet, avec une moyenne de 0,5 jour ayant au moins 1 millimètre de précipitation. Pour les jours de précipitation, nous distinguons les jours avec pluie seulement, neige seulement ou un mélange des deux.

Le mois avec le plus grand nombre de jours de pluie seulement à Tipaza est novembre, avec une moyenne de 7,2 jours. En fonction de ce classement, la forme de précipitation la plus courante au cours de l'année est de la pluie seulement, avec une probabilité culminant à 26 % le 19 novembre.

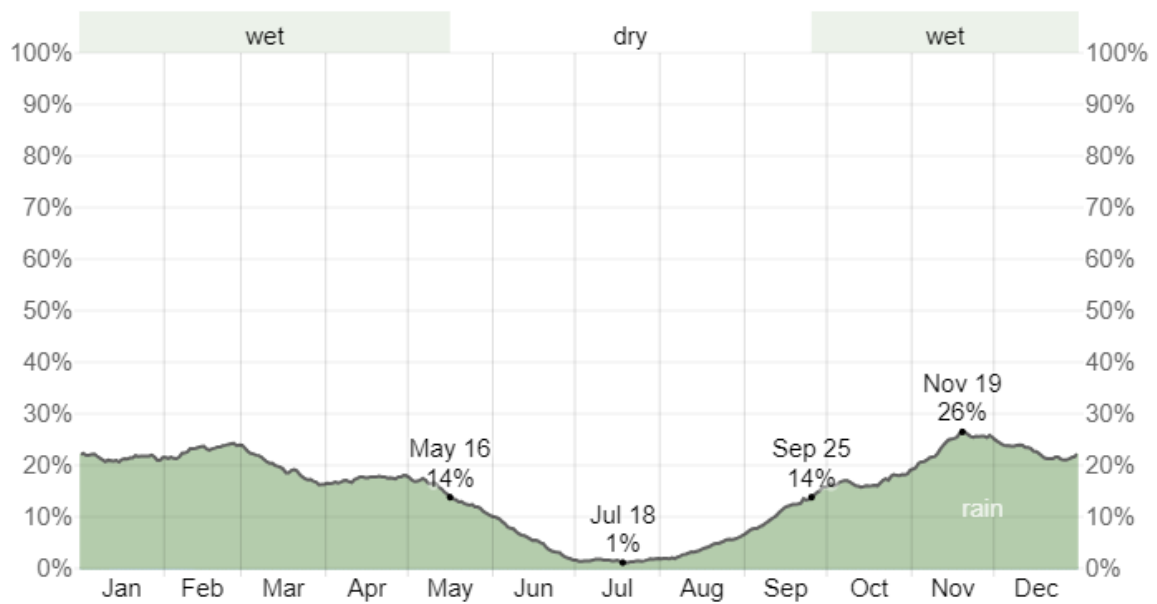


Figure II.6 : Variation mensuelle des précipitations de la wilaya de tipaza (2022)(Source <https://fr.weatherspark.com>)

5.3. Le vent

Les vents par leurs actions directes sur la déformation de la surface libre (houle, vague) et leurs conséquences en termes de dynamiques sédimentaires, sont des agents météorologiques particulièrement importants à considérer. Les vents interviennent également dans l'évolution et la reconstitution des dunes (Seffah et talaa, 2017).

La vitesse horaire moyenne du vent à Tipaza connaît une variation saisonnière modérée au cours de l'année. La période la plus venteuse de l'année dure 6,1 mois, du 29 octobre au 1 mai, avec des vitesses de vent moyennes supérieures à 13,8 kilomètres par heure. Le mois le plus venteux de l'année à Tipaza est décembre, avec une vitesse horaire moyenne du vent de 15,5 kilomètres par heure. La période la plus calme de l'année dure 5,9 mois, du 1 mai au 29 octobre. Le mois le plus calme de l'année à Tipaza est août, avec une vitesse horaire moyenne du vent de 12,1 kilomètres par heure.

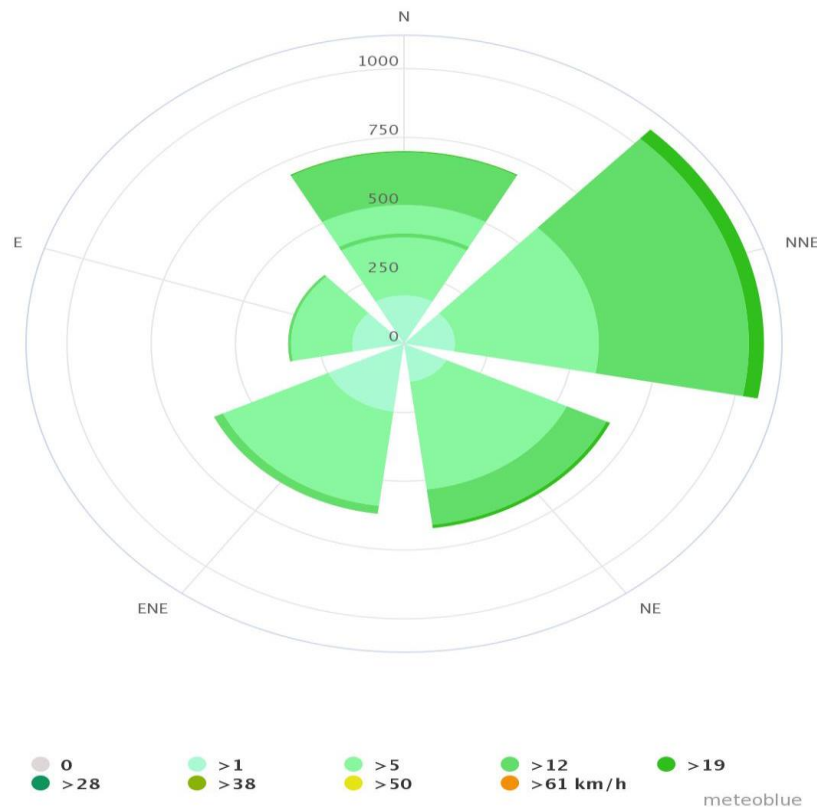


Figure II.7 : Répartition annuelle des vents en % (Données Windguru ,Station Tipaza)

6. Cadre océanographique

6.1. La houle

Les houles de direction Ouest, Sud-Est, Est et le Nord-Est sont les plus fréquemment observées, les fréquences d'apparitions sont plus faibles pour le secteur Nord, Sud et Nord-Ouest.

La direction Nord à une répartition assez régulière au cours de l'année.

Durant l'année, les fréquences correspondant aux directions Est et Ouest sont sensiblement identiques avec toutefois une légère prédominance du secteur Ouest.

En été les houles d'Est, Nord-Est et Sud-Est prédominent alors qu'en hiver le secteur d'Ouest est privilégié (Dahmani, et al., 2012).

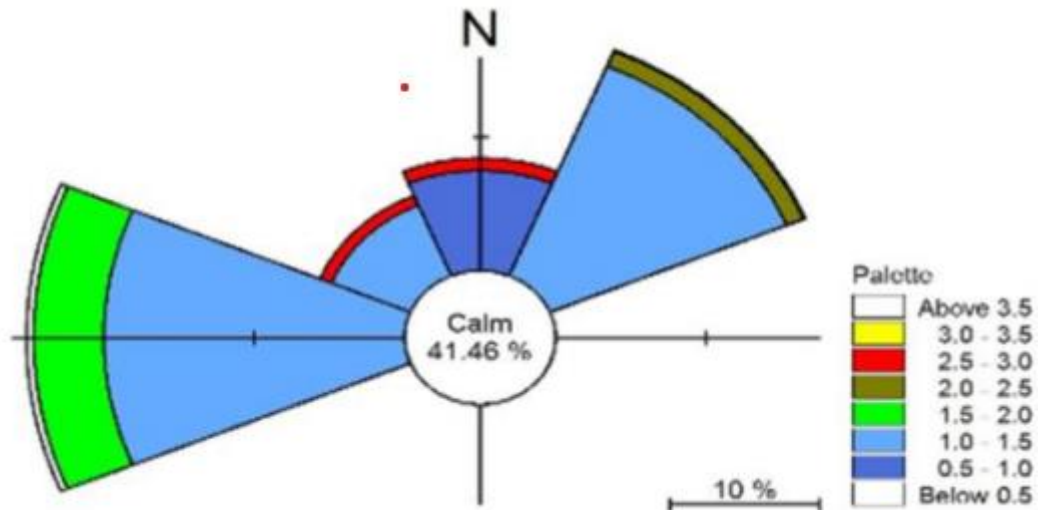


Figure II.8: Rose des houles au large de la région de Cherchell (SSMO in LEM, 2016)

6.2. Courant

Le courant joue un rôle très important dans le transport sédimentaire, il participe dans l'évolution des formes côtières, en conduisant à des envasements et à l'érosion.

Le courant dominant au large de notre zone est d'origine atlantique c'est le courant algérien, il pénètre dans la méditerranée par le détroit de Gibraltar sous forme d'une couche superficielle de 150m d'épaisseur et d'une largeur de 50 km.

Il longe les côtes algériennes en allant vers l'Est, il donne naissance à des tourbillons anticycloniques de 100km de diamètre (milot, 1985) associés à des remontées d'eau de fond (upwelling), induisant des zones de forte productivité biologique.

En l'absence de courant permanent ou de marée suffisamment importante, les courants côtiers induits par la houle ou à la côte, sont à peu près les seuls à agir sur la sédimentation actuelle (Caulet 1972).

Le courant de retour participe activement à l'érosion côtière de la zone d'étude, c'est le courant compensateur sur le fond qui s'effectue en direction du large résultant du retour des masses d'eaux déployées par la houle sur la côte. Son effet est remarquable surtout par mauvais temps généralement en hiver.

Lorsque la houle arrive à la côte avec une incidence oblique, elle donne naissance à un courant de dérive littorale, la vitesse de celui-ci est maximum pour un angle d'incidence de 90° . Ce courant parallèle au rivage, qui se manifeste dans la zone de déferlement des vagues, il assure le

transport latéral et la désertion des sables et des graviers de la frange littorale. (**Dahmani, et al 2012**).

6.3. La marée

Bien que la marée soit faible sur la côte Algérienne, elle dépasse rarement les 35cm avec des périodes d'environ 12h à 24h, et que notre littoral soit de type microtidal, il est recommandé de prendre en considération ce marnage durant l'étude(**Dahmani, et al., 2012**).

Chapitre III :
Matériels et Méthodes

Le chapitre suivant présente le matériel et les méthodes utilisés dans le cadre de cette étude. Il vise à décrire en détail les instruments, les outils et les approches utilisés pour collecter, analyser et interpréter les données nécessaires à la réalisation des objectifs de recherche.

Ce chapitre est divisé en plusieurs sections. Nous commencerons par présenter les instruments et les techniques utilisés pour collecter les données nécessaires à l'analyse de la cinématique côtière. Ensuite, nous détaillerons les méthodes d'analyse utilisées pour évaluer les variations du trait de côte et calculer les taux de recul ou d'avancée. Cela comprendra une description des approches telles que l'End Point Rate (EPR), Low Regression Rate of change (LRR) et le Net Shoreline Movement (NSM).

1. Logiciels utilisés

1.1.ArcGis(version 10.4.1)

Le logiciel ArcGis est un système d'information géographique développé par la société ESRI (EnvironmentalSystemsResearch Institute). C'est un outil pour manipuler, gérer, visualiser, cartographier, interroger et analyser toutes les données disposant d'une composante spatiale (Teffahi, 2018).

Un système d'information géographique (SIG) est un outil informatique permettant de représenter et d'analyser toutes les choses qui existent sur terre ainsi que tous les événements qui s'y produisent.

1.2.Google Earth Pro

Google Earth Pro est un logiciel qui permet de voyager dans le monde via un globe virtuelle d'afficher des images satellites, des plans, des reliefs et des bâtiments 3D.

C'est un logiciel qui contient des images de grande résolution de l'ordre de 30m à 60cm. Ces images sont issues d'entreprises de commercialisation d'images et sont archivées sur le serveur de Google Earth Pro qui est accessible par connexion à l'internet. Elles sont mises à jour au fur et à mesure.

1.3.DSAS (Digital ShorelineAnalyse System)

Digital ShorelineAnalyse System est un outil gratuit, qui s'ajoute comme extension à ArcGIS dédiée à l'étude de l'évolution du trait de côte.

Il calcule les statistiques sur le taux de changement pour une série temporelle de vecteurs de traits de côte.

2. Les données utilisées

- Des photos aériennes des années 1960, 1972 et 1980. **Tableau III.1**
- Des images satellitaires (Landsat Copernicus) des années : 2002, 2012, 2017 et 2022 obtenue à l'aide de « logiciel de Google Earth Pro » avec précision d'environ 1m.

Photos	Région	Mission	Année	Echelle
5-6	Cap Hares (Gouraya-Cherchell)	n: 38	1972	1/20000
7-8-9-10-11-12-13	Damous (Cherchell)	n: 38	1972	1/20000
n : 160-161-162-163-164-165-166	Damous (Cherchell) bis	n: R-112	1980	1/10000
1-2-3-4-5-6-7/142-143-144	Gouraya (Cherchell)	n: 112	1980	1/10000
n : 13-14	Hadjret Ennous	n: 39	1972	1/20000
n : 53-54-55	Hadjret Ennous (Cherchell)	n: 46	1980	1/10000
n : 56-57-58-59-134-135-136-137	Oued Messelmoun Embouchure(Cherchell)	46 et 112	1980	1/10000
Photo n : 236-237-238	Sidi Ghiles et Pointe des Oliviers (Cherchell)	n: 244	1980	1/10000
n : 9-10-11-12	Sidi Ghiles	n: 39	1972	1/20000
n : 15-16	Oued Messelmoun (Cherchell)	n: 39	1972	1/20000

Tableau III.1 : Les photos aériennes des années 1960, 1972 et 1980.

3. Méthodologie de travail

3.1. Le géoréférencement

Le géoréférencement a pour but de donner une image superposable à une carte ou à une autre image rectifiée ou non d'une même zone. Une image géoréférencée est donc une image brute associée à une fonction correspondante (image/ terrain). Il est alors possible de calculer pour chaque pixel ses coordonnées géographiques (**Teffahi, 2018**).

Le géoréférencement a été fait à partir du logiciel ArcMap suivant les étapes suivantes :

- ✓ Importation des photos aériennes à partir de l'outil 'ArCataloge'
- ✓ Identification de 6 à 7 points repérés sur la photo et obtenir ses coordonnées géographiques à partir de « Google Earth pro ».
- ✓ Ajouter les points dans les photos avec leurs coordonnées d'altitudes et longitudes sans oublier de désactiver l'ajustement automatique.
- ✓ Mettre à jour le géoréférencement.

Dès qu'on a plusieurs photos aériennes pour chaque date, il est indispensable de les mosaïquer une fois qu'elles ont été géoréférencées.

La mosaïque est un processus consistant à combiner plusieurs images ou cartes géoréférencées pour former une seule image ou une seule carte sans couture. Cela permet de créer une image ou une carte plus grande et plus complète qui couvre une zone plus étendue.

Malheureusement, à fin de terminer le géoréférencement et le mosaïquage des photos ariennes nous avons rencontré d'importantes erreurs **Figure III.1**, pour les raisons suivantes :

- La difficulté à repérer des points précis et la faible précision des coordonnées obtenues à partir de Google Earth Pro.
- La définition précise de ces points nécessite des sorties sur le terrain avec l'utilisation d'un DGPS (Système de Positionnement Global différentiel).

Alors, nous étions obligés d'éliminer cette partie de notre travail et de nous concentrer sur les images satellites des dates les plus récentes.

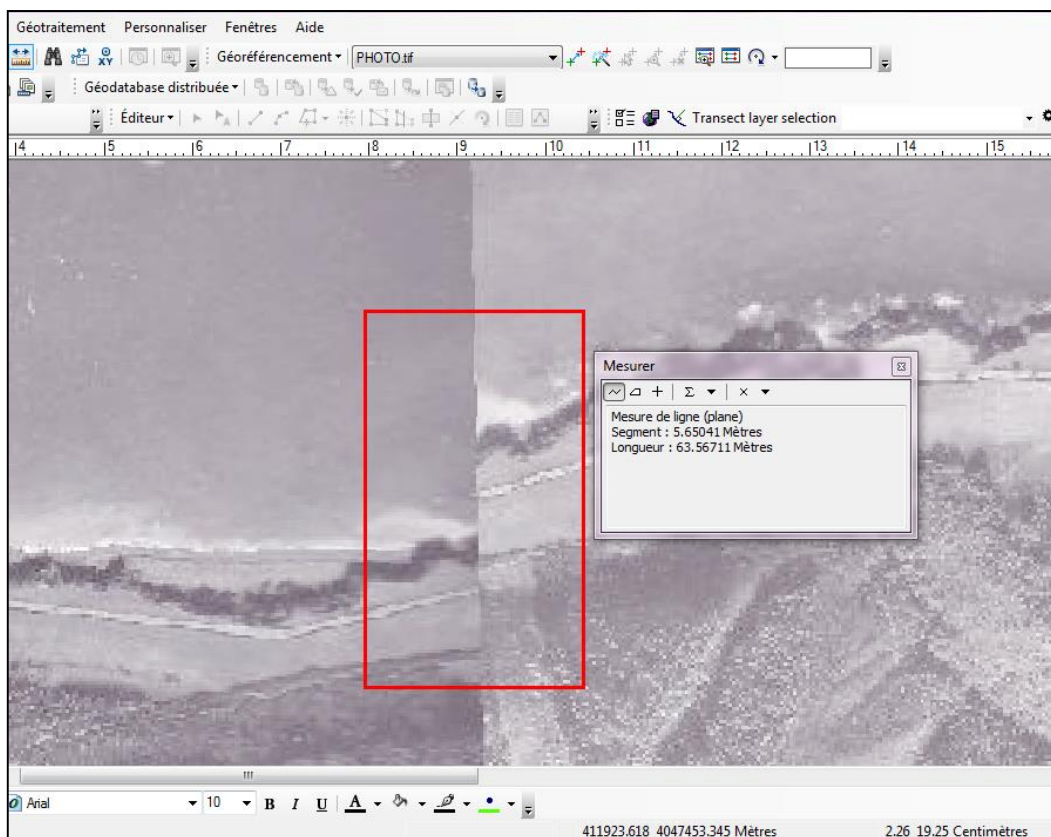


Figure III.1 : Capture d'écran montre l'erreur obtenue lors du Mosaïquage

3.2. Digitalisation et exportation des traits de côtes sur Google Earth pro

Pour éviter les erreurs de géoréférencement nous avons choisi l'extraction du trait de côtes directement dans le logiciel "Google Earth pro".

On cherche la zone d'étude dans " search" ensuite avec l'outil " show historical imagery" on choisit l'année, après avec l'outil " addpath" on digitalise les traits de côte, que l'on peut voir sur la carte et dans "place" et les exporter.

L'exportation des traits de côtes digitalisées est en format "kml".



Figure III.2 : la barre d'outils utilisé dans Google Earth pro

3.3. La conversion des fichiers "kml" vers des fichiers vecteurs

Cette étape a été faite à l'aide de l'outil de conversion dans l'Arc Toolbox :

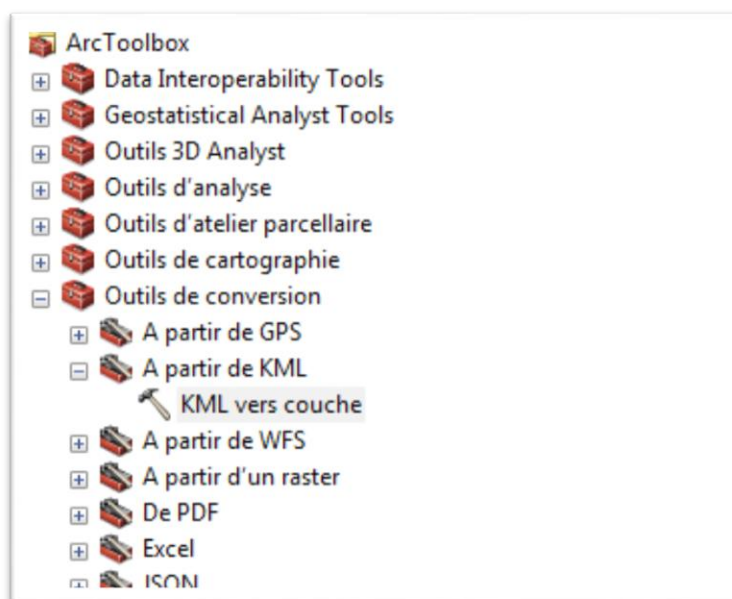


Figure III.3 : L'outil de conversion dans l'ArcGIS

4. L'utilisation de l'outil DSAS

4.1. Création de la "géo-data-base "

Toutes les données entrées dans DSAS doivent être contenues dans une "géo data base " personnelle qui doit contenir :

- Baseline

Il s'agit de numériser une ligne de base imaginaire à partir de laquelle DSAS crée des transects qui coupent les différents traits de côtes. Ainsi, tous les transects sont perpendiculaires à la baseline qui elle aussi doit être parallèle à la côte. Cependant, il arrive que les transects soient déformés du fait de l'irrégularité de la côte. Ce qui entraîne parfois des transects aberrants ou qui s'entrecoupent avant leur intersection sur les traits de côte. Il est ainsi possible de les corriger en les redressant ou de les supprimer.

