

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل

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



Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme
d'ingénieur d'état en Sciences de la Mer

Option : Gestion et protection du littoral

Thème

**Gestion et Valorisation des zones littorales à intérêt
stratégique cas de la wilaya de Tipaza.**

Présenté par :

Moussaoui Meriem

Soutenue le 30/06/2024 devant le jury composé de

Mme. Fezaa Nassima	Professeure (ENSSMAL)	Présidente
Mr. Otmani Housseyn	MCA (ENSSMAL)	Promoteur
Mme. keraghel Mahdia	MCB (ENSSMAL)	Co-Promotrice
Mme. Salem Cherif Yousra	MCB (ENSSMAL)	Examinatrice

2023/2024

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



**Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de
Master en Sciences de la Mer**

Option : Gestion et protection du littoral

Thème

**Gestion et Valorisation des zones littorales à intérêt
stratégique cas de la wilaya de Tipaza.**

Présenté par :

Moussaoui Meriem

Soutenue le 30/06/2024 devant le jury composé de

Mme. Fezaa Nassima	Professeure (ENSSMAL)	Présidente
Mr. Otmani Housseyn	MCA (ENSSMAL)	Promoteur
Mme. Keraghel Mahdia	MCB (ENSSMAL)	Co-Promotrice
Mme. Salem Cherif Yousra	MCB (ENSSMAL)	Examinatrice

2023/2024

Dédicaces

Le chemin n'a pas été court, ni devrait-il l'être et n'était pas parsemé de facilités. Mais j'ai accompli ce parcours.

Je tiens à dédier ce travail à :

Dieu, avant tout, louange à Dieu, comme il convient à votre gloire et à votre grandeur souveraine.

Mon cher papa, ta gentillesse et ton affection m'ont été une chance inestimable, ta motivation et ton soutien sont ma clé de réussite.

Ma tendre maman, toi qui étais une maman à la maison et mon enseignante au primaire, tu es la première personne qui m'as appris à tenir un stylo et à écrire un mot, tu m'as toujours soutenu et encouragé dans mes études. Ton amour inconditionnel et tes sacrifices m'ont permis d'arriver jusqu'ici.

Ma sœur jumelle Kenza, ma moitié, ma complice. C'est grâce à toi que j'ai choisi cette école, c'est toi qui m'as donné le courage de continuer et de réaliser ce projet de fin d'études, merci d'avoir toujours été là pour moi, de m'avoir épaulée et réconfortée dans les moments difficiles. Notre lien fraternel est mon plus grand trésor.

Ma petite sœur Nelia, mon rayon de soleil, ton innocence me rappelle ce qui compte vraiment dans la vie. Je serai toujours là pour toi.

Ma tante Malika, ma deuxième maman. Merci pour ton amour, ta sagesse et ton soutien. Tu es un modèle pour moi et je suis fière de t'avoir dans ma vie.

Ma grand-mère Nanna, ma source d'inspiration. Ton courage, ta force et ta bonté m'ont toujours émerveillée. Je suis bénie de pouvoir encore profiter de ta présence.

Mes grands-parents, qui nous ont quitté si tôt, votre mémoire vit en moi et votre amour me guide chaque jour.

Mes cousins, qui ont partagé mes joies et mes peines depuis toujours. Nos souvenirs sont gravés dans mon cœur.

Mes petits compagnons, mes chats, boubou et psupsu, vous êtes mes meilleurs amis, merci d'exister.

Tous les membres de ma famille, pour votre affection et votre soutien indéfectible. Vous êtes ma force et ma fierté.

Ma complice Jazz, merci pour tes disputes et les malentendus

Ma meilleure rencontre Lynda, merci pour ta motivation et ta fidélité, tu es une amie unique.

Mon amie Chaïma, merci pour l'énergie positive que tu as toujours partagée avec moi

Ma douce Meriem, merci pour ta gentillesse, tes encouragements et ton accompagnement, je suis chanceuse de t'avoir dans ma vie.

Ma confidente Wissal, ensemble nous avons partagé le bien et le mal, je suis reconnaissante que tu sois là pour moi.

Mes amis, Massinissa, et Ania Vous êtes une partie intégrante de cette réussite.

Wissem et Thanina, merci pour l'amitié et la concurrence saine qu'on s'est fondées.

Mes camarades, Houda, Nour, Safaa, Taoues, Chaïma, Abir, Souhila, Noura, Assia, Aroua et amani, ensemble on a partagé le bien et le mal, merci.