- Shoreline

Les shorelines représentent les traits de côte déjà numérisés dans la Géodatabase. Il s'agit en effet, des traits de côte auxquels la baseline doit être parallèle et devant servir de mesure dans l'environnement de DSAS. Ainsi, pour pouvoir effectuer un calcul d'indices (EPR, LRR) les shorelines doivent être au minimum de deux entités de dates ou encore d'heures différentes.

4.2. Les Buffer shoreline

Pour effectuer un calcul sur DSAS, il faut circonscrire le segment sur lequel les mesures de variation de l'évolution du trait de côte seront réalisées. C'est en effet la zone tampon qui permet de définir de quel côté de la baseline seront tracés les profils. En effet, la zone tampon donne deux possibilités de position de la baseline (du côté de la mer ou du côté de la terre) et cela en fonction du sens de la baseline, défini par les sommets de départ et d'arrivée. Mais dans cette démarche toutes les baselines ont été numérisées à partir de la limite du côté terrestre de la zone tampon avec une distance de 150m la séparant des shorelines.

4.3. Les indices calculés

La représentation des résultats est faite en deux échelles. La première correspond à l'écart entre deux dates (deux traits de côte) et la seconde présentation correspond à l'échelle globale et prend en compte tous les traits de côte (2002, 2012, 2017 et 2022).

- Net Shoreline Movement (NSM)

Rapporte une distance, pas un taux. Il est associé uniquement à deux traits de côte, le plus ancien avec le plus récent (**Genz et al. 2007; Thieler et al., 2009**). Il permet donc d'estimer le changement global.

- L'End Point Rate (EPR) :

Permet de mesurer l'écart entre deux traits de côte successifs. Il s'agit du rapport de la distance entre le trait de côte correspondant à la date la plus ancienne et la plus récente. Ainsi, lorsqu'on dispose uniquement de deux traits de côte, l'EPR reste un bon indice pour évaluer la cinématique (**Thieler et al., 2005 ; Moore, 2000**).

C'est pourquoi nous l'avons utilisé pour évaluer les variations entre 2002-2012, 2012-2017 et 2017-2022.

- Low Regression Rate of change (LRR)

Permet d'estimer l'évolution de chaque segment sur l'ensemble de la période considérée. Le nombre d'individus de la série statistique est celui du nombre de traits de côte.

4.4. Les calculs statistiques

Cette étape s'est faite d'abord par la création de transects, puis par le calcul des indices et puis la représentation graphique des tables attributaires des indices calculés selon leur pertinence.

- Les transects :

Les transects sont des profils perpendiculaires à la ligne de base (baseline) qui permettent de mesurer la variation des taux d'évolution des traits côtes. Dans cette démarche, le nombre de

transects est égal au nombre de profils utilisés et dépend de la longueur du segment (site) étudié. L'écart entre les profils murés automatiquement par DSAS est de 10 m.

Les transects doivent couper tous les traits de côte qui lui sont perpendiculaires. D'autres sources de transects aberrants peuvent émaner de la sinuosité du linéaire côtier pouvant entraîner des saccades avant même leur intersection sur les shorelines. Il convient nécessairement de les corriger ou de les supprimer pour éviter les mesures inexistantes ou nulles.

- Calcul des indices

Le calcul statistique consiste en fonction des indices considérés, à faire ressortir les données tabulaires calculées automatiquement par DSAS. En effet, c'est l'analyse automatique de tous les transects qui permet de définir des secteurs d'évolution et d'en calculer les valeurs moyennes (**Faye et al. 2010 ; Himmelstoss, 2009, Byrnes, 1994**).

- Classification des valeurs de L'indice EPR:

De 0 à -1 mètre par an : érosion modérée

De -1 à -2 mètre par an : érosion élevée

Moins de -2 mètre par an : érosion très élevée

De 0 à 1 mètre par an : accrétion modérée

De 1 à 2 mètre par an : accrétion élevée

Plus de 2 mètre par an : accrétion très élevée

Chapitre IV

Résultats et discussions

1. Présentation des résultats

Ce chapitre présente les principaux résultats obtenus lors de l'analyse de la cinématique côtière de notre zone d'étude. Les résultats obtenus ont été cartographiés et présentés sous forme de tableaux et des diagrammes statistiques.

L'objectif de cette section est de fournir une vision claire et concise des observations clés découlant de notre analyse, en mettant l'accent sur les tendances, les variations spatiales de la cinématique côtière et la comparaison entre les différentes plages.

1.1. Plage d'El Bordj

La plage est située à l'extrémité ouest de Tipaza, elle s'étend sur environ 2 km avec une forme rectiligne et une orientation vers le nord. Figure IV.1

L'étude diachronique sur une période de 20 ans a révélé les tendances suivantes (Figure IV.2) :

Entre 2002 et 2012 : Une érosion importante s'est produite, avec un recul pouvant atteindre 40 m et une vitesse d'érosion de -1,9 m/an.

Entre 2012 et 2017 : La plage a continué de subir une érosion élevée, avec un taux d'évolution de -2,9 m/an.

Entre 2017 et 2022 : Au cours de cette période, la plage a commencé à se regagner, montrant une progradation avec une accrétion très élevée de 4,5 m/an.

Le taux d'évolution net sur la période de 20 ans (Tableau IV.1), indique une perte moyenne de -0,8 mètre par an.

Figure IV.1 : Carte de taux d'évolution du trait de côte de El Bordj entre 2002 et 2022



Figure IV.2 : diagramme du taux d'évolution du trait de côte de plage el-bordj

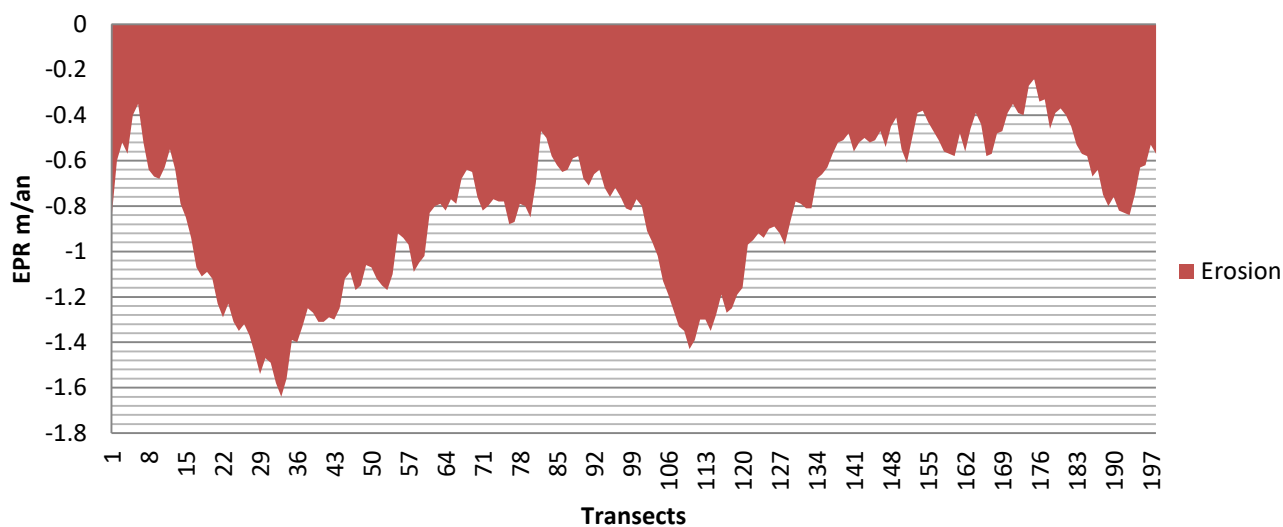


Tableau IV.1 : Synthèse statistique sur la cinématique du trait de côte

Année	NSM (m)	EPR min (m/an)	EPR max (m/an)	EPR moy (m/an)	LRR moy (m/an)
2002/2012	-19.52	-4.03	0.23	-1.95	
2012/2017	-14.52	-5.93	2.54	-2.91	
2017/2022	18.22	-0.22	8.05	4.56	
2002/2022	-15.65	-1.64	-0.24	-0.83	-1.20

Synthèse statistique et cartographie de la cinématique du trait de côte de plage el-bordj entre 2002 et 2022

1.2.Plage les presqu'iles

La plage, d'environ 1 km de long, présente une forme rectiligne Figure IV.3 et est orientée vers le nord. L'analyse de l'évolution du trait de côte de cette plage sur une période de 20 ans montre qu'elle est relativement stable. Voici les tendances observées lors de l'étude diachronique (Tableau IV.2) :

Entre 2002 et 2012, la plage a subi une érosion importante, avec un recul pouvant atteindre 28,5 mètres et une vitesse d'érosion moyenne de -1,69 mètre par an.

Entre 2012 et 2017, la plage a connu une faible accumulation, avec un taux d'accrétion de seulement 0,22 mètre par an, ce qui a conduit à une quasi-stabilité du trait de côte.

Entre 2017 et 2022, la plage a montré une progradation significative, avec une accrétion très élevée de 2,06 mètres par an.

Le taux d'évolution net sur les 20 ans, qui est de -0,27 mètre par an, indique une légère perte de terrain pour cette plage.

Figure IV.3 : Carte de taux d'évolution du trait de côte de plage la presqu'île entre 2002 et 2022



Figure IV.4 : diagramme du taux d'évolution du trait de côte plage la presqu'île

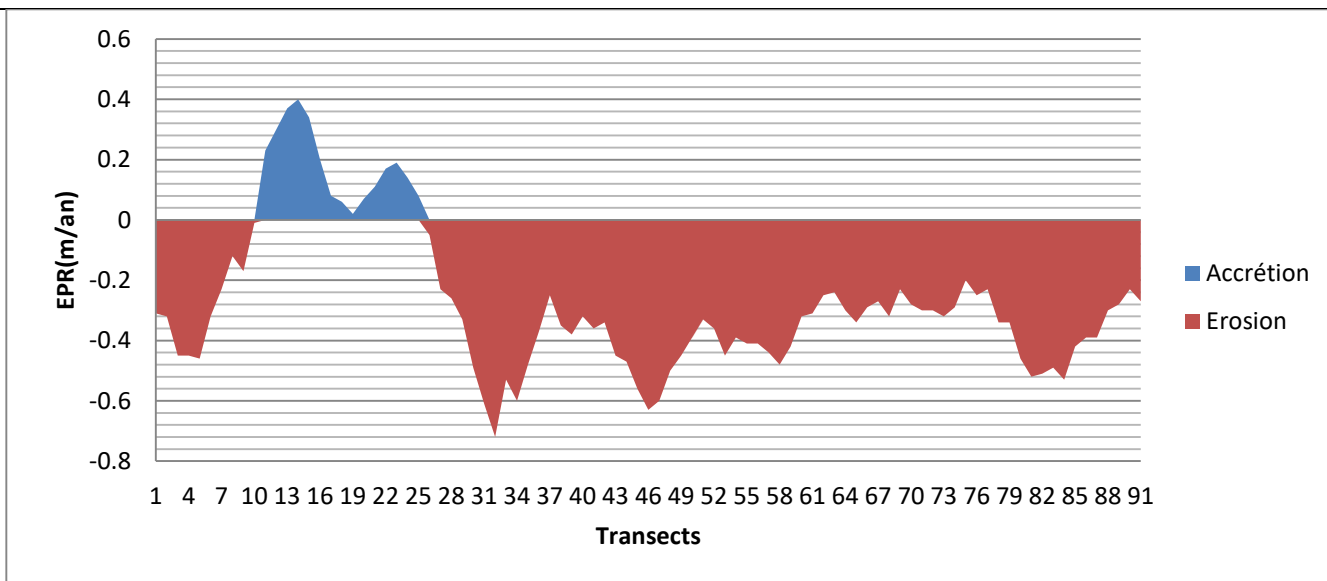


Tableau IV.2 : Synthèse statistique sur la cinématique du trait de côte

Année	NSM (m)	EPR min (m/an)	EPR max (m/an)	EPR moy (m/an)	LRR moy (m/an)
2002/2012	-16.94	-2.85	-0.02	-1.69	
2012/2017	1.15	-3.25	4.21	0.23	
2017/2022	10.30	0.31	3.9	2.06	
2002/2022	-5.49	-0.72	0.4	-0.27	-0.39

Synthèse statistique et cartographie de la cinématique du trait de côte de plage la presqu'île entre 2002 et 2022

1.3.Plage El-Kharouba

La plage présente une forme de golf orientée vers le nord(Figure IV.5). L'analyse de l'évolution du trait de côte de cette plage montre des caractéristiques distinctes le long de différents transects :

Entre le transect 0 et 10, le trait de côte a avancé, créant une plage protégée à l'ouest qui favorise l'accumulation de sédiments par la dérive littorale.

Entre le transect 10 et 61, la plage a connu une érosion élevée, avec une érosion de plus en plus prononcée entre les transects 61 et 73, où des habitations sont présentes.

L'étude diachronique sur une période de 20 ans a révélé les tendances suivantes (Tableau IV.3):

Entre 2002 et 2012, la plage a subi une érosion importante avec un taux moyen d'érosion de - 1,91 mètre par an.

Entre 2012 et 2017, la plage est restée dans un état d'érosion, avec une vitesse de recul moyenne de -1,427 mètre par an.

Entre 2017 et 2022, la plage a commencé à se récupérer, montrant une progradation avec une accrétion très élevée de 1,91 mètre par an.

Le taux net d'évolution de cette plage est de -0,8 mètre par an, ce qui indique une tendance à l'érosion

Figure IV.5 : Carte de taux d'évolution du trait de côte de la plage kharouba entre 2002 et 2022

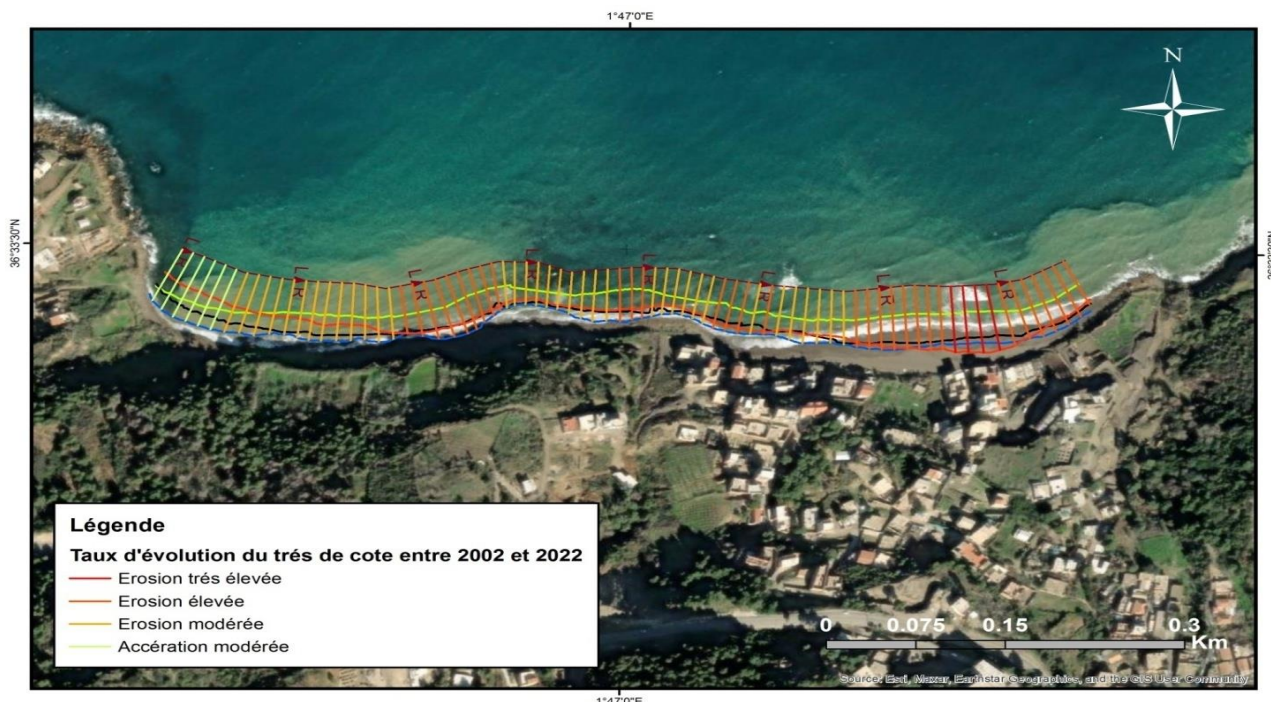


Figure IV.6 : diagramme du taux d'évolution du trait de côte de la plage Kharouba

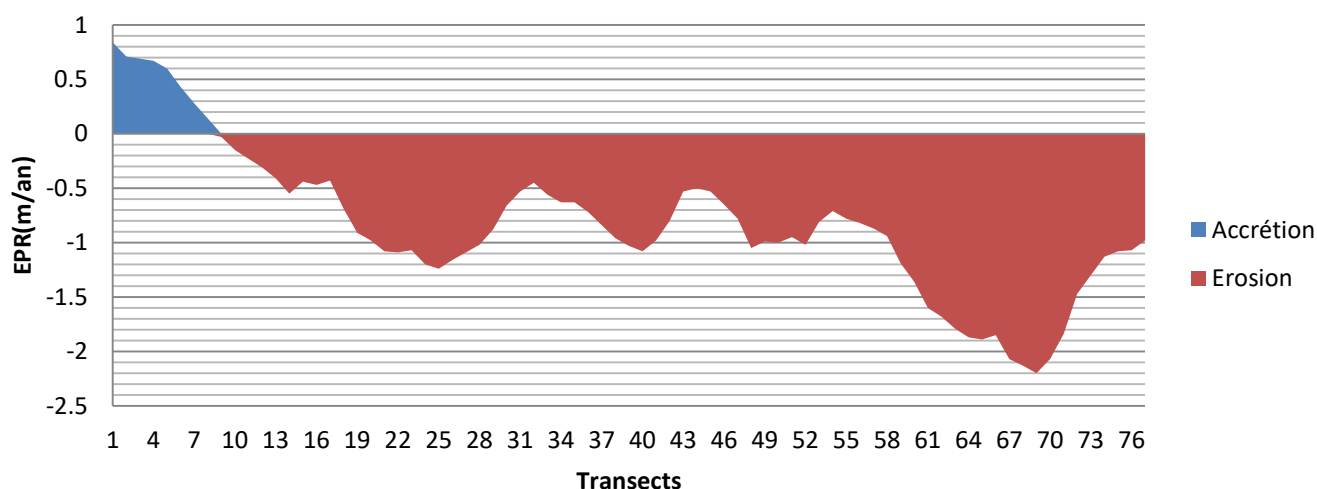


Tableau IV.3 : Synthèse statistique sur la cinématique du trait de côte

Année	NSM (m)	EPR min (m/an)	EPR max (m/an)	EPR moy (m/an)	LRR moy (m/an)
2002/2012	9.58	-3.11	0.03	-1.92	
2012/2017	-7.13	-2.96	0.22	-1.43	
2017/2022	9.58	-2.11	6.83	1.92	
2002/2022	-16.75	-2.2	0.84	-0.84	-1.00

Synthèse statistique et cartographie de la cinématique du trait de côte de la plage El-Kharouba entre 2002 et 2022

1.4.Plage Larhat

La plage est d'environ 3,8 km d'étendue, présente une forme rectiligne orientée vers le nord-ouest Figure IV.7. L'analyse diachronique sur une période de 20 ans a démontré les tendances suivantes :

Entre 2002 et 2012, la plage a subi une érosion importante, avec un taux moyen d'érosion de -1,62 mètre par an.

Entre 2012 et 2017, la plage est restée dans un état d'érosion, avec un recul moyen de -0,99 mètre par an. La tendance à l'érosion s'est maintenue pendant cette période.

Entre 2017 et 2022, la plage a commencé à se récupérer, montrant une progradation avec une accrétion moyenne de 0,91 mètre par an.

Entre le transect 109 et 127, la plage montre une résistance à l'érosion,

Entre le transect 307 et 325, morphologie convexe correspondant à la zone d'embouchure en forme de delta de l'OuedLarhat,

Le taux net d'évolution de la plage sur les 20 ans est de -0,83 mètre par an, indiquant une tendance générale à l'érosion (Tableau IV.4)

En résumé, la plage présente des variations d'érosion et d'accrétion le long de sa longueur, avec des zones plus résistantes à l'érosion et d'autres plus sujettes à l'accrétion.

Figure IV.7 : Carte de taux d'évolution du trait de côte de plage Larhat entre 2002 et 2022



Figure IV.8 : diagramme du taux d'évolution du trait de côte de plage Larhat

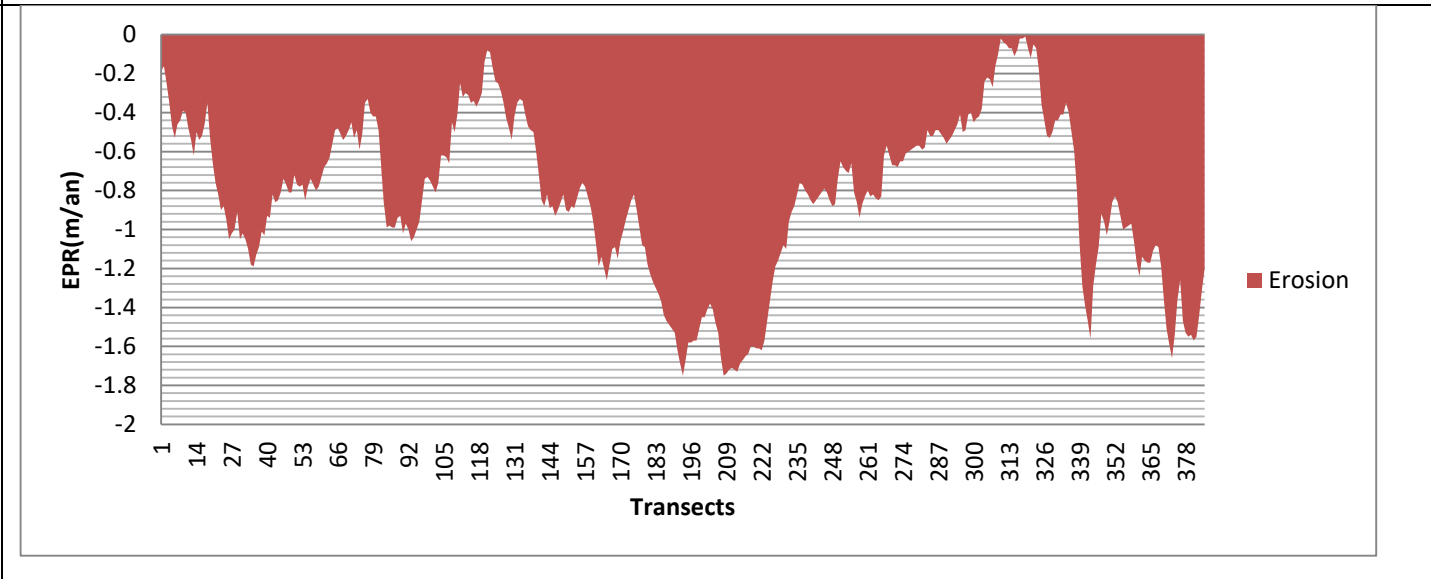


Tableau IV.4 : Synthèse statistique sur la cinématique du trait de côte

Année	NSM (m)	EPR min (m/an)	EPR max (m/an)	EPR moy (m/an)	LRR moy (m/an)
2002/2012	-16.21	3.42	-0.07	-1.62	
2012/2017	-4.97	-3.82	2.27	-1	
2017/2022	4.57	-2.35	4.43	0.92	
2002/2022	-16.61	-1.75	-0.01	-0.83	-0.93

Synthèse statistique et cartographie de la cinématique du trait de côte de plage Larhat entre 2002 et 2022

1.5. La plage Sidi Brahim Ouest

La plage est d'une forme de baie, situées entre deux caps (Figure IV.9), ce qui la protège contre le forçage hydrodynamique et les événements extrêmes. Cette plage est donc résistante à l'érosion.

Malgré cette résistance, elle connue une érosion modérée entre 2002 et 2017.

Et entre 2017 et 2022, une modeste accrétion a été observée en raison de la dérive côtière. Cela signifie qu'une certaine quantité de sédiments est entraînée et déposée sur la plage, ce qui compense en partie l'érosion précédente.

Figure IV.9 : Carte de taux d'évolution du trait de côte de la plage sidi brahim ouest entre 2002 et 2022



Figure IV.10 : diagramme du taux d'évolution du trait de côte de plage sidi brahim ouest

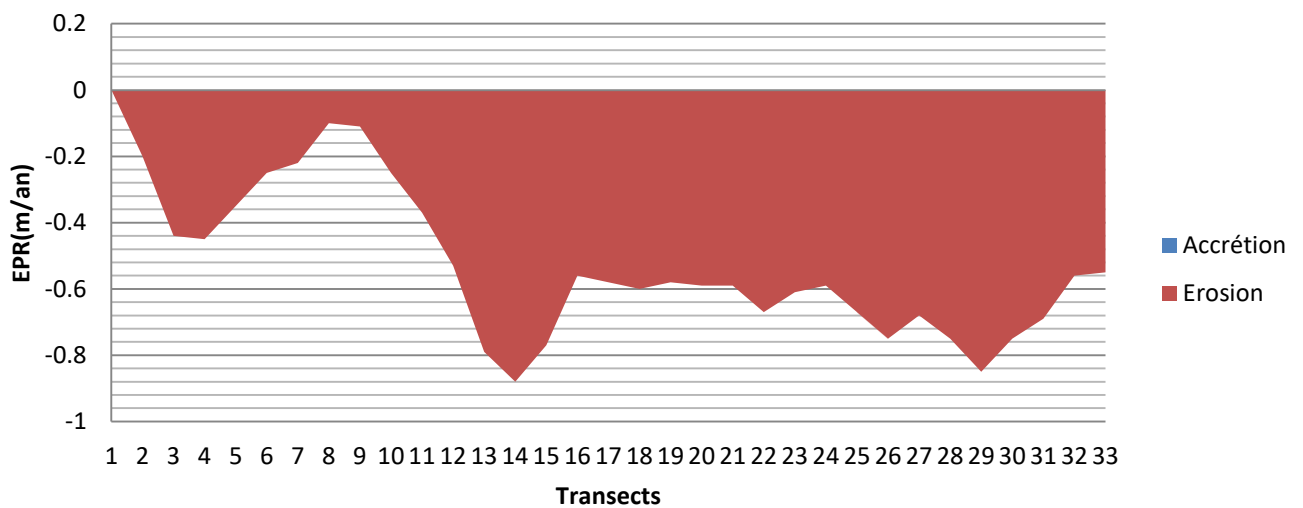


Tableau IV.5 : Synthèse statistique sur la cinématique du trait de côte

Année	NSM (m)	EPR min (m/an)	EPR max (m/an)	EPR moy (m/an)	LRR moy (m/an)
2002/2012	-13.44	-2.1	-0.46	-1.34	
2012/2017	-1.23	-1.37	0.97	-0.25	
2017/2022	4.11	-0.68	2.27	0.82	
2002/2022	-10.47	-0.88	0.07	-0.52	-0.59

Synthèse statistique et cartographie de la cinématique du trait de côte de plage sidi Brahim ouest entre 2002 et 2022

1.6. La plage Sidi Brahim Est

Cette plage présente un comportement morphologique similaire que la plage Sidi Brahim Ouest.

Au cours de l'étude, les résultats ont révélé des observations intéressantes sur l'évolution des plages étudiées (Tableau IV.6):

Entre 2002 et 2012, une érosion importante d'environ 1 mètre par an a été observée. Cela indique une perte significative de la largeur de la plage au fil des années.

Entre 2012 et 2017, l'érosion a continué à être élevée, ce qui suggère une persistance des processus d'érosion côtière. Cela confirme que la plage est toujours soumise à des forces érosives importantes.

Mais, entre 2017 et 2022, une tendance inverse a été observée avec une modeste accrétion constatée.

Figure IV.11 : Carte de taux d'évolution du trait de côte de plage sidi brahim Est entre 2002 et 2022



Figure IV.12 : diagramme du taux d'évolution du trait de côte de plage sidi brahim Est

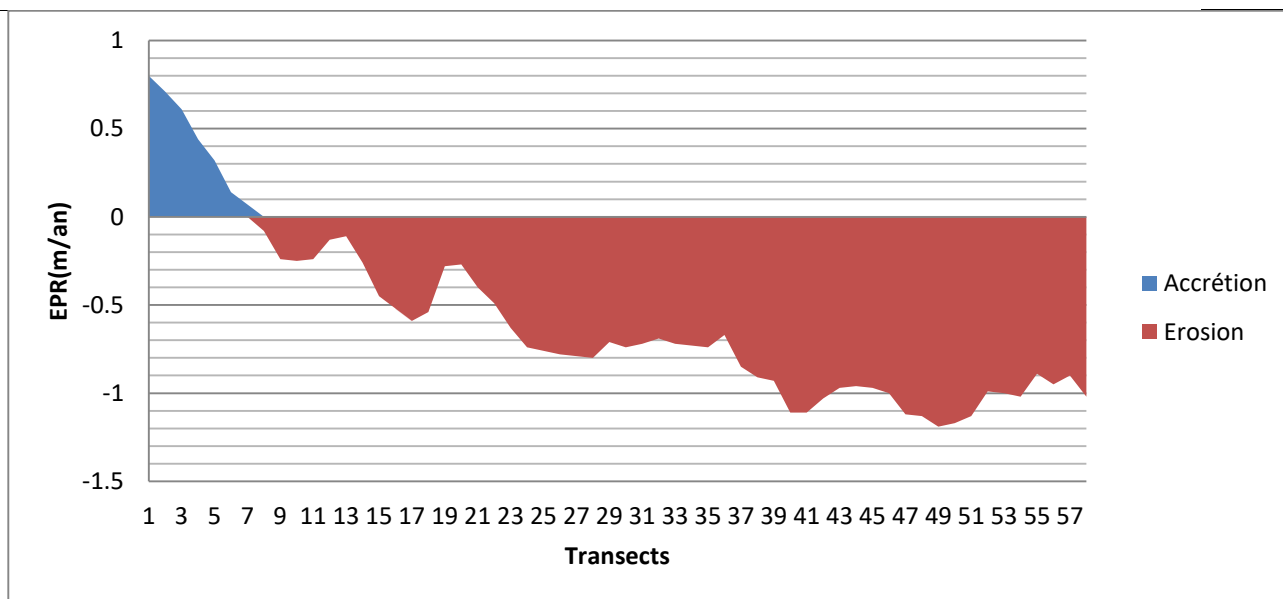


Tableau IV.6 : Synthèse statistique sur la cinématique du trait de

Année	NSM (m)	EPR min (m/an)	EPR max (m/an)	EPR moy (m/an)	LRR moy (m/an)
2002/2012	-10.72	-2.16	1.05	-1.07	
2012/2017	-5.04	-2.94	1.07	-1.01	
2017/2022	3.52	-1.49	2.72	0.70	
2002/2022	-11.83	-1.19	0.8	-0.59	-0.68

Synthèse statistique et cartographie de la cinématique du trait de côte de plage sidi Brahim Est entre 2002 et 2022

1.7. La plage sidi Brahim

Petite plage située entre deux caps et présente une forme de baie orientée vers le nord-est (Figure IV.12). Au cours de la période d'étude, le taux net d'évolution de la plage a été de 0,25 mètre par an, ce qui indique une stabilité relative.

Les résultats de l'analyse diachronique (Tableau IV.7) a montré que les sédiments de la plage se déplacent d'est en ouest, une érosion à l'ouest et une faible accumulation à l'est. Cela est dû aux processus d'hydrodynamique qui influencent le mouvement des sédiments le long de la côte.

Figure IV.13 : Carte de taux d'évolution du trait de côte de la plage sidi Brahim entre 2002 et 2022



Figure IV.14 : diagramme du taux d'évolution du trait de côte de plage sidi Brahim

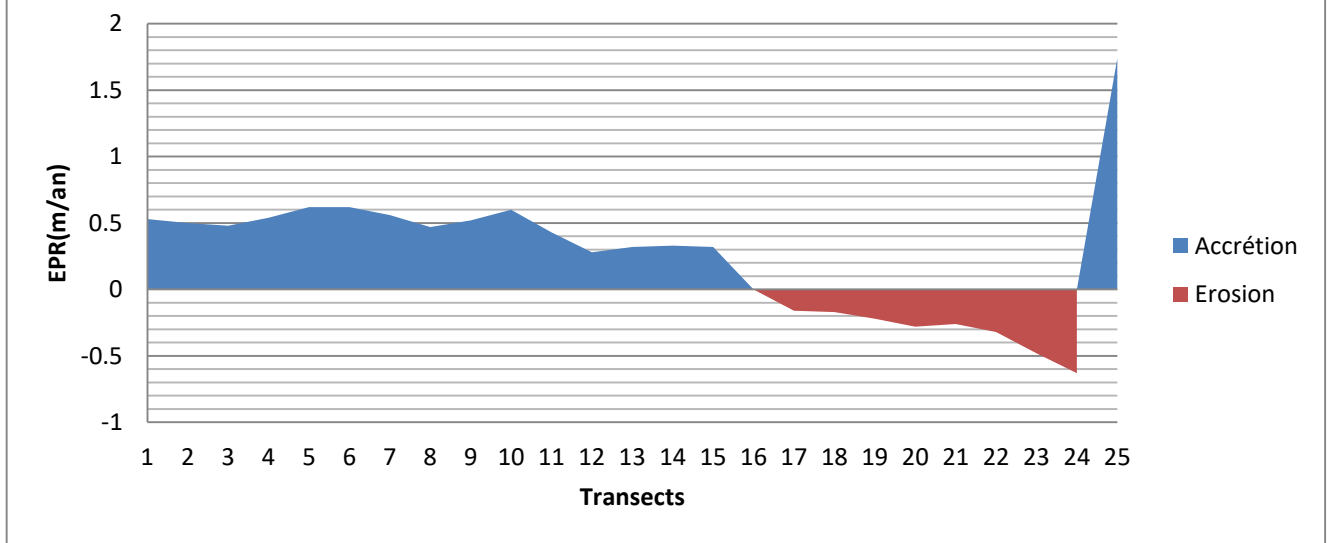


Tableau IV.7 : Synthèse statistique sur la cinématique du trait de côte

Année	NSM (m)	EPR min (m/an)	EPR max (m/an)	EPR moy (m/an)	LRR moy (m/an)
2002/2012	4.11	-0.62	1.54	0.41	
2012/2017	-3.07	-3.22	1.55	-0.61	
2017/2022	3.17	-2.63	2.05	0.63	
2002/2022	4.26	-0.63	1.74	0.25	0.14

Synthèse statistique et cartographie de la cinématique du trait de côte de plage sidi brahim entre 2002 et 2022

1.8.Plage Bois Sacré Ouest

La plage Bois Sacré Ouest est une étendue de sable située à l'ouest de la zone connue sous le nom de Bois Sacré (Figure IV.15). Cette plage présente une forme rectiligne orientée vers le nord. Elle est bordée par des dunes de sable et caractérisée par la présence de l'estuaire de l'Oued Kelel à proximité.

L'étude diachronique (Tableau IV.8) de l'évolution du trait de côte de la plage Bois Sacré Ouest sur une période donnée a révélé les tendances suivantes :

- Entre 2002 et 2012 : La plage a montré une tendance à la progradation, avec un gain moyen de terrain atteignant jusqu'à 29 mètres, accompagné d'une vitesse d'érosion moyenne de -1.21 mètre par an.
- Entre 2012 et 2017 : La plage est restée dans un état d'engraissement, avec un taux moyen d'évolution de 1.28 mètre par an, indiquant une poursuite de l'accumulation de sédiments.
- Entre 2017 et 2022 : Durant cette période, la plage a subi une érosion significative, avec une vitesse d'érosion moyenne de 2.51 mètres par an..

Le taux net de recul de la plage Bois Sacré Ouest est de -0.29, ce qui indique une légère tendance à l'érosion sur la période considérée.

Figure IV.15 : Carte de taux d'évolution du trait de côte de la plage Bois Sacré Ouest entre 2002 et 2022



Figure IV.16 : diagramme du taux d'évolution du trait de côte de plage Bois Sacré Ouest

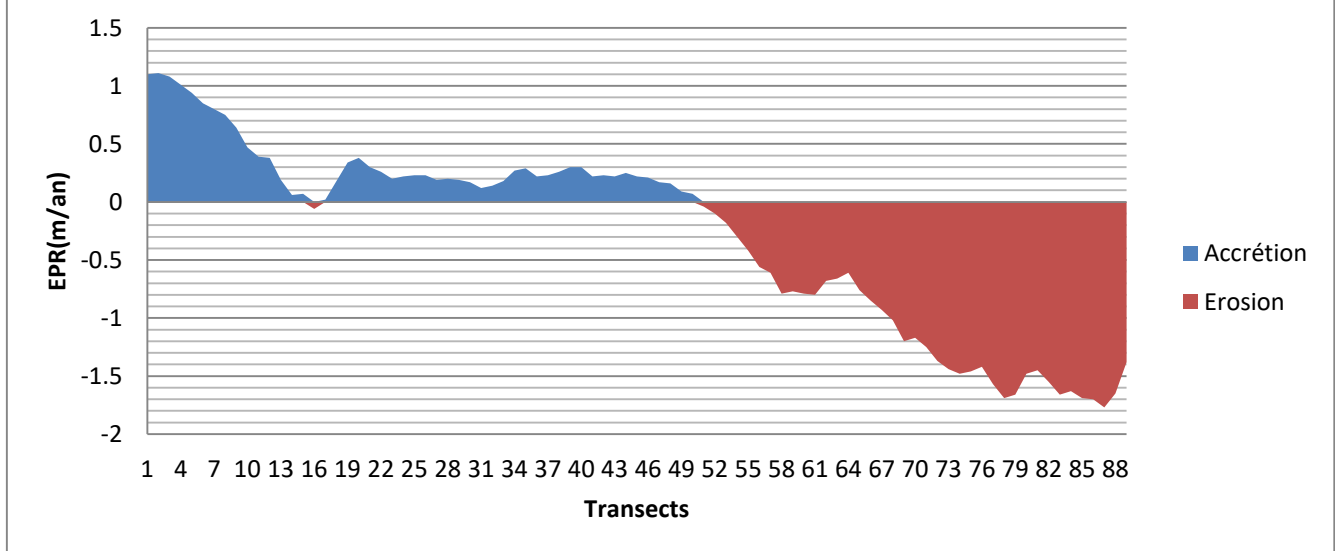


Tableau IV.8 : Synthèse statistique sur la cinématique du trait de côte

Année	NSM (m)	EPR min (m/an)	EPR max (m/an)	EPR moy (m/an)	LRR moy (m/an)
2002/2012	12.19	0.15	2.96	1.22	
2012/2017	6.43	-1.78	3.61	1.29	
2017/2022	-12.59	-9.94	2.67	-2.51	
2002/2022	-5.74	-1.77	1.11	-0.29	-0.49

Synthèse statistique et cartographie de la cinématique du trait de côte de plage Bois Sacré Ouest entre 2002 et 2022

1.9.Plage Ibiza-Bois sacré

La plage Ibiza est une plage de forme rectiligne orientée vers le nord-ouest (Figure IV.17). À l'est de cette plage se trouve un port de pêche, tandis qu'à l'ouest de plage, un brise-lame et deux d'épis ont été installés en 2013.

L'analyse diachronique de la plage Ibiza révèle les tendances suivantes sur la période étudiée :

Entre 2002 et 2012 : La plage a connu une accrétion modérée avec un taux d'évolution de 0.44 m/an. Cela signifie qu'il y a eu une augmentation de la quantité de sédiments déposés sur la plage.

Entre 2012 et 2017 : Une érosion importante a été observée avec une vitesse d'érosion de -1.11 m/an.

Entre 2017 et 2022 : Pendant cette période, une limitation de l'érosion a été constatée et une accumulation de sédiments s'est produite au niveau des ouvrages de protection installés. Cela a conduit à une accrétion modérée avec un taux d'évolution de 0.96 m/an. Les ouvrages de protection ont joué un rôle important en réduisant l'impact de l'érosion et en favorisant la rétention des sédiments, ce qui a conduit à une accumulation de ceux-ci.