Tous mes enseignants, depuis le primaire jusqu'à aujourd'hui, qui ont guidé mes pas et nourri mon esprit. Votre dévouement et votre passion pour l'éducation ont été des phares dans mon parcours. Je vous dédie ce projet, en guise de reconnaissance pour votre impact inestimable sur ma vie.

Et enfin, à nos frères palestiniens, symboles de courage et de résilience face à l'adversité, nos pensées et notre solidarité vous accompagnent dans cette épreuve.

Remerciements

Je remercie le dieu le tout puissant, qui m'a donné la force et la sagesse pour accomplir ce travail. Sans son aide et sa bénédiction, je ne serais pas parvenue à atteindre ce but.

Je tiens à exprimer ma plus profonde gratitude en premier lieu à mes parents, qui m'ont toujours soutenu et encouragé dans mes études et pour l'éducation qu'ils m'ont donnée qui m'a permis de réussir mes études.

Je voudrais également remercier mon promoteur, Monsieur le Docteur Otamni, pour son soutien constant et ses conseils précieux tout au long de mon parcours. Son expertise et sa patience ont été inestimables, et je suis reconnaissante de l'opportunité qu'il m'a donnée de travailler sous sa direction.

Je tiens également à remercier ma co-promotrice, Madame la Docteur Keraghel, pour son aide et son encouragement. Ses contributions à notre travail de recherche ont été essentielles, et je suis reconnaissante de l'expérience que j'ai pu partager avec elle.

Je voudrais également remercier Madame la Professeure Fezaa pour avoir accepté de siéger au jury de mon projet de fin d'études et pour avoir apporté son expertise et son jugement éclairé à l'examen de mon travail.

Je tiens également à remercier Madame la Docteure Salem Cherif pour avoir pris le temps de lire et d'évaluer mon travail. Ses commentaires et ses suggestions ont été précieux pour améliorer ma thèse.

Je voudrais également remercier mon maître de stage, Monsieur le docteur Boukhediche, pour m'avoir accueillie dans son entreprise et pour m'avoir offert l'opportunité de mettre en pratique mes connaissances.

Je voudrais aussi remercier Monsieur l'Ingénieur Berkani, pour son aide et ses conseils. Ses connaissances et son expérience m'ont été d'une grande aide pour mener à bien mon mémoire.

Pour terminer je tiens à exprimer toute ma gratitude à toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réussite de ce travail.

Table des matières

Liste des figures	vi
Liste des tableaux	xi
Liste des abréviations	xiii
Introduction	1
1 Chapitre I : Cadre général	3
1.1 Synthèse bibliographique	3
1.1.1 Définitions	3
1.1.2 La nécessité d'exploitation du milieu côtier	6
1.1.3 L'état actuel des lieux	7
1.1.4 La législation pour la protection du littoral	12
1.2 Contexte de l'étude	14
1.2.1 Localisation de la zone d'étude	14
1.2.2 Problématique	15
1.2.3 Les sites stratégiques à étudier	16
1.3 La délimitation des bandes littorales	25
1.3.1 Définition du périmètre de la zone littorale	25
1.3.2 Cadastre et bornage du domaine littoral	25
2 Chapitre II : Diagnostique physique et interaction des facteurs	28
2.1 Etude climatique	28
2.1.1 Aperçue sur le climat régional	28
2.1.2 Précipitations	28
2.1.3 Température	30
2.1.4 Les vents	31
2.2 Etude océanographique	35
2.2.1 Les houles	35

2.2.2	Les courants.....	38
2.3	Etude hydrographique.....	40
2.3.1	Inventaire des cours d'eau.....	40
2.4	Etude géomorphologique.....	43
2.4.1	Cadre géologique.....	43
2.4.2	La géologie régionale	43
2.4.3	Tectonique de la région	45
2.4.4	La sismicité de la région.....	45
2.4.5	Cadre géomorphologique	48
3	Chapitre III : Aléas et risques côtiers	55
3.1	Aléa d'anthropisation	55
3.1.1	Evolution de la population	55
3.1.2	Evolution des activités sur le littoral	56
3.1.3	Evolution chronologique de l'urbanisation des terres agricoles et des forêts	56
3.2	Etude de l'évolution de la ligne du rivage.....	67
3.2.1	Logiciels utilisés.....	67
3.2.2	Méthodologie suivie	69
3.2.3	Discussion des résultats.....	72
3.3	Etude et la submersion marine.....	82
3.3.1	Méthodologie suivie	82
3.3.2	Résultats	105
3.3.3	Discussion des résultats.....	106
3.3.4	Conclusion.....	108
4	Chapitre IV : Valorisation	110
4.1	Méthodologie.....	110
4.2	Identification extraction et quantification des traces des sites à intérêt.....	110