Le taux d'évolution net sur l'ensemble de la période étudiée est de 0.18 m/an.

Figure IV.17 : Carte de taux d'évolution du trait de côte de plage ibiza - Bois sacré entre 2002 et 2022



Figure IV.18 : diagramme du taux d'évolution du trait de côte de plage ibiza - Bois sacré

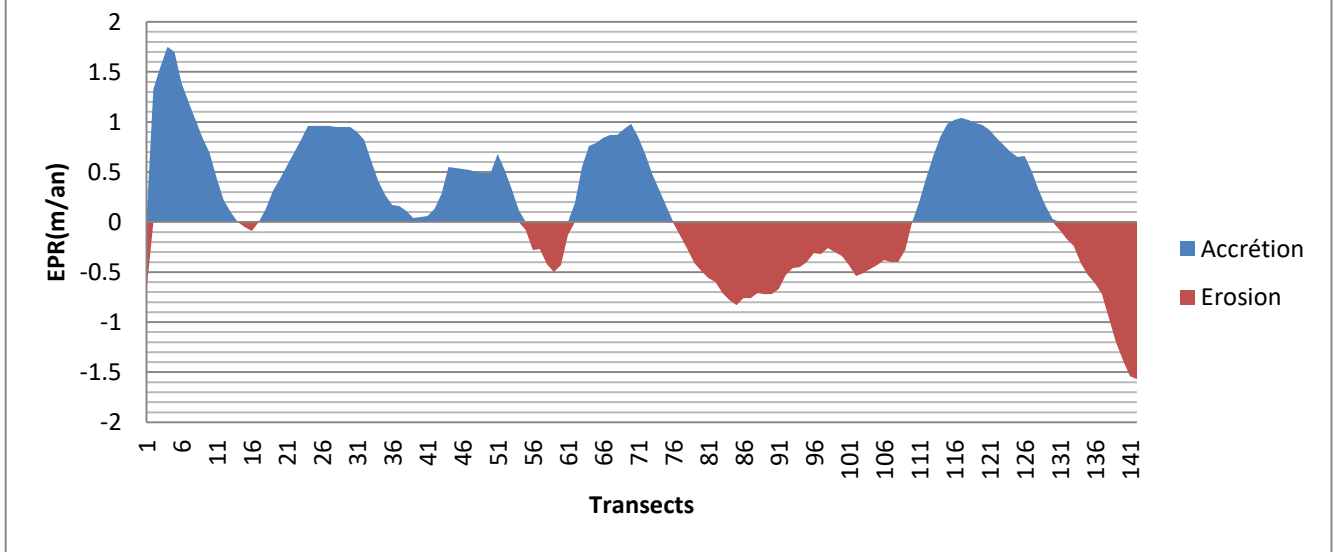


Tableau IV.9 : Synthèse statistique sur la cinématique du trait de

Année	NSM (m)	EPR min (m/an)	EPR max (m/an)	EPR moy (m/an)	LRR moy (m/an)
2002/2012	4.40	-2.74	5.66	0.44	
2012/2017	-5.53	-6.16	3.53	-1.11	
2017/2022	4.78	-0.85	3.21	0.96	
2002/2022	3.62	-1.57	1.75	0.18	0.1

Synthèse statistique et cartographie de la cinématique du trait de côte de plage ibiza - Bois sacré entre 2002 et 2022

1.10. Plage la pointe

C'est une petite plage de forme de golf orientée vers le nord-est (Figure IV.19), l'évolution de la plage selon nos résultats sur la période étudiée (Tableau IV.10) est la suivante :

Entre 2002 et 2012, la plage a connu une érosion très faible et négligeable ou est restée relativement stable, avec un taux moyen d'érosion de -0,09 mètre par an. Cela signifie que la perte de matériau sur la plage était minimale pendant cette période.

Entre 2012 et 2017, la plage a montré une accrétion faible, presque stable, avec un taux moyen d'accrétion de 0,25 mètre par an. Cela indique une légère augmentation de la quantité de sédiments sur la plage, bien que le rythme d'accumulation soit relativement faible.

À partir de 2017, la plage a connu une accrétion modérée avec un taux moyen d'accrétion de 0,83 mètre par an. Cela suggère une augmentation plus significative de la quantité de sédiments déposés sur la plage.

La plage de La Pointe a montré une tendance globale à l'accrétion au cours de la période étudiée, avec des variations de l'érosion très faible à l'accrétion modérée. Cela suggère un équilibre relatif avec un taux d'évolution de 0,24 mètre par an.

Figure IV.19 : Carte de taux d'évolution du trait de côte de la plage La pointe entre 2002 et 2022



Figure IV.20 : diagramme du taux d'évolution du trait de côte de plage La pointe

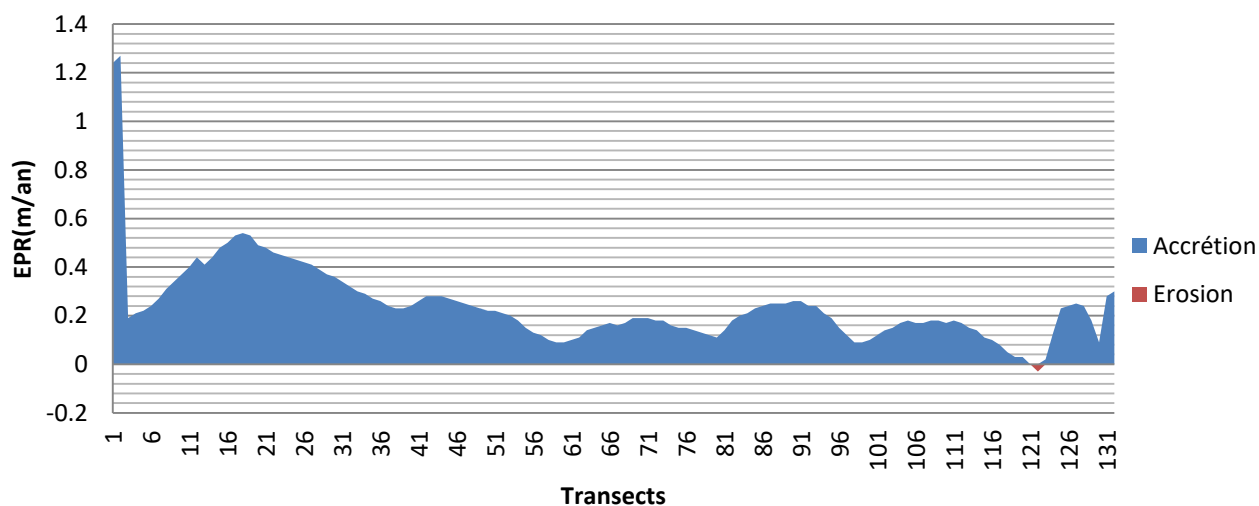


Tableau IV.10 : Synthèse statistique sur la cinématique du trait de côte

Année	NSM (m)	EPR min (m/an)	EPR max (m/an)	EPR moy (m/an)	LRR moy (m/an)
2002/2012	-0.91	-0.76	0.15	-0.09	
2012/2017	1.29	-0.93	5.34	0.26	
2017/2022	4.16	-2.8	1.76	0.83	
2002/2022	4.61	-0.03	1.27	0.24	0.2

Synthèse statistique et cartographie de la cinématique du trait de côte de plage la pointe entre 2002 et 2022

1.11. Plage Oued Sebt

Une plage étendue sur plus que 3 kilomètres présente une forme rectiligne et ouverte orientée vers le nord. Cette plage a connu une stabilité entre 2002 et 2012, avec un taux d'évolution proche de zéro mètre par an.

Entre 2012 et 2017, la plage a subi une érosion importante, avec un recul moyen de -11,8 mètre et une vitesse d'érosion de -2,3 mètres par an.

Entre 2017 et 2022, la plage est passée à l'état d'engraissement, avec un taux d'accrétion de 2,36 m/an.

Le taux net d'évolution de la plage de 0,14 mètre par an indique sa résilience et sa capacité à équilibrer les apports et les pertes (Tableau IV.11).

Figure IV.21 : Carte de taux d'évolution du trait de côte de la plage OuedSebtentre 2002 et 2022

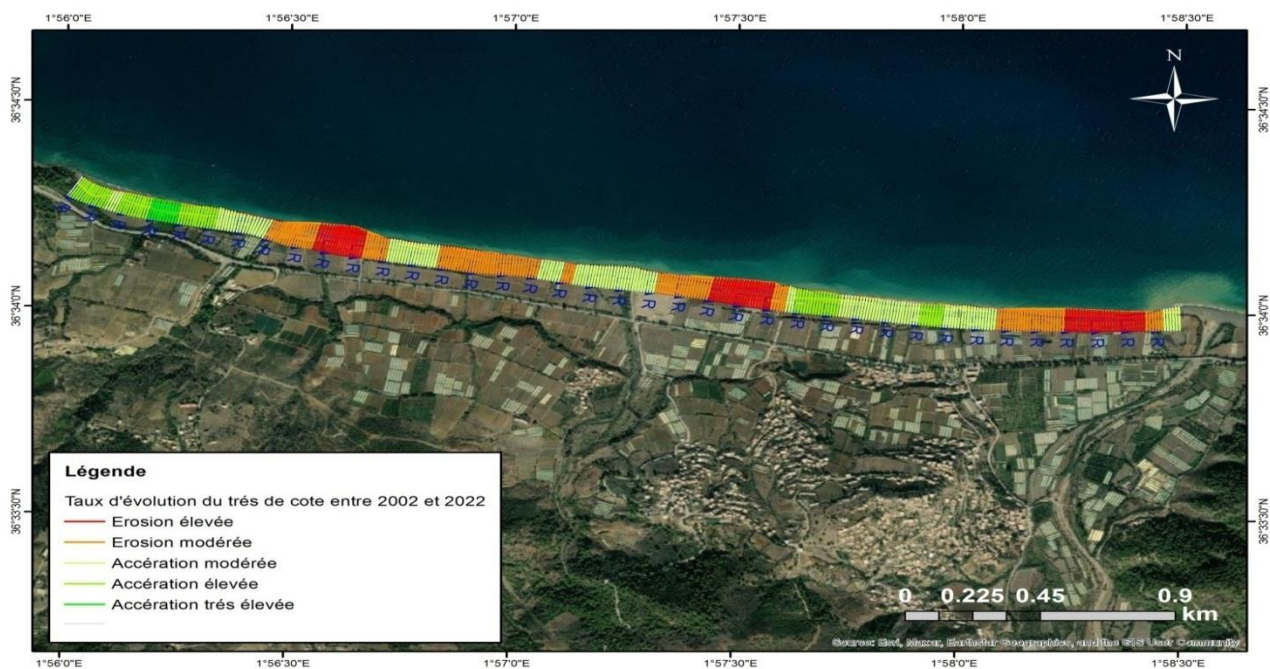


Figure IV.22 : diagramme du taux d'évolution du trait de côte de plage OuedSebt

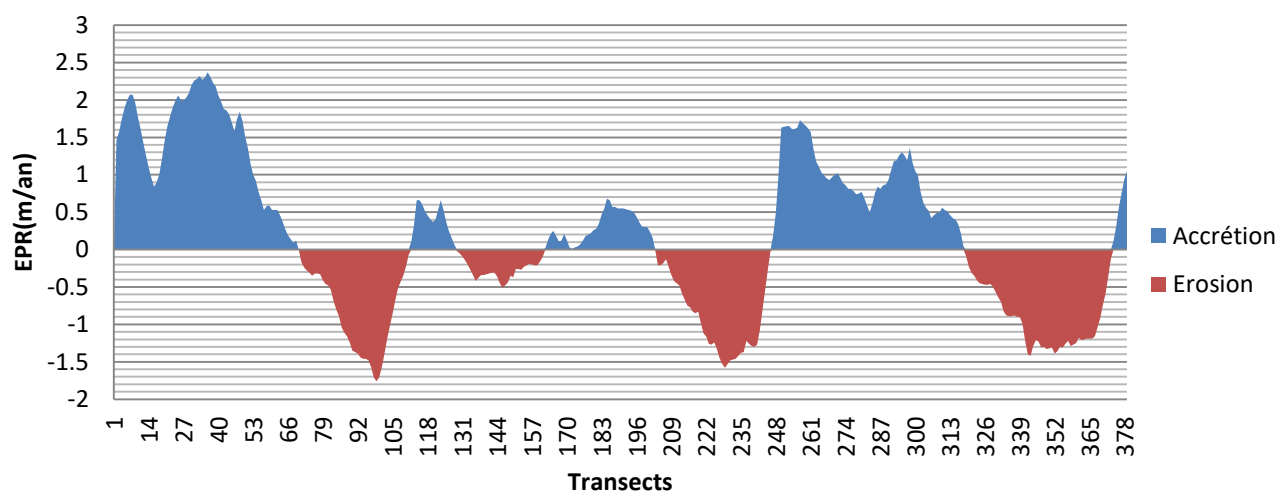


Tableau IV.11 : Synthèse statistique sur la cinématique du trait de

Année	NSM (m)	EPR min (m/an)	EPR max (m/an)	EPR moy (m/an)	LRR moy (m/an)
2002/2012	2.54	-4.02	5	0.25	
2012/2017	-11.52	-7.32	3.4	-2.31	
2017/2022	11.81	-2.35	6.23	2.36	
2002/2022	2.82	-1.76	2.37	0.14	-0.06

Synthèse statistique et cartographie de la cinématique du trait de côte de plage OuedSebt entre 2002 et 2022

1.12. La Plage Messelmoun

La plage de Messelmoun, de forme rectiligne et orientée vers le nord, est située entre les embouchures des Oueds Sebt et Messelmoun (Figure IV.23). Cette la plage subit une érosion importante durant les 20 ans avec un taux net de -1,93 m/an.

L'analyse diachronique révèle les tendances suivantes (Tableau IV.12) :

Entre 2002 et 2012 : érosion très élevée avec une vitesse de recule de -3.2 mètres par an.

Entre 2012 et 2017 : la vitesse de recule devient -1.59 mètres par an.

Entre 2017 et 2022 : faible accrétion de 0.39 mètre par an, l'accumulation est remarquable au niveau des zones d'embouchures des Oueds Sebt et Messelmoun.

Figure IV.23 : Carte de taux d'évolution du trait de côte de plage Messelmoun entre 2002 et 2022

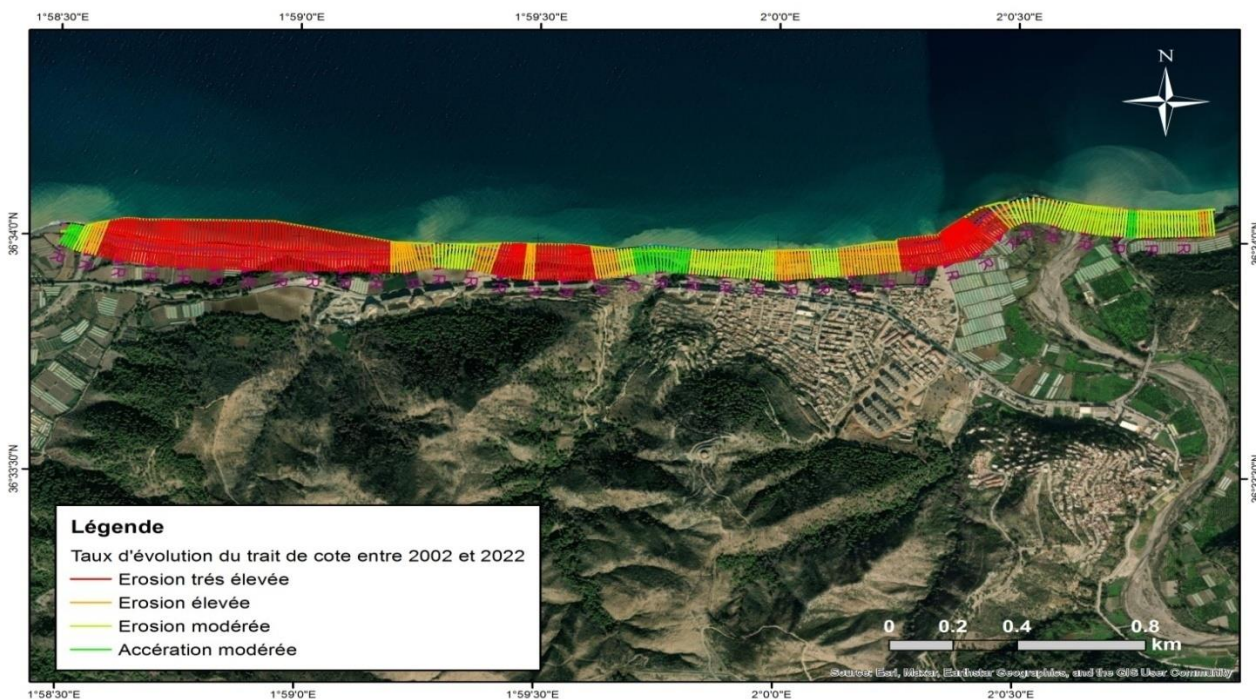


Figure IV.24 : diagramme du taux d'évolution du trait de côte de plage Messelmoun

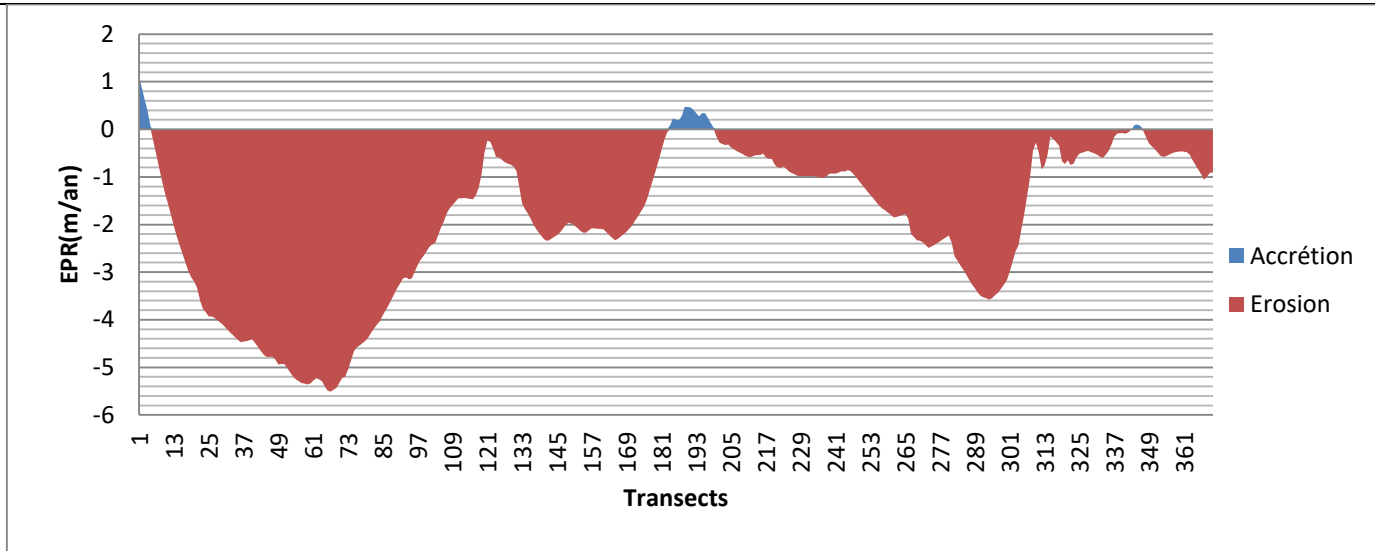


Tableau IV.12 : Synthèse statistique sur la cinématique du trait de côte

Année	NSM (m)	EPR min (m/an)	EPR max (m/an)	EPR moy (m/an)	LRR moy (m/an)
2002/2012	-32.61	-11.06	3.07	-3.261	
2012/2017	-7.97	-6.46	3.1	-1.59	
2017/2022	1.97	-5	6.73	0.39	
2002/2022	-38.61	-5.51	1.12	-1.93	-2.05

Synthèse statistique et cartographie de la cinématique du trait de côte de plage Messelmoun entre 2002 et 2022

1.13. Plage central – le petit

La plage centrale est de forme rectiligne avec un cap à l'extrémité de l'est (Figure IV.25),

L'analyse diachronique révèle qu'entre 2002 et 2012, la plage a connu une érosion faible, avec un recul moyen de -0,34 m/an.

Entre 2012 et 2017, la plage a continué de subir une érosion modérée, avec une vitesse de recul de 0,62 m/an.

Entre 2017 et 2022, la plage est passée à un état d'engraissement avec une importante accrétion, avec un taux d'évolution de 1,62 m/an.

La plage centrale, présente un taux d'évolution net proche de zéro, ce qui témoigne de sa résilience et de son état de stabilité pendant la période étudiée (Tableau IV.13).

Figure IV.25 : Carte de taux d'évolution du trait de côte de la plage central le petit entre 2002 et 2022

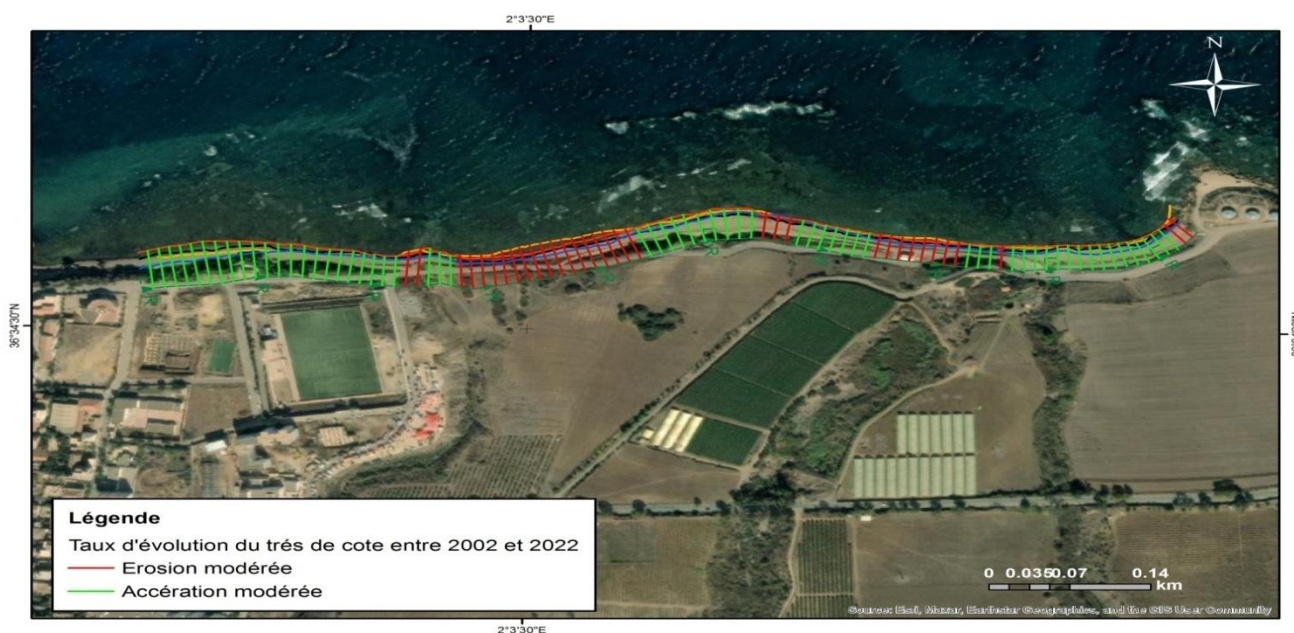


Figure IV.26 : diagramme du taux d'évolution du trait de côte de plage central le petit

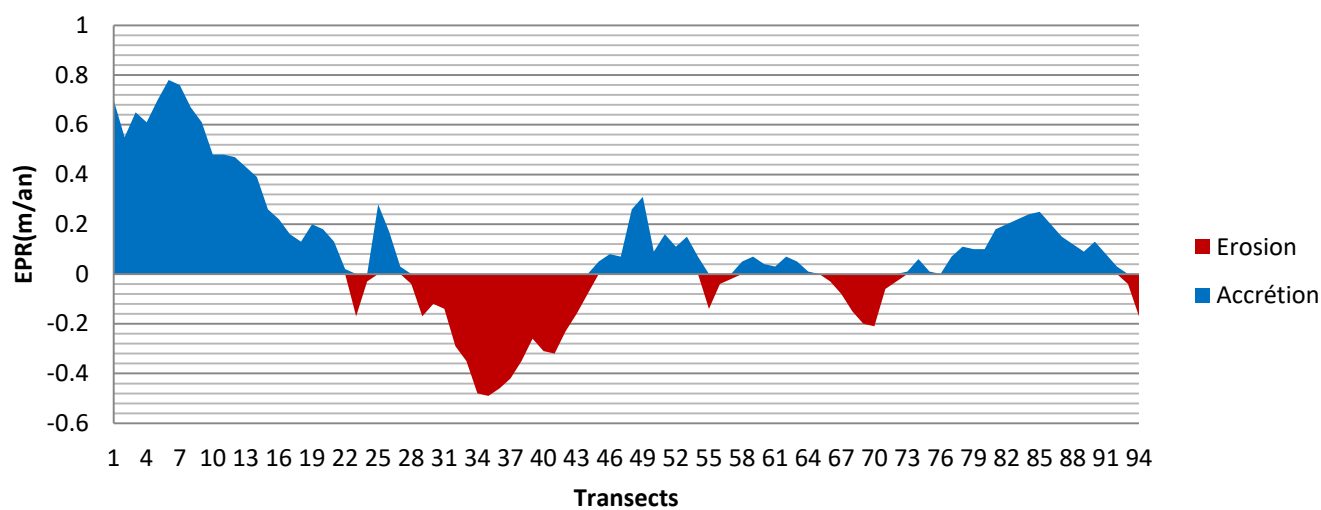


Tableau IV.13 : Synthèse statistique sur la cinématique du trait de côte

Année	NSM (m)	EPR min (m/an)	EPR max (m/an)	EPR moy (m/an)	LRR moy (m/an)
2002/2012	-3.44	-1.32	0.61	-0.34	
2012/2017	-3.11	-2.61	1.35	-0.62	
2017/2022	8.14	-0.45	4.47	1.63	
2002/2022	1.63	-0.49	0.78	0.09	-0.02

Synthèse statistique et cartographie de la cinématique du trait de côte de plage central le petit entre 2002 et 2022

1.14. Plage el-Gasaa Sidi Ghiles

La plage el Gasaa à Sidi Ghiles est une plage étendue de plus de 1,4 km, limitée par deux caps. Cette zone présente une forte urbanisation proche du littoral, entre les transects 78 et 138 (Figure IV.28).

Deux épis en forme de T ont été installés au niveau de cette plage en 2017.

L'analyse diachronique présente les résultats suivants :

Entre 2002 et 2012, le taux d'évolution proche est de zéro et indique une stabilité globale de la plage, mais il y a eu une érosion importante touchant la partie urbanisée, tandis que de l'autre côté, il y a eu une accumulation tout aussi importante.

Entre 2012 et 2017, on observe que l'accumulation est très élevée avec une vitesse d'accrétion de 1.79 mètre par an.

Entre 2017 et 2022, la plage connue une érosion de -0.98 mètre par an.

Figure IV.27 : Carte de taux d'évolution du trait de côte de plage el Gasaa Sidi Ghilesentre 2002 et 2022



Figure IV.28 : diagramme du taux d'évolution du trait de côte de plage el Gasaa Sidi Ghiles

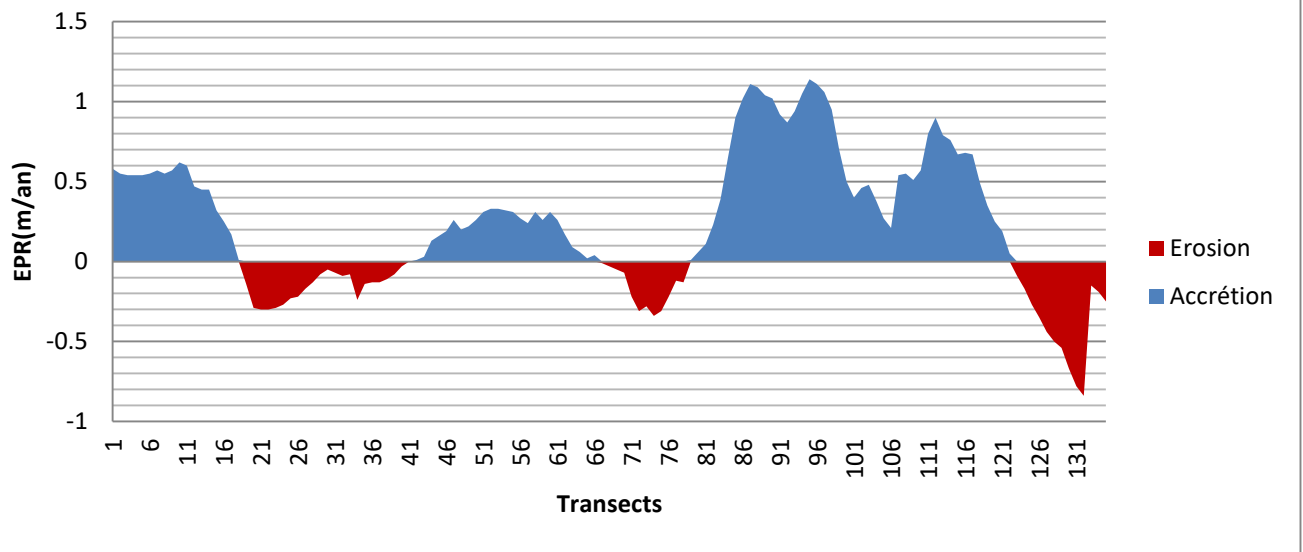


Tableau IV.14 : Synthèse statistique sur la cinématique du trait de côte

Année	NSM (m)	EPR min (m/an)	EPR max (m/an)	EPR moy (m/an)	LRR moy (m/an)
2002/2012	0.35	-1.3	1.16	0.035	
2012/2017	8.94	-0.68	6.23	1.79	
2017/2022	-4.89	-6.73	3.05	-0.98	
2002/2022	4.51	-0.84	1.14	0.22	0.33

Synthèse statistique et cartographie de la cinématique du trait de côte de plage el Gasaa Sidi Ghiles entre 2002 et 2022

1.15. Plage Sidi Ghiles

La plage de Sidi Ghiles, petite et en forme de golfe, est orientée vers le nord-ouest (Figure IV.29). Au cours de la période étudiée entre 2002 et 2022, nos résultats ont démontré une quasi-stabilité de cette plage, avec un taux net d'évolution négatif proche de zéro (-0,24 m/an).

L'analyse diachronique révèle les tendances suivantes (Tableau IV.15) :

Entre 2002 et 2012 : érosion faible avec une vitesse d'évolution de -0.24 mètres par an.

Entre 2012 et 2017 : érosion faible avec une vitesse d'évolution de -0.4 mètres par an.

Entre 2017 et 2022 : faible accrétion de 0.02mètre par an.

Figure IV.29 : Carte de taux d'évolution du trait de côte de la plage Sidi Ghilesentre 2002 et 2022



Figure IV.30 : diagramme du taux d'évolution du trait de côte de plage Sidi Ghiles

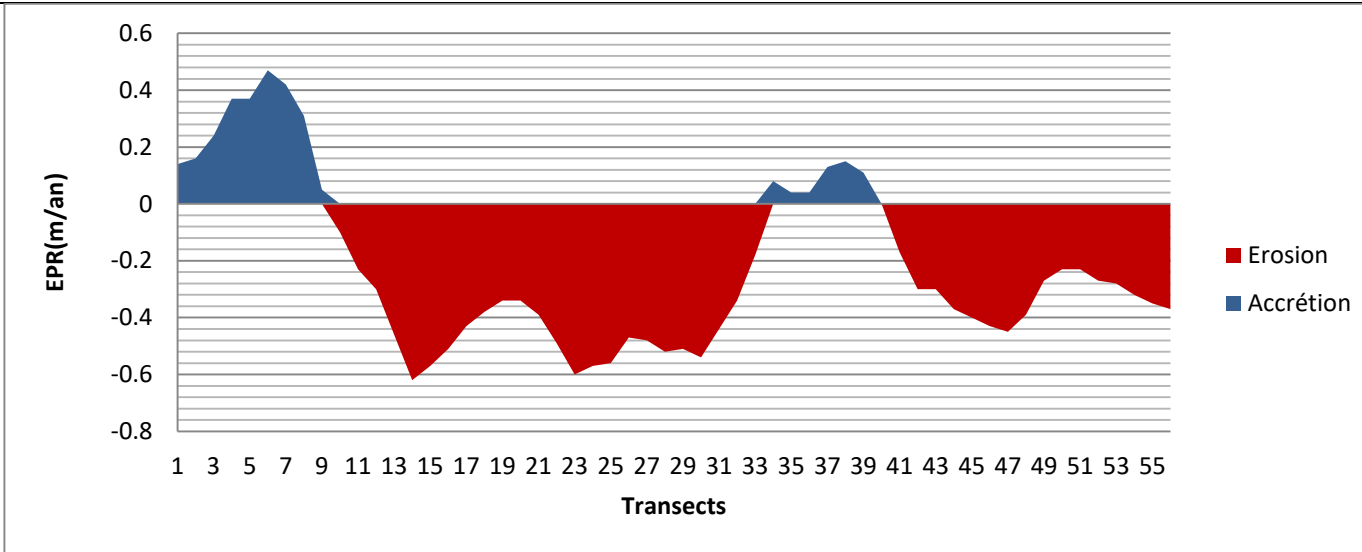


Tableau IV.15 : Synthèse statistique sur la cinématique du trait de côte

Année	NSM (m)	EPR min (m/an)	EPR max (m/an)	EPR moy (m/an)	LRR moy (m/an)
2002/2012	-2.45	-0.69	0.43	-0.24	
2012/2017	-2.01	-2.57	2.7	-0.40	
2017/2022	0.09	-1.24	1.08	0.02	
2002/2022	-4.39	-0.62	0.47	-0.22	-0.24

Synthèse statistique et cartographie de la cinématique du trait de côte de plage Sidi Ghiles entre 2002 et 2022

2. Discussion

	Plages	Morphologie de la plage	Connecté à un Oued	NSM (m)	EPR (m/an)	LRR (m/an)
1	Plage D'El Bordj	rectiligne	Oued Damous	-15.65	-0.83	-1.2
2	Plage La Presqu'île	rectiligne	Oued Herbil	-5.49	-0.27	-0.39
3	Plage Kharouba	golf	non	-16.75	-0.84	-1.01
4	Plage LARHAT	rectiligne	OuedLarhat	-16.60	-0.83	-0.93
5	Plage Sidi Brahim Ouest	baie	non	-10.46	-0.52	-0.59
6	Plage Sidi Brahim Est	baie	non	-11.83	-0.59	-0.68
7	Plage Sidi Brahim	baie	non	4.27	0.25	0.14
8	Plage Bois Sacré Ouest	rectiligne	Oued Kelal	-5.74	-0.29	-0.49
9	Plage Ibiza - Bois sacré	rectiligne	non	3.62	0.18	0.10
10	Plage De La pointe	golf	non	4.61	0.24	0.20
11	Plage OuedSebt	rectiligne	OuedSebt	2.82	0.14	-0.06
12	Plage Messelmoun	rectiligne	Oued Messelmoun	-38.61	-1.93	-2.05
13	Plage centrale(Le petit)	rectiligne	non	1.63	0.09	-0.02
14	Plage el Gasaa Sidi Ghiles	golf	non	4.52	0.22	0.33
15	Plage Sidi Ghiles	golf	non	-4.39	-0.22	-0.24

Tableau IV.16 : Résumé des résultats des plages étudiées

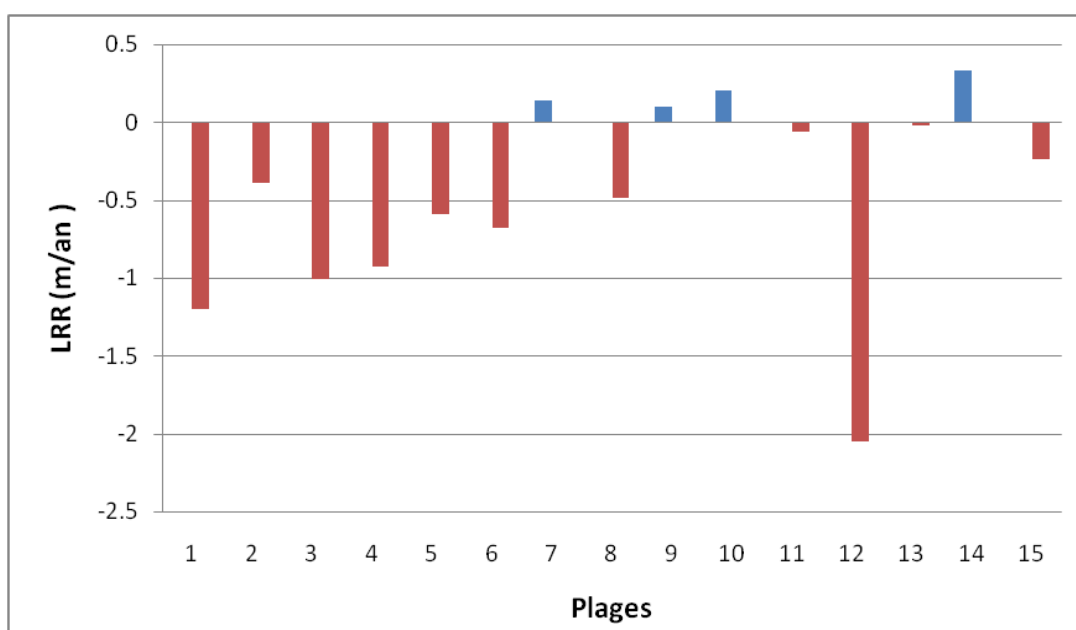


Figure IV.31 : diagramme de l'indice LRR des plages de la zone d'étude

À partir du Tableau IV.16, on constate que la morphologie des plages joue un rôle crucial dans leur état d'évolution, tout comme la présence des embouchures des Oueds qui apportent des sédiments à la plage. Les plages de morphologie rectiligne sont les plus vulnérables à l'érosion, tandis que les plages en forme de baie et les plages situées dans des golfes sont plus stables et résistent mieux à l'érosion.

La zone côtière de Sidi Ghiles jusqu'à Damous est globalement présente des plages sableuses très vulnérables, soumises à une érosion allant de modérée à importante (Figure IV.31), en raison de divers facteurs, notamment le forçage hydrodynamique et l'activité anthropique.

Les plages rectilignes sont généralement les plus touchées par l'érosion, mais la plage de Messelmoun a été particulièrement affectée, perdant 38 mètres de sa largeur.

Cette érosion est principalement due aux facteurs hydrodynamiques tels que les vagues, les courants et les marées, ainsi qu'à l'activité humaine, notamment l'extraction de sable.

L'extraction excessive de sable peut perturber l'équilibre naturel de la plage en réduisant les réserves de sédiments disponibles pour la reconstitution de la plage. Cela rend la plage plus vulnérable à l'érosion et contribue à son endommagement.

On observe que certaines plages à l'ouest de la zone, notamment la plage D'El Bordj, plage la Presqu'île et plage Larhat, présentent un comportement similaire et des évolutions comparables. Entre 2002 et 2012, une érosion importante s'est produite, suivie d'une reprise entre 2012 et 2017, puis d'une accrétion à partir de 2017. Ces plages sont sensibles aux changements et vulnérables à l'érosion, mais elles ont la capacité de se rétablir grâce à des apports sédimentaires et la présence des Oueds.

Les trois plages de Sidi Brahim sont sous la forme de baies et se distinguent par leur résistance à l'érosion. Elles affichent une stabilité relative par rapport aux autres plages, grâce à leur comportement géomorphologique particulier.

L'installation d'épis sur la partie ouest de la plage d'Ibiza Bois Sacré joue un rôle essentiel en piégeant les apports sédimentaires, favorisant ainsi l'accrétion de cette plage. Mais, cette mesure entraîne une érosion significative sur la plage Bois Sacré ouest située juste à côté, vers l'ouest.

Certaines plages, comme la plage OuedSebt, La plage centrale « le petit » montrent une bonne capacité de résilience.

Conclusion générale

Conclusion générale

En conclusion, l'analyse des changements de la position de la ligne du rivage sur une période de 20 ans dans la région côtière de l'ouest de la wilaya de Tipaza a révélé une évolution morphologique irrégulière. Les résultats obtenus à l'aide de différentes méthodes d'analyse, telles que l'EPR, la LRR et NSM, ont montré des variations dans les taux de recul et d'accumulation le long de la côte.

Pour cela, l'utilisation de techniques d'imagerie satellite, telles que Google Earth Pro, associée à des méthodes d'analyse comme le DSAS, offre une approche efficace pour évaluer les variations du trait de côte et suivre l'évolution morphologique au fil du temps.