4.2.1	Les pertes liées à l'anthropisation.....	110
4.2.2	Les pertes liées à la submersion marine	113
4.3	Valorisation technico-économique	118
4.3.1	Les terres agricoles.....	118
4.3.2	Les forêts	119
4.3.3	Les plages.....	119
4.3.4	Station de dessalement de Fouka Marine	119
4.3.5	Port de Khemisti.....	120
4.3.6	Ouvrage de protection	120
4.3.7	Les ruines de Tipaza.....	121
4.4	Discussion.....	121
4.5	Conclusion.....	122
	Conclusion.....	124
	Bibliographie.....	126
	Annexes.....	I
	Annexe 1 : scriptes utilisés dans les évènements extrêmes.....	I
	Annexe 2 : Modélisation numérique	II
	Annexe 3 : le Business Model Canvas	IV
	Premier axe : Présentation du projet.....	IV
	Deuxième axe : Aspect innovant.....	VI
	Troisième axe : Analyse stratégique du marché.....	VI
	Quatrième axe : Plan de production et d'organisation.....	IX
	Cinquième axe : Plan financier	XI
	Sixième axe : Prototype expérimentale	XIV
	Résumé.....	XVII

Liste des figures

Figure 1 Caractéristiques de la houle (Culture maritime, 2006).	4
Figure 2 : Aléas, enjeux et risques (Hénaff, 2014)	5
Figure 3 Carte du risque d'inondation de la baie de Tipaza (Nouri, 2013)	9
Figure 4 Carte du tissu urbain de Tipaza (Nouri, 2013)	11
Figure 5 Les bandes littorales délimitées par la loi littorale 02-02 du 05/02/2002	13
Figure 6 Carte de la situation géographique de la zone d'étude	15
Figure 7 Carte de la situation géographique du port de Khemisti	17
Figure 8 Carte de la situation géographique de la station de dessalement de Fouka Marine..	18
Figure 9 Carte de la situation géographique des terres agricoles d'El Beldj	19
Figure 10 Carte de la situation géographique des terres agricoles d'Ikhlifaine	20
Figure 11 Carte de la situation géographique des terres agricoles de Douaouda	21
Figure 12 Carte de la situation géographique des ruines à étudier	23
Figure 13 Carte de certaines ruines du site à étudier	24
Figure 14 Carte des délimitations des bandes littorales	26
Figure 15 les précipitations annuelles dans la région de Tipaza (de 2014 à 2023) (Source : https://www.historique-meteo.net)	29
Figure 16 les moyennes mensuelles des précipitations dans la région de Tipaza (de 2014 à 2023) (Source : https://www.historique-meteo.net)	30
Figure 17 Les variations mensuelles des températures dans la région de Tipaza 2014 à 2023 (Source : https://www.historique-meteo.net)	31
Figure 18 Roses des vents annuels et saisonniers de la wilaya de Tipaza (2011-2022)	34
Figure 19 Roses des houles annuelle et saisonnières de la wilaya de Tipaza -2022).....	37
Figure 20 Situation géographique du point de calcul	38
Figure 21 Rose des courants côtiers annuels de la wilaya de Tipaza de 2011 à 2023	39
Figure 22 carte des bassins versants et du réseau hydraulique de la wilaya de Tipasa (TADC, 2016).....	42