Les résultats obtenus indiquent que la zone côtière allant de Sidi Ghiles jusqu'à Damous est caractérisée par la présence de plages sableuses très vulnérables, soumises à une érosion modérée à importante. Ces phénomènes d'érosion sont principalement causés par deux facteurs : le forçage hydrodynamique naturel et l'activité humaine.

Nos propositions pour limiter l'érosion côtière au niveau des plages de Tipaza comprennent la mise en application des réglementations de la loi de littoral Loi n° 02-02 pour protéger la zone côtière contre les activités humaines.

Il est essentiel de restreindre l'extraction de sable au niveau des oueds et des lits des oueds afin de ne pas perturber le flux sédimentaire.

Lors de la construction de barrages, il est recommandé de mettre en place des stratégies de gestion des sédiments qui permettent le passage de ces derniers à travers le barrage ou d'envisager des systèmes de dérivation pour permettre à une partie des sédiments de s'écouler vers les zones côtières en aval. En outre, nous proposons l'installation d'ouvrages de protection tels que des épis, des brise-lames, etc."

En conclusion, des études approfondies et une surveillance régulière des plages sont essentielles pour comprendre les processus d'évolution et prendre des mesures de gestion adaptées visant à maintenir l'équilibre et la santé des écosystèmes côtiers. Cela permet de prévoir les changements à long terme, d'identifier les zones nécessitant des mesures de gestion côtière et de détecter les signes précurseurs de l'érosion côtière. La collecte de données précises sur les variations spatiales et temporelles des plages est cruciale pour l'élaboration de mesures de protection et de restauration. Une compréhension approfondie des écosystèmes

côtiers permet d'identifier les zones écologiquement sensibles et de promouvoir des pratiques de gestion durable. En résumé, une gestion intégrée du littoral, basée sur des données scientifiques solides, est nécessaire pour préserver les écosystèmes côtiers, protéger les communautés côtières et assurer la durabilité des activités socio-économiques liées à ces zones.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

1. **Aagaard, T., Kroon, A., et al. (2005).** Intertidal beach change during storm conditions; Egmond, The Netherlands. *Marine Geology*, 218, P.P. 65-80.
2. **Akadje Amani Léocadie Marie-Claude ; (2011) ;** Analyse de la cinématique du trait de côte de Port-Ouuet à l'aide du couplage télédétection et SIG (Côte d'Ivoire). Mémoire de DEA . Aménagement de littoral. Côte d'Ivoire, Abidjan, Université Cocody, 42 p.
3. **Alegria-Arzaburu, A.R., Masselink, G., (2010).** Storm response and beach rotation on a gravel beach, Slapton Sands, U.K. *Marine Geology*, 278, P.P. 77–99.
4. **Amar Zemmour (2019) ;** Étude de l'évolution des littoraux dunaires de la Côte d'Opale à différentes échelles de temps : analyse de leur capacité de régénération post-tempête. Sciences de la Terre. Université du Littoral Côte d'Opale, 2019. Français. ffNNT : 2019DUNK0525ff. fftel-02270709ff.
5. **Amarni, N. (2014) ;** Utilisation de la géomatique pour l'étude des risques côtiers dans la zone centre Algérienne (littoral de Cherchell) ; Thèse de doctorat. Environnement marin et littoral ; Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral ; 222 p.
6. **Aziayibor Kodjo, M. (2014) ;** Transferts sédimentaires littoraux : analyse des conditions hydrodynamiques et sédimentaires littorales durant la campagne de grand popo 2014 ; impact sur la morphologie observée. Mémoire de Master of Science en Océanographie Physique et Applications. Université d'Abomey-Calavi (UAC), BENIN Faculté des Sciences et Techniques (FAST).
7. **Becet J.M., (2002).** Le droit de l'urbanisme littoral, Rennes. Presses Universitaires.
8. **Benaissa N. (2021).** Géomorphologie et environnement littoral. Polycopié de cours ; Université Oran.
9. **Benavente, J., Del Río, L., et al. (2002).** Utility of Morphodynamic Characterisation in the Prediction of Beach Damage by Storms. *Journal of Coastal Research*, SI 36, P.P. 56-64.
10. **Berkani M. et Merzougui S. W. (2021) ;** Etude et valorisation des terres perdues par la submersion marine dans la région Ouest d'Alger ; Mémoire d'ingénieur. Sciences de la mère ; Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral ; 152 p.
11. **Bouslah S. (2018).** Etude de la qualité des eaux stockées à l'amont et les eaux d'infiltration à l'aval des barrages en remblai en Algérie ; Thèse de doctorat. Sciences Hydraulique ; Université Badji Mokhtar Annabe ; 221 p.

12. **Bowman D., Guillén J., Lopez L., Pellegrino V. (2009)** – Planview geometry and morphological characteristics of pocket beaches on the Catalan coast (Spain). *Geomorphology* 108,191-199.DOI : [10.1016/j.geomorph.2009.01.005](https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2009.01.005)
13. **Browder, A.E., Reilly, W.L, (2008)**. Observation of large-scale beach cusps in the Florida Panhandle and Alabama. Proceeding of FSBPA, 21th Annual National Conference on Beach Preservation Technology (January 2008, Sarasota, FL), pp. 1-1694- 9, P.P. 61 - 143.
14. **Byrnes M., (1994)**. Shoreline position and nearshore bathymetric change, US Army Corps of Engineers. Waterways Experiment Station.VCSBURG. Report, CERC-94-9, P.P. 61-143.
15. **Chapon, J., Tenaud, R., Carbonnel, P., (1984)**. Discussion de la Question III: Conception des ouvrages de protection. Journées de l'hydraulique 18, P.P. 51–59.
16. **Clement Bouvier, (2019)** ; Barres d'avant-côte et trait de côte : dynamique, couplage et effets induits par la mise en place d'un atténuateur de houle. Ingénierie de l'environnement. Université de Bordeaux, 2019. Français. ffNNT : 2019BORD0088ff. fftel-02294118ff.
17. **Dauvin J-C., (2001)**. Gestion intégrée des zones côtières : outils et perspectives pour la préservation du patrimoine naturel. Publication du Muséum d'Histoire Naturelle.
18. **Djeoudi, R., Hantal, A. (2018)**. Géomorphodynamique de la zone côtière de la baie de Béjaia. Mémoire d'ingénieur. Gestion et protection de littoral. Alger : ENSSMAL.
19. **Dahmani, A., Zenati, A. (2012)**. Etude de protection du rivage du Bois sacré à Gouraya - Wilaya de Tipaza . Mémoire d'ingénieur. Gestion et protection de littoral . ALGER: ENSSMAL.
20. **Djouder, F., Boutiba, M., (2017)**. Vulnerability assessment of coastal areas to sea level rise from the physical and socioeconomic parameters: case of the Gulf Coast of Bejaia, Algeria. *Arabian Journal of Geosciences* 10, 299.
21. **Durand Paul. (1998)** ; Cinématique d'un littoral sableux à partir de photographies aériennes et de cartes topographiques. Exemple du littoral d'Argelès-Plage à Saint-Cyprien (Roussillon, France) In: *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, Juillet 1998, vol. 4, n°2. pp. 155-166; doi : <https://doi.org/10.3406/morfo.1998.952>https://www.persee.fr/doc/morfo_1266-5304_1998_num_4_2_952.
22. **Faye I.B.N., (2010)**. Dynamique du trait de côte sur les littoraux sableux de la Mauritanie a la Guinée-Bissau (Afrique de l'ouest) : approches régionales et locale par photo-interpretation, traitement d'images et analyse de cartes anciennes. Thèse de doctorat : université de Bretagne occidentale. p. 310
23. **Flandrin, J. and P. Claracq (1952)**, Chaîne du Djurdjura, département d'Alger, Service de la carte géologique de l'Algérie.

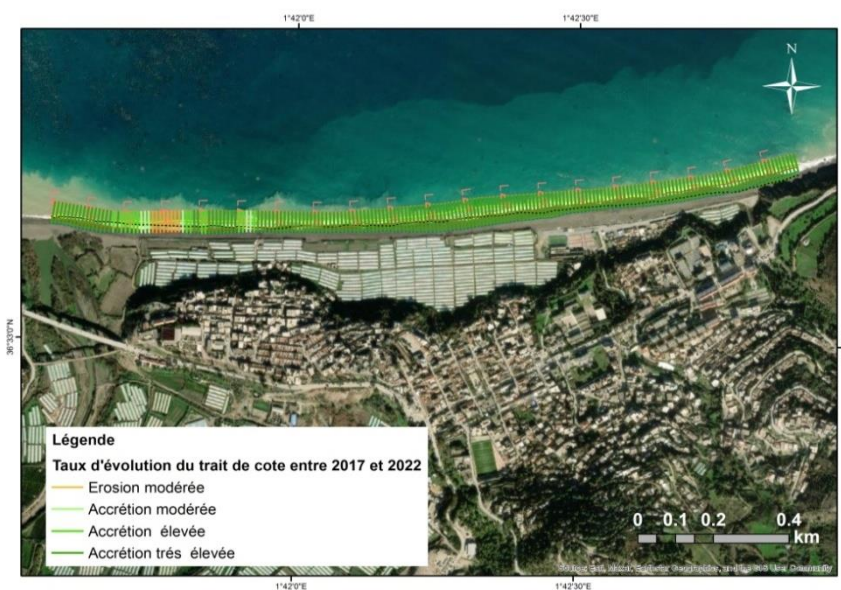
24. **Folland, C.K., Karl, T.R., Vinnikov, K.Y., 1990.** Observed climate variations and change. *Climate change: the IPCC scientific assessment* P.P. 195, 238.
25. **Forbes D.L., Parkes G.S., Manson G.K., Ketch L.A., 2004.** Storms and shoreline retreat in the southern Gulf of St Lawrence. *Marine Geology*, vol. 210, n° 1-4, P.P. 169-204.
26. **Foti, G et al (2019).** Shoreline changes near river mouth: case study of Sant'Agata River (Reggio Calabria, Italy).
27. **Genz, A. S., C. H. Fletcher, et al. (2007),** The predictive accuracy of shoreline change rate methods and alongshore beach variation on Maui, Hawaii, *Journal of coastal research*, P.P. 87-105.
28. **Gervais, M.; Balouin, Y.; Belon, R.** Morphological response and coastal dynamics associated with major storm events along the Gulf of Lions Coastline, France. *Geomorphology* 2012, 143, P.P. 69–80. [CrossRef]
29. **GIEC, P., (2001).** changements climatiques: Rapport sur Réduire la vulnérabilité des populations pauvres par l'adaptation aux changements climatiques. Berlin Media Company, Allemagne.
30. **Gracia, F.J., Anfuso, G., Benavente, J., Del Río, L., Domínguez, L., Martínez, J.A., 2005.** Monitoring coastal erosion at different temporal scales on sandy beaches: application to the Spanish Gulf of Cadiz coast. *Journal of Coastal Research*, SI 49, P.P. 22-27.
31. **Horn D.P., 1993.** Sediment dynamics on a macrotidal beach : isle of man. *Journal of Coastal Research*, 9(1), P.P. 189-208.
32. **Jago C.F. et Hardisty J., 1984.** Sedimentology and morphodynamics of macrotidal beach, pendine sands, SW Wales. *Marine geology*, 60, 123-154.
33. **James PM Syvitski a, Scott D. Peckhama Rachel Hilbermana , Thierry Mulderb; (2003).** Prédire le flux terrestre de sédiments vers l'océan mondial : une perspective planétaire. *Sedimentary Geology* 162(1): P.P. 5-24. DOI:[10.1016/S0037-0738\(03\)00232-X](https://doi.org/10.1016/S0037-0738(03)00232-X).
34. **Laboratoire central d'hydraulique de france, (1976),** Géomorphologie et hydrodynamisme du littoral entre le havre et dunkerque , Synthèse documentaire, 56 p.
35. **Laurent, F. et Rossignol, J-P. (2004).** Cartographie des propriétés des sols à partir de l'indice topographique et de la lithologie : analyse de la sensibilité à la densité d'observations pédologiques et modélisation agro-hydrologique 11(3), P.P. 199–217.
36. **Lefrancois, M.C (2007).** Inventaire des cours d'eau. [En ligne]. [Consulté le 12/08/2021], disponible sur le web : <http://bassin-sarthe.org>.

37. Lemos, C., Floch, F., Yates, M., Le Dantec, N., Marieu, V., Hamon, K., Cuq, V., Suanez, S., Delacourt, C., (2018). Equilibrium modeling of the beach profile on a macrotidal embayed low tide terrace beach. *Ocean Dynamics* 68, P.P. 1207–1220.
38. Levoy F., (1994). Evolution et fonctionnement hydro sédimentaire des plages macrotidales : l'exemple de la côte ouest du cotentin. Thèse de Doctorat, Univ. Caen, 423 p.
39. Levoy F., Larsonneur C., (1994). Étude globale concernant la défense contre la mer, synthèse des études. 141 p.
40. Michaud, C (2010). Notions de cours d'eau. [En ligne]. [Consulté le 25/06/2021], disponible sur le web : <http://www.aqve.com>
41. Millot C., 1985. Some features of the Algerian Current. *J. Geophys. Res.*, 90, C4, P.P. 7169-7176.
42. Mouhoubi, N. e. (2012). Etude d'une solution de protection pour la plage centre de Sidi Ghiles (cherchel). Mémoire d'ingénieur. Gestion et protection de littoral. ALGER DELY IBRAHIM: ENSSMAL.
43. Moore, L. J. (2000), Shoreline mapping techniques, *Journal of coastal research*, 111-124
44. Nouri L. Farihi A. et Monnet J., 2019 ; De l'aménagement des promenades de la baie d'Alger à l'évolution des pratiques ludiques. *Enjeux et société*, 6(2), P.P. 55-79. <https://doi.org/10.7202/1066693ar>.
45. OMM, (2005). Le climat et la dégradation des sols. Organisation météorologique mondiale.
46. Paskoff R., (1994). Les littoraux Impacts des aménagements sur leur évolution. 2 éd. Masson page 254. Paskoff R., 1987. Les variations du niveau de la mer. *La recherche*, 191(18), P.P.1010-1019.
47. Probst J. L. et P. Amiotte Suchet (1992). Fluvial suspended sediment transport and mechanical erosion in the Maghreb (North Africa), *Hydrological Sciences Journal*, 37:6, P.P. 621-637, DOI: 10.1080/02626669209492628. <https://doi.org/10.1080/02626669209492628>.
48. Quinquis, Michel ; (2017) ; Relations entre bassins versants et cellules sédimentaires littorales : les exemples du Maroc, de l'Algérie et de la Tunisie ; thèse de doctorat ; Université de soutenance : Aix-Marseille Université ; 327 p.
49. Remini B., LEDUC CHRISTIAN, Hallouche W. (2009). Évolution des grands barrages en régions arides : quelques exemples algériens. In : SERVAT ERIC (ED.), MAHE GIL (ED.). Eau et zones arides. *Sécheresse*, 20 (1), P.P. 96-105. ISSN 1147-7806.
50. Samat O., 2007. Efficacité et impact des ouvrages en enrochement sur les plages microtidales. Le cas du Languedoc et du delta du Rhône. Thèse de doctorat Université de Provence Aix-Marseille I - CEREGE. 371 pages.

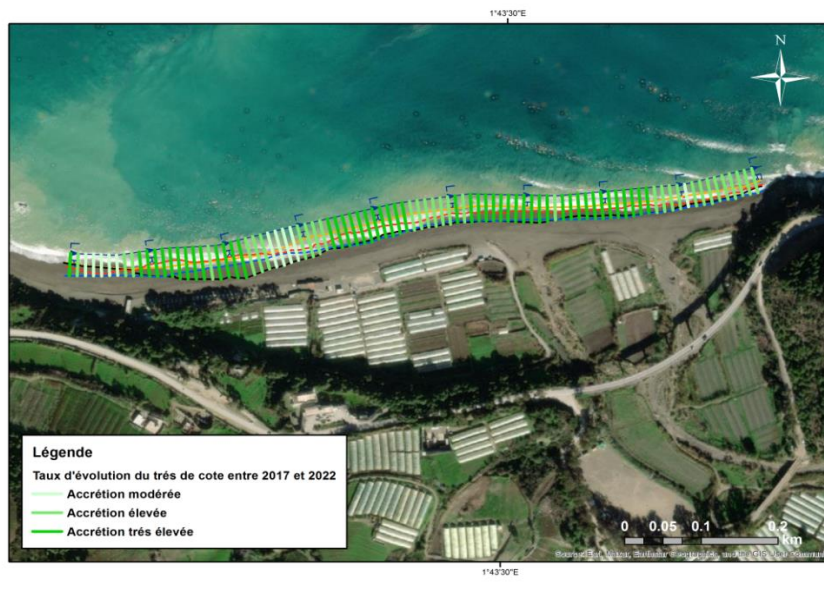
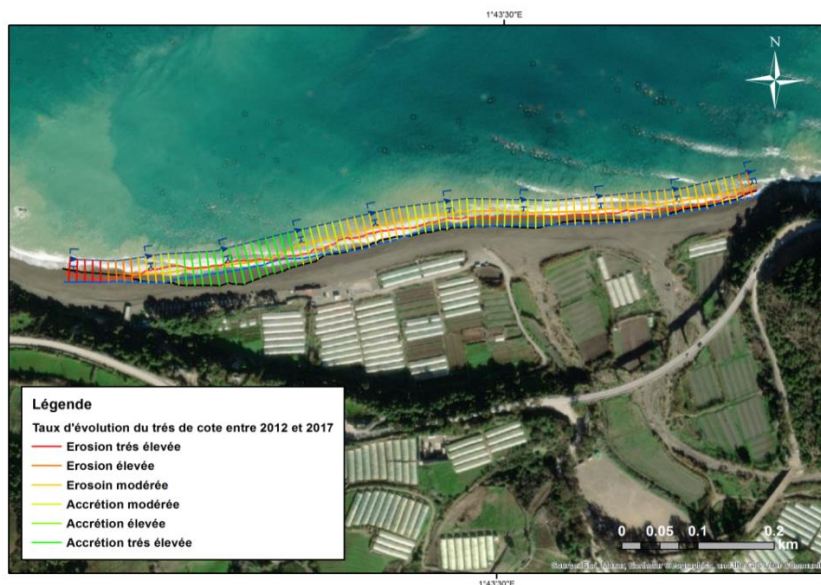
51. **SeffaH, D., Talaa, A., 2017.** Effet de l'urbanisation sur l'évolution des cotes -cas de la baie de Chenoua. P.P. 187-93.
52. **Shom (2011).** Descriptif technique du trait de côte Histolitt-v2.0. [En ligne]. [Consulté le 09/05/2021], disponible sur le web : <http://www.shom.fr/>.
53. **Short A. D., 1999.** Handbook of beach and morphodynamics. Edition. John Wiley and Sons. 379 p.
54. **Sonu C.J. 1973.** Three-dimensional beach changes. Journal of Geology, P.P. 81, 64.
55. **Soumati M. et Chouiki N. (2021) ;** Variabilité morphologique des embouchures des grands Oueds de la côte Algérienne ; Mémoire d'ingénieur. Sciences de la mère ; Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral ; 112 p.
56. **Stepanian A., (2002).** Évolution morphodynamique d'une plage macrotidale à barres : Omaha Beach (Normandie). Thèse de doctorat de l'Université de Caen
57. **Suanez, S., (2009).** La question du bilan sédimentaire des côtes d'accumulation. Rôle des forçages naturels et anthropiques dans les processus morphodynamiques analysés à partir de quelques exemples pris en Méditerranée et en Bretagne (PhD Thesis). Université de Caen.
58. **Thieler E.R., O'Connel J.F., Schupp C.A., 2001.**The Massachusetts shoreline change project: 1800s to1994. Technical report, USGS, Woods Hole, 39 p.
59. **Thieler, E. R., E. A. Himmelstoss, J. L. Zichichi, and A. Ergul (2009),** The Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0-an ArcGIS extension for calculating shoreline change. US Geological Survey, Open-File Report 2008-1278. P.P. 2331-1258.
60. **Thieler, E. R., Martin, D., AND Ergul, A., (2003).** The Digital Shoreline Analysis System, version 2.0: Shoreline change measurement software extension for ArcView: USGS U.S. Geological Survey Open-File Report 03-076.
61. **Thior M., Sane T., Sy O., DESCROIX LUC, Demba Ba B., Solly B., Mendy V. 2019;** Analyse spatiale de l'évolution du trait de côte autour de l'embouchure du fleuve Casamance (Sénégal) de 1968 à 2017, à partir de l'outil DSAS. *European Scientific Journal*, 2019, 15 (9), P.P. 106-130.
62. **UNICN France ; (2020).** Plages sableuses méditerranéennes ; Les littoraux méditerranéens de France métropolitaine Vol.1 : dunes côtières et rivages sableux | 2020.
63. **UNPG. (2021) ;** Evolution du trait de côte et extraction de granulats marins : point sur les connaissances et les pratiques actuelles. Rapport d'étude. 114p.
64. **Van Gaalen, J.F., Kruse, S.E., Coco, G., Collins, L., Doering, T., 2011.** Observations of beach cusp evolution at Melbourne Beach, Florida, USA. *Geomorphology* 129, P.P. 131-140.

- 65. Wright L.D; Nielsen P., Short A. D. Green M.O., 1982.** Morphodynamics macrotidal beach
Marine geology, 50, P.P. 97-128.

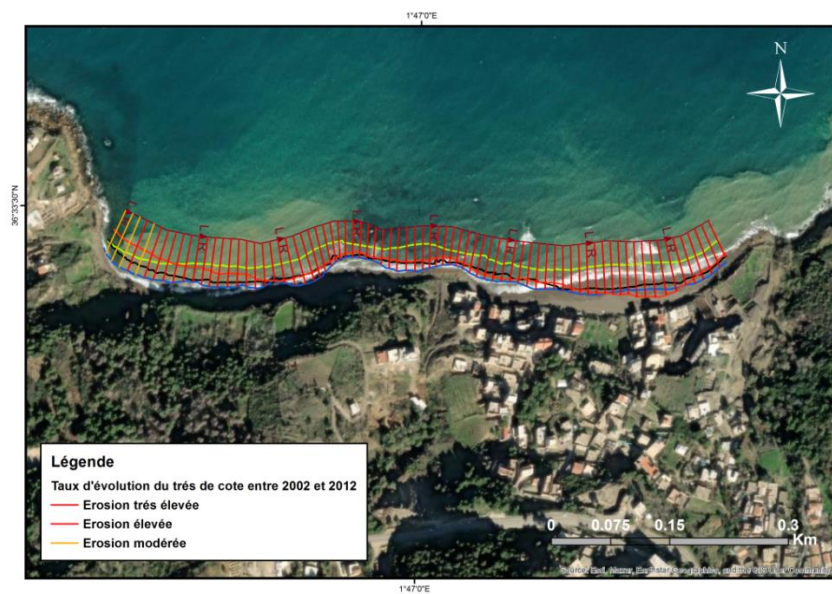
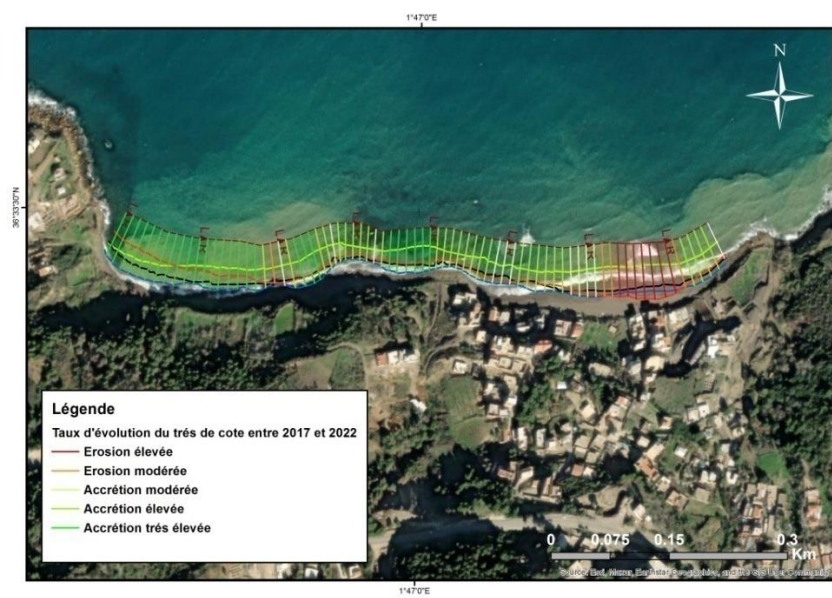
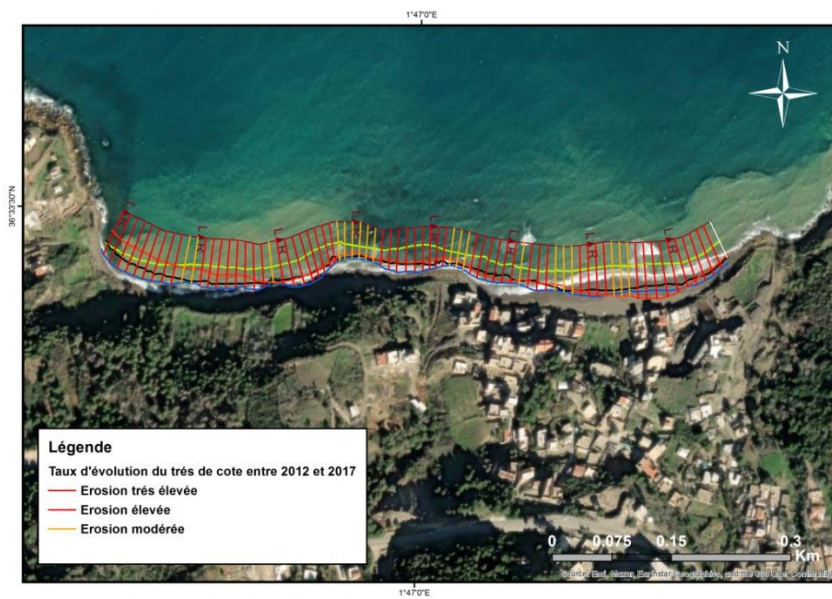
Annexes



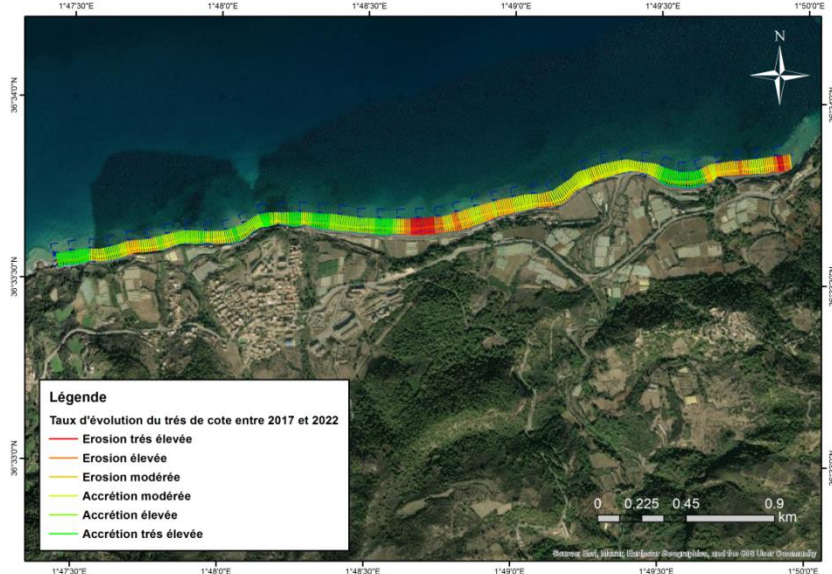
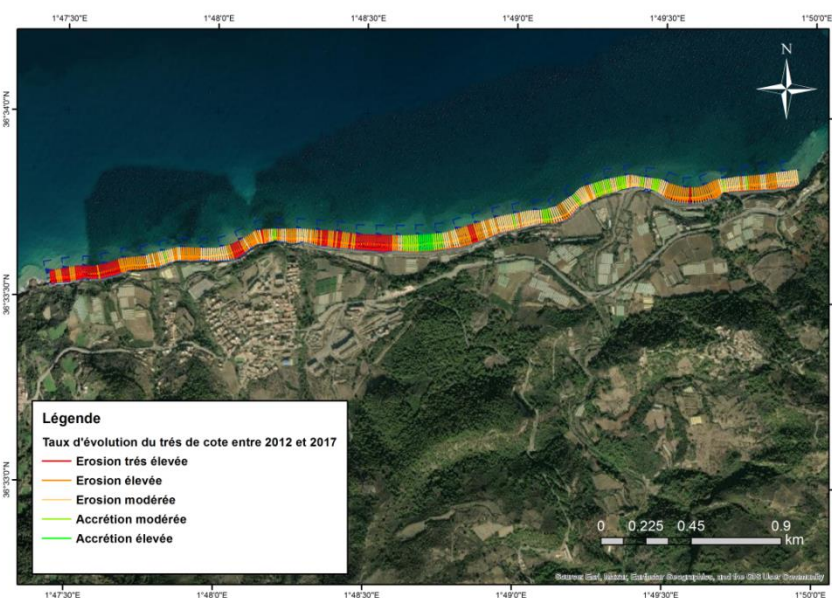
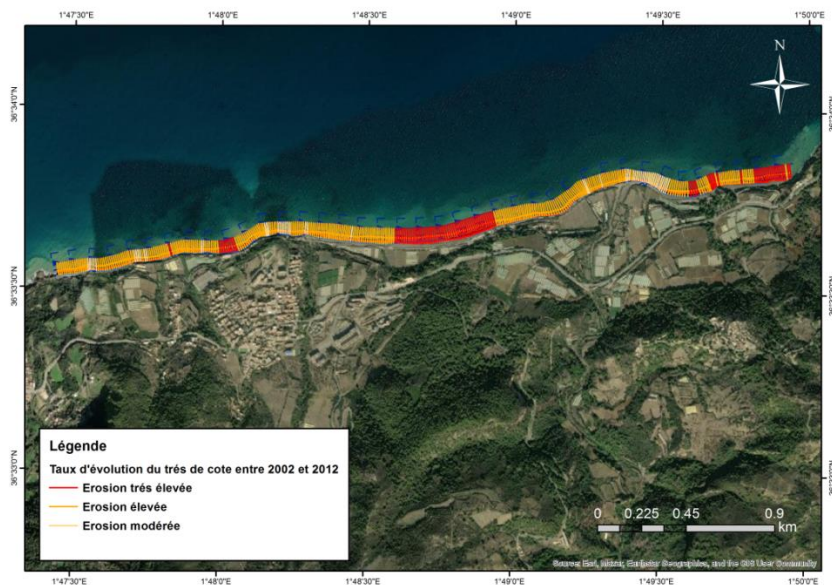
Les cartes de taux d'évolution de la plage d'El Bordj



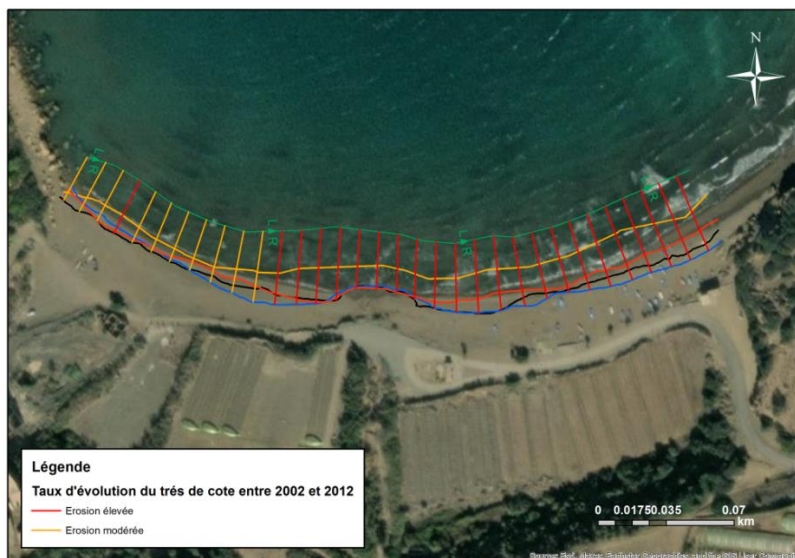
Les cartes de taux d'évolution de la plage la presqu'île



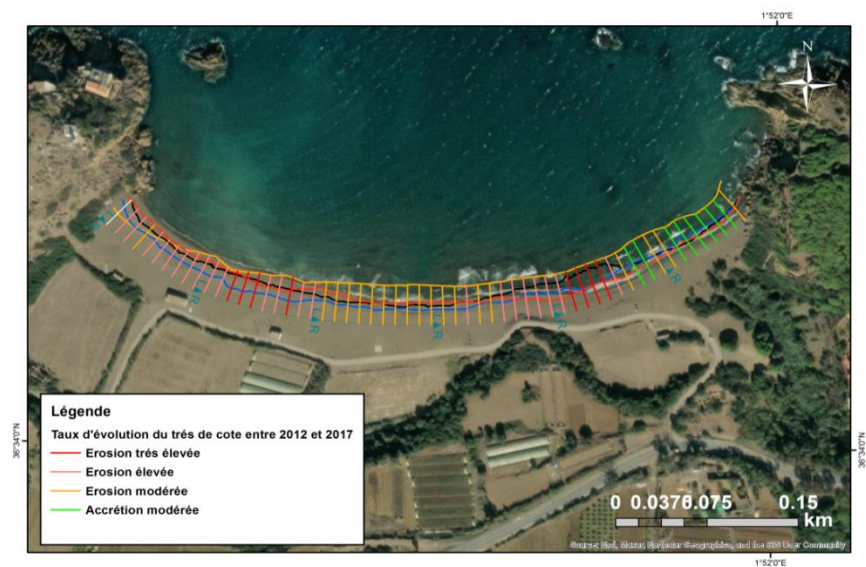
Les cartes de taux d'évolution de la plage Kharouba



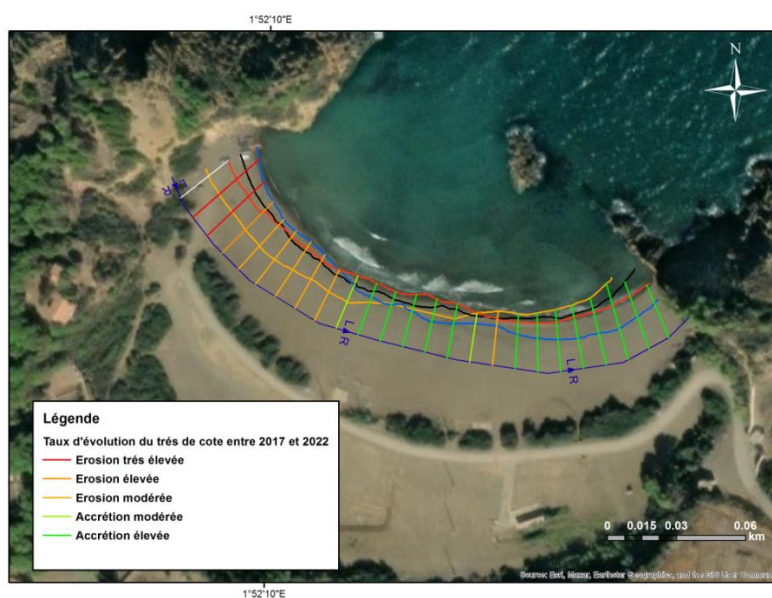
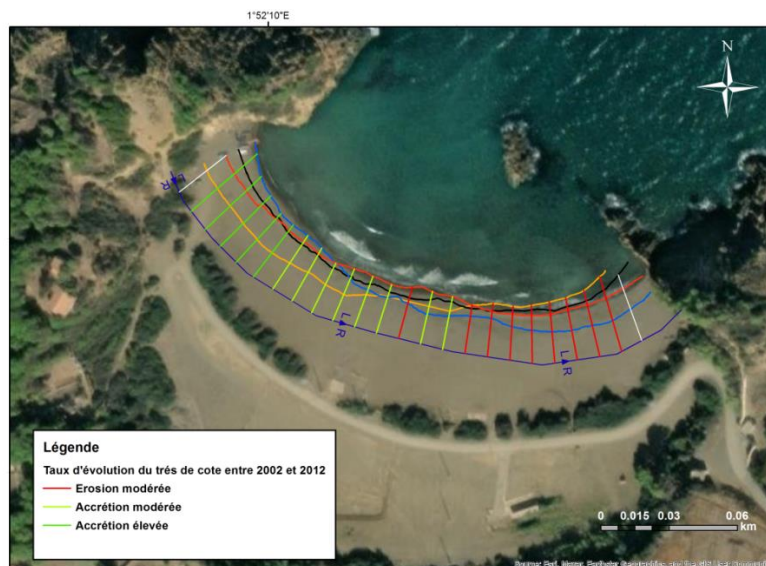
Les cartes de taux d'évolution de la plage Larhat



Les cartes de taux d'évolution de la plage Sidi Brahim ouest



Les cartes de taux d'évolution de la plage Sidi Brahim Est



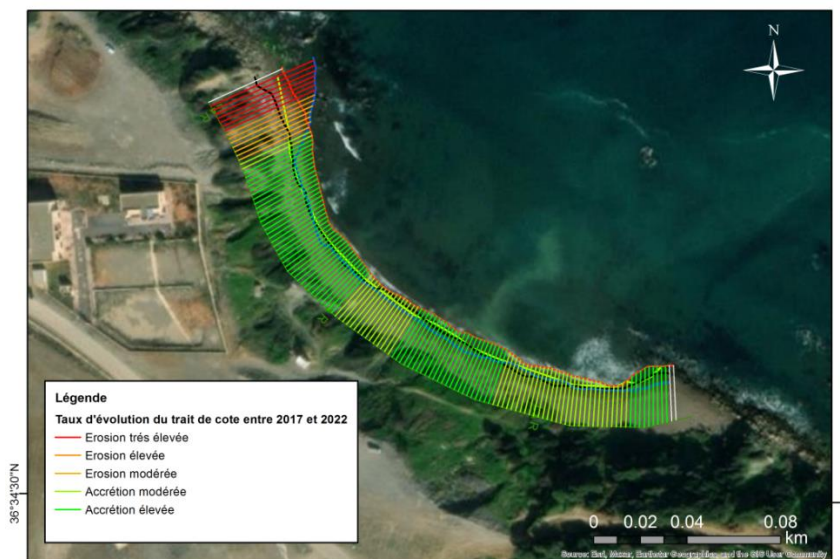
Les cartes de taux d'évolution de la plage Sidi Brahim



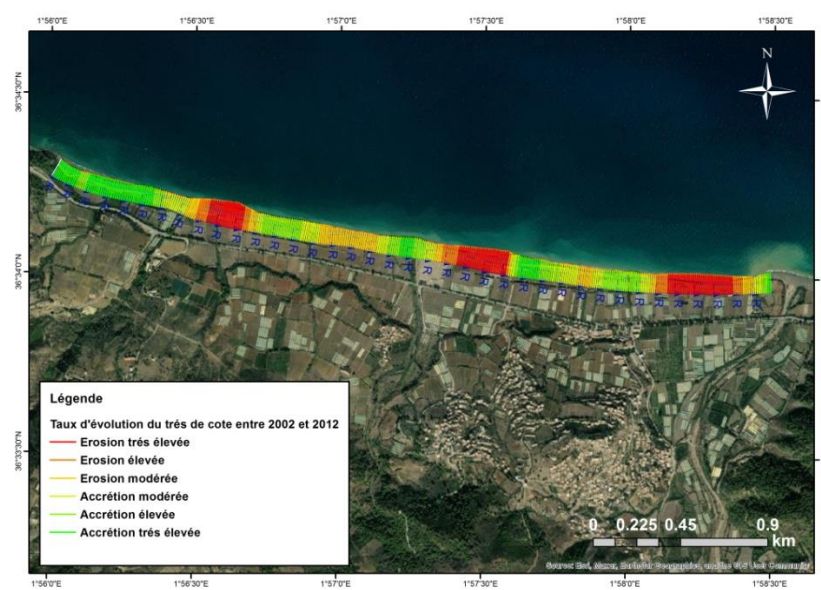
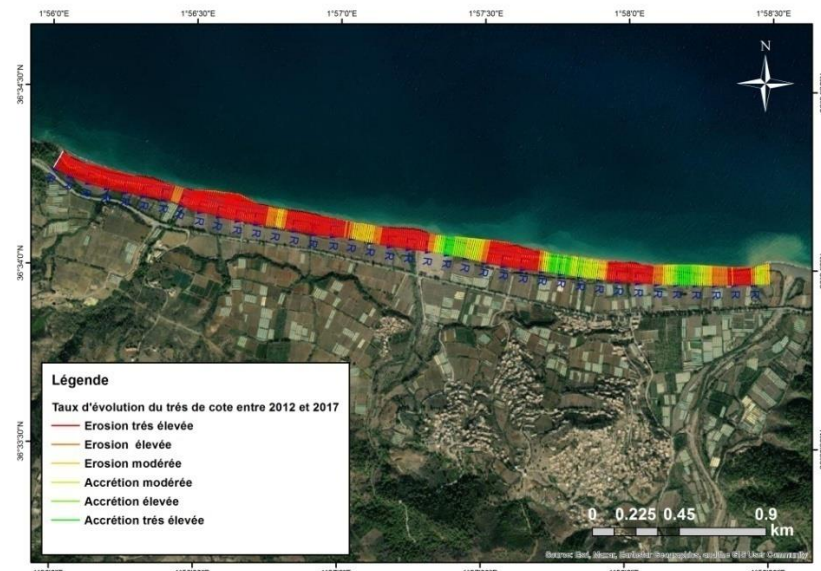
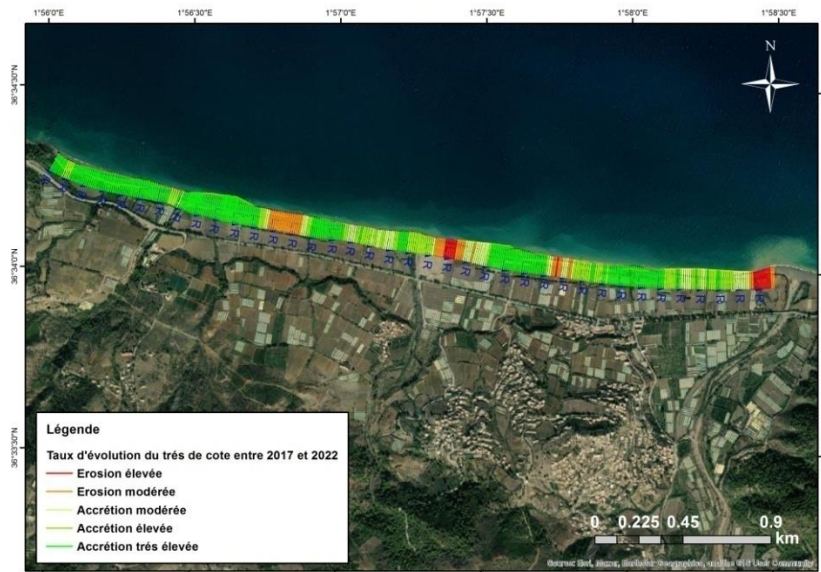
Les cartes de taux d'évolution de la plage bois sacré ouest