Figure 23 Carte géologique de Tipaza extrait de la carte géologique de la région de l'Algérie échelle (1/500000) (à partir de la carte géologique de l'Algérie du Nord au 1/500000)	44
Figure 24 Carte tectonique de la région du Tipaza (LEM, 2016).....	45
Figure 25 Carte de zonage sismique en Algérie (CGS, 2003)	46
Figure 26 Modèle “forward” du Transect de Tipaza. (A) Anomalie magnétique mesurée lors de la campagne ; (B) modèle final type “forward”. (SPIRAL, 2013)	48
Figure 27 Distribution simplifiée des faciès géomorphologiques de la wilaya de Tipaza.....	50
Figure 28 Carte bathymétrique du littoral de Tipaza (TAD, 2016)	51
Figure 29 l'étagement marin de la wilaya de Tipaza (LEM, 2016).....	52
Figure 30 Carte des classes du CVI de wilaya de Tipaza (LEM, 2016)	53
Figure 31 Evolution de la population de Tipaza entre 1998 et 2023 source : ONS, 2023.....	56
Figure 32 Image satellitaire de : (a) El Beldj en 2023, (b) El Beldj en 2003, (c) Ikhlifaine en 2004, (d) Ikhlifaine en 2023	57
Figure 33 Carte d'anthropisation des terres agricoles et de la forêt d'El Beldj en 2003	58
Figure 34 Carte d'anthropisation des terres agricoles et de la forêt d'El Beldj en 2023	59
Figure 35 Carte d'anthropisation des terres agricoles et de la forêt d'Ikhlifine en 2004.....	59
Figure 36 Carte d'anthropisation des terres agricoles et de la forêt d'Ikhlifine en 2023.....	60
Figure 37 Comparaison de l'occupation du sol entre 2003 et 2023 d'El Beldj en terres agricoles	61
Figure 38 Comparaison de l'occupation du sol entre 2003 et 2023 d'Ikhlifaine en terres agricoles	61
Figure 39 Comparaison de l'occupation du sol entre 2003 et 2023 d'El Beldj en forêt	62
Figure 40 Comparaison de l'occupation du sol entre 2003 et 2023 d'Ikhlifaine en forêt	62
Figure 41 Carte de délimitation de la zone des 300m sur les résultats d'anthropisation de la zone d'El Beldj	63
Figure 42 Carte de délimitation de la zone des 300m et 800m sur les résultats d'anthropisation de la zone d'Ikhlifaine.	63
Figure 43 Barre d'outils du DSAS	67

Figure 44 Illustration du calcul du module DSAS, (Himmelstoss, 2009).....	68
Figure 45 Les traits de côte de la station de dessalement.....	69
Figure 46 Les traits de côte des ruines romaines de Tipaza.....	70
Figure 47 Les traits de cote du port de Khemisti	70
Figure 48 Résultat cartographique de l'état d'érosion et de l'accumulation pour la station de dessalement en utilisant le paramètre NSM en (m) entre 2009 et 2023.....	73
Figure 49 Résultat graphique de l'état d'érosion et de l'accumulation pour la station de dessalement en utilisant le paramètre NSM en (m) entre 2009 et 2023.....	73
Figure 50 Résultat cartographique de l'état d'érosion et de l'accumulation pour la station de dessalement en utilisant le paramètre EPR en (m/an) entre 2009 et 2023	74
Figure 51 Résultat graphique de l'état d'érosion et de l'accumulation pour la station de dessalement en utilisant la méthode du EPR en (m/an) entre 2009 et 2023	74
Figure 52 Résultat cartographique de l'état d'érosion et de l'accumulation pour le port de Khemisti utilisant le paramètre NSM (m) entre 2009 et 2024	75
Figure 53 Résultat graphique de l'état d'érosion et de l'accumulation pour le Port de Khemisti en utilisant le paramètre NSM (m) entre 2009 et 2024	76
Figure 54 Résultat cartographique de l'état d'érosion et de l'accumulation pour le port de Khemisti utilisant le paramètre EPR (m/an) entre 2009 et 2024.....	76
Figure 55 Résultat graphique de l'état d'érosion et de l'accumulation pour le Port de Khemisti en utilisant le paramètre EPR (m/an) entre 2009 et 2024.....	77
Figure 56 Résultat cartographique de l'état d'érosion et de l'accumulation pour les ruines de Tipaza en utilisant le paramètre NSM en (m) entre 2006 et 2023	78
Figure 57 Résultat graphique de l'état d'érosion et de l'accumulation pour les ruines de Tipaza en utilisant le paramètre NSM en (m) entre 2006 et 2023	78
Figure 58 Résultat cartographique de l'état d'érosion et de l'accumulation pour les ruines de Tipaza en utilisant le paramètre du EPR en (m/an) entre 2006 et 2023	79
Figure 59 Résultat graphique de l'état d'érosion et de l'accumulation pour les ruines de Tipaza en utilisant le paramètre du EPR en (m/an) entre 2006 et 2023.....	79
Figure 60 L'impact de l'action marine sur ces ruines (2024).....	81

Figure 61 Les problèmes géotechniques engendrés (2024)	81
Figure 62 Représentation de la méthode POT.....	83
Figure 63 Moyenne résiduelle de la série des hauteurs omnidirectionnelles de l'enregistrement	84
Figure 64 Choix du seuil par la stabilité des paramètres.....	84
Figure 65 Représentation des valeurs dépassant le seuil par la méthode POT	85
Figure 66 Estimation des événements extrêmes via la méthode POT pour l'omnidirectionnel	85
Figure 67 Bathymétrie d'une partie du côté Est de la baie de Bousmail	87
Figure 68 Simulation des houles extrêmes biennales.....	89
Figure 69 Simulation des houles extrêmes décennales	90
Figure 70 Simulation des houles extrêmes vingtennales.....	90
Figure 71 Simulation des houles extrêmes cinquanteennes	91
Figure 72 Simulation des houles extrêmes centennales	91
Figure 73 MNT de la zone d'étude	93
Figure 74 Carte des submersions à différentes périodes de retour sur toute la zone d'étude ..	94
Figure 75 Carte des submersions à différentes périodes de retour des terres agricoles de Douaouda	95
Figure 76 Carte des submersions à différentes périodes de retour de la station de dessalement de Fouka marine	96
Figure 77 Carte des submersions à différentes périodes de retour du port de pêche de Khemisti	97
Figure 78 Carte d'occupation du sol des terres agricoles de Douaouda	98
Figure 79 Carte d'occupation du sol de la station de dessalement de Fouka marine	99
Figure 80 Carte d'occupation du sol du port de Khemisti	100
Figure 81 Les terres atteintes par la submersion à différentes périodes de retour sur toute la zone.	101

Figure 82 Les terres atteintes par la submersion à différentes périodes de retour sur les terres agricoles de Douaouda	102
Figure 83 Les terres atteintes par la submersion à différentes périodes de retour sur la station de dessalement de Fouka Marine	103
Figure 84 Les terres atteintes par la submersion à différentes périodes de retour sur le port de Khemisti	104
Figure 85 Carte de projection de l'Aléa de l'urbanisation sur la région d'El Beldj	111
Figure 86 Carte de projection de l'Aléa de l'urbanisation sur la région d'Ikhlifaine	112
Figure 87 Les pertes par la submersion marine à deux périodes de retour sur toute la zone étudiée	114
Figure 88 Les pertes par la submersion marine à deux périodes de retour sur les terres agricoles de Douaouda.....	115
Figure 89 Les pertes par la submersion marine à deux périodes de retour sur la station de dessalement de Fouka Marine	116
Figure 90 Les pertes par la submersion marine à deux périodes de retour sur le port de Khemisti	117
Figure 91 Résumé des approches de valorisation.....	121
Figure 92 Exemple du script utilisé (pour l'omnidirectionnelle).....	II
Figure 93 Maillage du Mesh de la zone étudiée.....	III
Figure 94 Résultat cartographique de la vitesse de l'érosion/accrétion au niveau des ruines romaine de Tipaza	XIV
Figure 95 les terres perdues en conversion en urbain (Ikhlifaine entre 2004-2023).....	XV
Figure 96 Les terres perdues par submersion (Douaouda)	XV

Liste des tableaux

Tableau 1 Vitesses du vent selon l'échelle de Beaufort.....	32
Tableau 2 Hauteurs de houles selon l'échelle de Douglas.....	35
Tableau 3 Les principaux séismes qui ont frappés Tipaza entre 2020 et 2021 (CRAAG)	47
Tableau 4 Répartition des entités économiques sur le littoral de Tipaza par secteur d'activité (ONS, 2015).....	56
Tableau 5 Classification des valeurs de changement du trait de côte à partir des paramètres EPR	72
Tableau 6 Résultat de l'estimation des évènements extrêmes	86
Tableau 7 Hauteurs moyennes des houles extrêmes au déferlement	92
Tableau 8 Niveaux d'inondations extrêmes.....	93
Tableau 9 Quantification des terres à perdre.....	105
Tableau 10 les superficies perdues par conversion en urbain pendant une période de 20ans	113
Tableau 11 Les pertes par la submersion marine à différentes périodes de retour.	113
Tableau 12 Montant Dinars algériens (Da) des terres agricoles converties en urbain pour une considération urbanistique.....	118
Tableau 13 Montant Dinars algériens (Da) des pertes de terres agricoles par submersion vingtennale en urbain pour une considération urbanistique.	118
Tableau 14 Montant Dinars algériens (Da) des pertes de terres agricoles par submersion Cinquantennale en urbain pour une considération urbanistique.	119
Tableau 15 Montant Dinars algériens (Da) des pertes de foret convertie en urbain.....	119
Tableau 16 Valorisation économique de la quantité du sable perdue par la submersion.....	119
Tableau 17 Montant Dinars algériens (Da) des pertes économiques d'équipements de la station de dessalement dû à une submersion vingtennale	120
Tableau 18 Montant en DA des pertes économiques d'équipements de la station de dessalement dû à une submersion cinquantennale.....	120