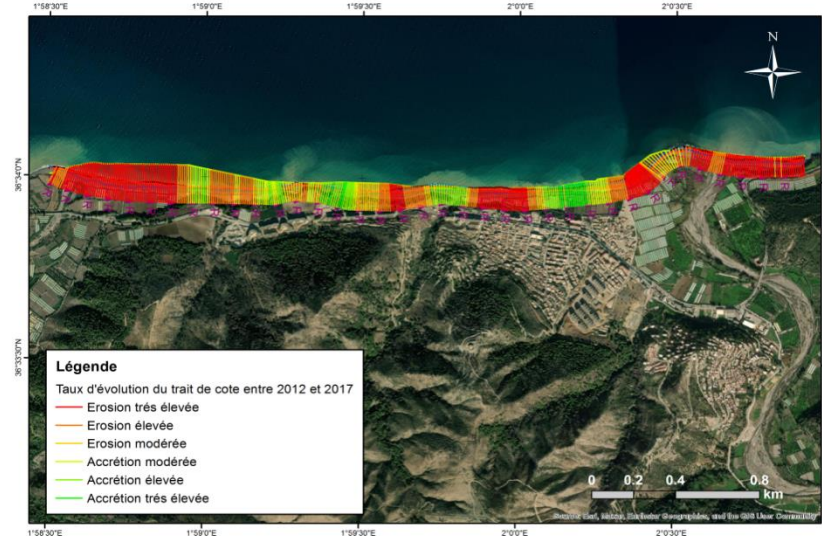
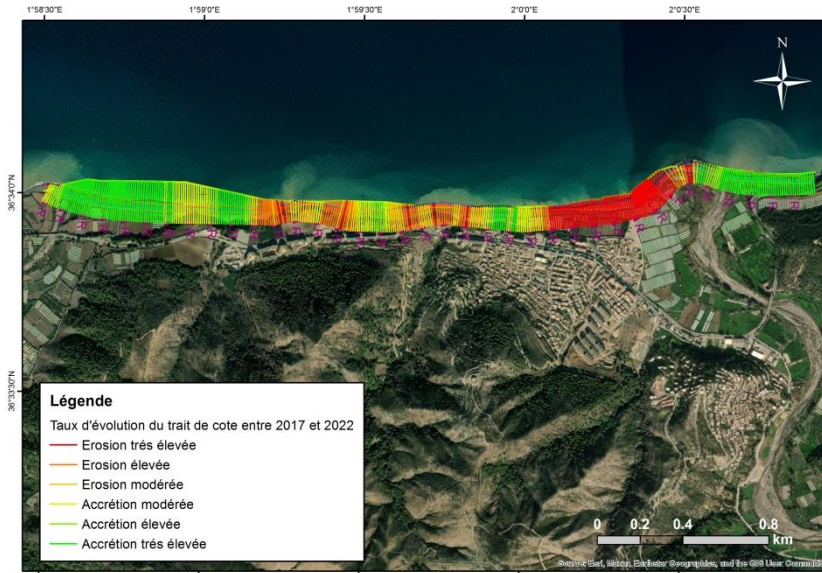
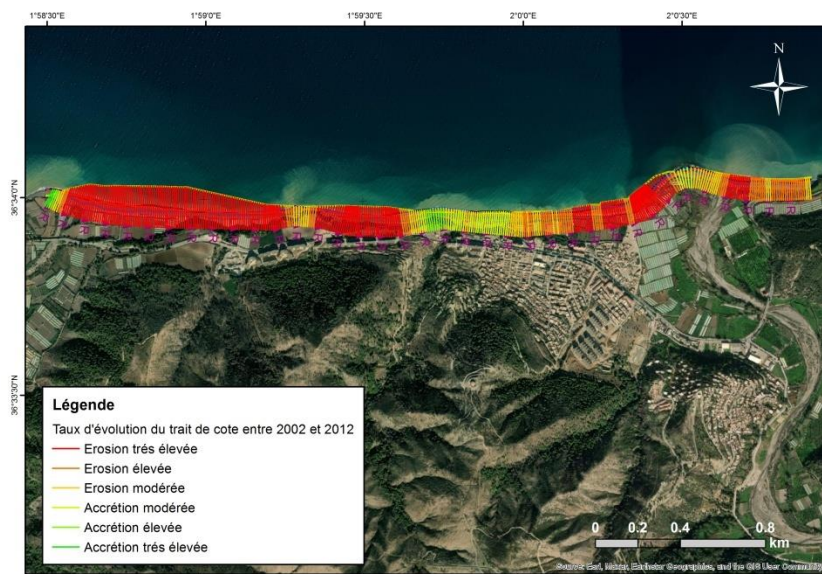
Les cartes de taux d'évolution de la plage Ibiza bois sacré



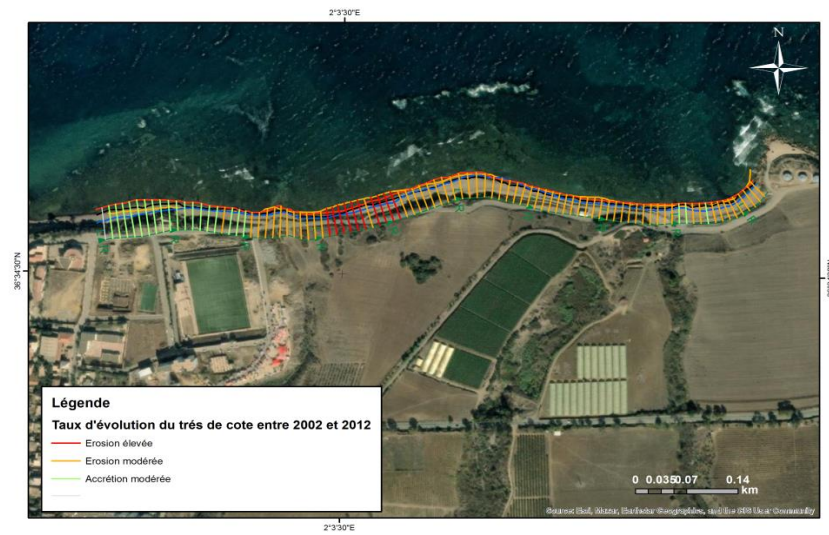
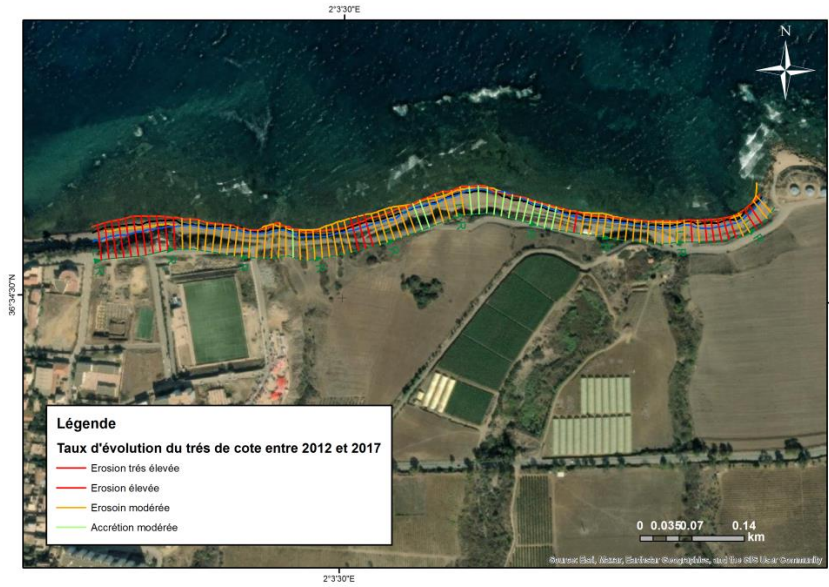
Les cartes de taux d'évolution de la plage de la Pointe



Les cartes de taux d'évolution de la plage OuedSebt



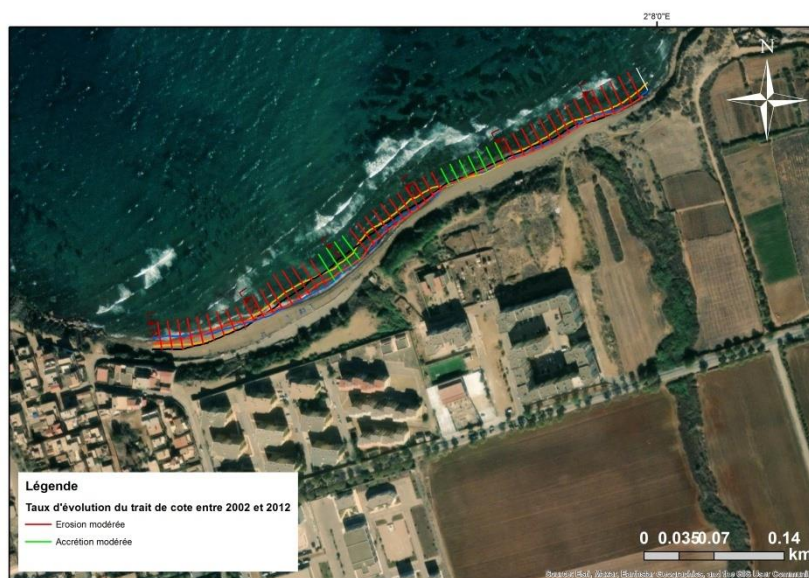
Les cartes de taux d'évolution de la plage Messelmoun



Les cartes de taux d'évolution de la plage centrale petit



Les cartes de taux d'évolution de la plage El Gasaa Sidi Ghiles



Les cartes de taux d'évolution de la plage Sidi Ghiles

Business Model Canvas

Introduction

Dans le cadre de l'arrêté ministériel 1275, nous avons bénéficié d'une formation en entrepreneuriat au sein de l'incubateur de notre école afin d'être capables de créer une startup basée sur notre sujet d'étude. Ce mémoire de fin d'études porte sur l'analyse de la cinématique côtière, un domaine essentiel pour comprendre et anticiper l'évolution des zones côtières.

Notre ambition dépasse le cadre académique. Nous souhaitons concrétiser ces connaissances en créant une startup spécialisée.

Notre objectif est de développer une entreprise qui se concentre sur l'analyse précise et la modélisation de l'évolution des zones côtières. Grâce aux conclusions et recommandations établies dans ce mémoire, nous avons identifié une demande claire sur le marché pour des solutions avancées en analyse géomorphologique côtière.

Fort de notre expertise dans ce domaine, nous fournirons des informations cruciales aux gouvernements locaux, aux organisations environnementales, aux entreprises de construction et d'ingénierie, ainsi qu'à d'autres parties prenantes impliquées dans la gestion des zones côtières.

<p>Partenaires clés :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Agences gouvernementales pour obtenir des données et des autorisations d'accès : INCN, SHFN, ASAL - Universités et instituts de recherche pour la collaboration scientifique : USTHB, ENSSMAL - Entreprises de construction et d'ingénierie pour des projets de développement côtier : GITRAMA, LEM, DTP -Bureau des études topographiques : EURL ICART 	<p>Activités principales :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Collecte de données géomorphologiques côtières (relevés, échantillonnage, analyse granulométrique) - Analyse et interprétation des données recueillies - étude de l'évolution côtière et rédaction de rapports et de recommandations - Présentation des résultats aux clients 	<p>Valeurs ajoutées :</p> <ul style="list-style-type: none"> - fournir des études bien précises avec le minimum d'erreur dans le bref délai -Surveillance de l'évolution de la géomorphologie côtière - Évaluation des risques côtiers et des impacts potentiels 	<p>Relation client :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Établir des relations de confiance avec les clients en fournissant des services de haute qualité - Collaborer étroitement avec les clients pour comprendre leurs besoins spécifiques 	<p>Clients :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gouvernements locaux et nationaux et Organisations environnementales : CNL, DTP, ONEDD, APPL - Entreprises de construction et d'ingénierie : LEM, Méditram, SOTRAMO, SOTRAMEST,HMI, - Universités et instituts de recherche (vent des données sur site)
	<p>Ressources clés :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Équipe d'experts en géomorphologie côtière et en sciences environnementales - Équipements de relevé et de collecte de données (GPS, drones, capteurs) - Accès à des bases de données géospatiales et à des logiciels SIG et demodélisation - Matériel informatique puissant 	<ul style="list-style-type: none"> - Recommandations pour la gestion durable des zones côtières 	<p>Canaux de distribution :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Présence en ligne (site web, médias sociaux) - Réseaux professionnels et conférences - Partenariats avec des agences gouvernementales et environnementales -des événements professionnels 	

Coûts :

- Salaires des employeurs
- Coût de location du siège
- Coût de construction de site web
- Coûts d'équipement et de matériel informatique
- Frais des données : données topographiques, les images satellitaires, photos aériennes, Modèle Numérique de Terrain
- Coûts de licences des logiciels de cartographie et modélisation

Revenue :

- Les études et les rapports
- Contrats de surveillance avec des organisations gouvernementales
- Subventions de recherche pour des projets spécifiques

1. Partenaires clés

- Agences gouvernementales pour obtenir des données cartographiques : photos aériennes, images satellitaires, cartes topographiques :

INCT : Institut national de cartographie et de télédétection

SHFN : service hydrographique des forces navales

ASAL : agence spatiale algérienne

- Universités et instituts de recherche pour la collaboration scientifique (USTHB, ENSSMAL...)

- Entreprises de construction et d'ingénierie pour des projets de développement côtier pour le travail en collaboration ou par soutenance :

GITRAMA : Groupe d'Infrastructures de Travaux Maritimes

LEM : laboratoire des études maritimes

DTP : direction des travaux publics

-Bureau des études topographiques : pour le besoin des levés topo-bathymétriques (EURL ICART).

2. Valeurs ajoutées

Fournir des études bien précises avec le minimum d'erreur dans le bref délai :

Des équipements puissants et des ingénieurs et techniciens qualifiés sont spécialement conçus pour réduire le temps de recherche et fournir des données bien traitées. Cela permet de minimiser la durée des études.

Le rapport va comprendre également des études d'évaluation des risques côtiers et des impacts potentiels et des recommandations pour la gestion durable des zones côtières.

3. Clients

Nos clients ciblés sont les gouvernements locaux et nationaux ainsi que les organisations environnementales pour nos services de surveillance de l'évolution de la géomorphologie côtière. Nous visons également les entreprises de construction et d'ingénierie pour nos études sur l'évolution de la géomorphologie côtière. Aussi On peut avoir des projets en sous-traitance avec ces établissements.

CNL: Commissariat National du Littoral

DTP: Direction des Travaux Publics

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

APPL: Agence de la Protection et de la Promotion du Littoral

LEM:

GITRAMA: Groupe d'Infrastructures de Travaux Maritimes (Méditram, SOTRAMO, SOTRAMEST)

HMI: Hydro Marine Ingénierie

Direction de l'Environnement

Besoin	Les détails sur les besoins	Coût		
		Coût mensuel	Coût annuelle	total
Local	24 m ² situé à centre commerciale Qods à chéraga	50000 Da/mois	600.000 DA	600.000 DA
La licence des versions premiums des logiciels de cartographie	ArcGIS : version Field Worker	/	70.000 DA	450.000 DA
	Envi : version met licence city	/	380.000 DA	
Matériel informatique	Pc bureau puissant : (i9 11ème génération 16GB RAM/512 SSD / 1000HDD)	/	/	500.000 DA
Matériel bureautique	une table de travail + 6 chaises + bureau professionnel+ Ordinateurs +autres	/	/	600.000 DA
Salaire des employées	Un ingénieur expert en étude géomorphologique côtière	60.000 DA	720.000 DA	156.000 DA
	Deux techniciens maîtrisant les logiciels cartographiques	35.000 DA*2	420.000 DA	
Coût fixe du Projet				3.610.000 DA
Coût variable du Projet pour la première année				9.910.000 DA

Estimation de coût des données pour une zone d'environ 4 km²

Donnés métrologiques :	20.000 DA
Levé topo-bathymétriques :	50.000 A
Photos aérienne :	Entre 4000 DA et 20.000 DA
Modèle numérique de terrain	Entre 5000 DA et 12000 DA
Images satellitaires :	3000 DA

Coût Total	Entre 82.000 DA et 105.000 DA
-------------------	--------------------------------------

L'estimation des revenus

L'estimation des revenus de ce projet si on arrive de réalisée plus de 5 études chaque mois est comme suivant :

	Chaque étude	par mois	par an
Chiffre d'affaire	200.000 DA	1.000.000 DA	12.000.000 DA
Coût variable	105000 DA	525.000 DA	6.300.000 DA
Résultat	95.000 DA	475.000 DA	5.700.000 DA

Coût du Projet total	Coût variable annuel	Résultat annule	Résultat par an
9.910.000 DA	6.300.000 DA	5.700.000 DA	309.000 DA

Conclusion :

Notre Business Model Canvas met en évidence une opportunité prometteuse pour réalisée notre startup spécialisée dans l'analyse de l'évolution de la géomorphologie côtière.

Grâce à notre formation en entrepreneuriat et à notre expertise dans ce domaine, nous sommes convaincus de la valeur que notre entreprise peut apporter sur le marché. Notre marché cible comprend les gouvernements locaux, les organisations environnementales, les entreprises de construction et d'ingénierie, ainsi que d'autres parties prenantes impliquées dans la gestion des zones côtières. En leur fournissant des rapports détaillés, nous les aidons à mieux comprendre et anticiper l'évolution des zones côtières, ce qui est essentiel pour une prise de décision éclairée et une gestion efficace.

Nous prévoyons d'établir des canaux de distribution directs en établissant des partenariats stratégiques, en participant à des événements professionnels et en exploitant les canaux en ligne.

En ce qui concerne notre structure de coûts, nous allouons des ressources à la recherche et au développement, à la collecte de données et à l'analyse, tout en cherchant à réaliser des économies d'échelle grâce à l'automatisation et à l'utilisation efficace des ressources.

Notre source de revenus proviendra principalement de contrats de consultation, de licences d'utilisation de nos outils et de services d'abonnement en ligne. Nous offrirons des tarifs compétitifs en fonction de la valeur que nous apportons à nos clients et des coûts associés à la prestation de nos services.

En conclusion, notre Business Model Canvas démontre la viabilité et le potentiel prometteur de notre startup spécialisée dans l'analyse de l'évolution de la géomorphologie côtière. Nous sommes déterminés à rechercher des sources de financement afin de concrétiser notre projet et le mettre en œuvre dans la réalité.