Tableau 19 Montant en DA des pertes économiques d'embarcations du port de Khemisti dû à la submersion.....	120
Tableau 20 Les Input des simulations lancées sur le Mike21	III
Tableau 21 Organisation temporelle de la création du peojt.....	V
Tableau 22 coût d'investissement.....	XI
Tableau 23 Coût d'amortissement	XII
Tableau 24 Coût de charges annuelles	XIII
Tableau 25 Sources et coût des revenus.....	XIII

Liste des abréviations

BMC	Business Model Canvas.
CNL	Commissariat National du Littoral.
CNRTL	Centre National des Ressources Textuelles et Lexicales.
CVI	Indice de vulnérabilité côtière.
DD	Développement durable.
DSAS	Digital Shore line Analysis System.
EPR	End Point Rate.
GIEC	Groupe d'Experts intergouvernemental sur l'évolution du climat.
HD	Hydrodynamique.
Hs	Hauteur significative.
IPCC	Intergouvernemental Panel on climate change.
MADR	Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural.
MEEM	Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer.
MNT	Modèle Numérique du Terrain.
NSM	Net Shoreline Movement.
ODD	Objectif du développement durable.
ONS	Office National des Statistiques.
POT	Peak-Over-Threshold.
SAFER	Société d'Aménagement Foncier et d'Etablissement Rural.
SGPP SPA	Société de gestion de ports de pêches
SIG	Système d'Informations géographiques.
SW	Spectral wave.

TAD

Territoire Aménagement Développement.

Introduction

Introduction

Dans le monde entier, l'urbanisation littorale est souvent caractérisée par une croissance rapide et une pression sur les ressources naturelles. Les villes littorales sont souvent créées en extension des agglomérations existantes ou en aménagements nouveaux, et sont dominées par l'habitat individuel (**Niang et Ascoura., (2021)**).

Ce qui est le cas en Algérie, les systèmes littoraux sont exploités d'une manière exponentielle (**PAM, 2015**).

Peu de travaux traitent la problématique d'occupation anthropique du milieu côtier dont il est cité : **Kacemi, (2008)** ; **Lakhal et Salem, (2018)**, ce qui fait l'originalité du thème.

Le présent travail vise à évaluer les pertes économiques liées aux géorisques et à l'anthropisation dans la wilaya de Tipaza. Il s'appuie sur une estimation des pertes terrestres des sites stratégiques par la submersion marine et l'anthropisation. Ces deux phénomènes évoluent constamment, les pertes économiques qu'ils entraînent sont susceptibles de changer. Il est donc nécessaire de mettre à jour régulièrement le bilan des pertes.

Le modeste travail s'organise dans 03 chapitres :

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

Chapitre II : Ce chapitre correspond au diagnostic physique et interaction de facteurs, ce chapitre permet non seulement de mettre la zone d'étude dans son contexte climatique, océanographique, géomorphologique et géologique mais aussi de comprendre la tendance évolutive de l'urbanisation, la dynamique du trait de côte et les scénarios de la submersion marine.

Chapitre III : vise à évaluer économiquement les pertes issues à partir de l'étude de la submersion marine et l'anthropisation.

Chapitre I :

Cadre général

1 Chapitre I : Cadre général

1.1 Synthèse bibliographique

1.1.1 Définitions

L'espace littoral peut se matérialiser par une bande plus ou moins large à l'interface terre mer, peut être compris comme un système dont l'évolution est conditionnée par de nombreux éléments : les littoraux constituent des environnements fragiles dans lesquels se manifestent de multiples facteurs d'évolution aux actions, interactions et rétroactions complexes (**Paskoff, 1993**), il est considéré comme une zone particulièrement sensible aux changements climatiques et aux activités humaines. En effet, il est soumis à des phénomènes naturels tels que l'érosion côtière et la submersion marine, qui sont accélérés par l'urbanisation et peuvent avoir des impacts importants sur l'environnement, l'économie et les populations.

Ces phénomènes océanographiques météorologiques qui sont considérés comme des risques côtiers peuvent provoquer l'élévation soudaine du niveau de la mer, ce qui rend le littoral très vulnérable. De ce fait, il est fortement recommandé de tenir compte de ces phénomènes pouvant produire de fortes surcotes marines sur la côte.

Un risque côtier est défini comme la perte possible (de vies, dommages économiques et physiques, dégradation de l'environnement) pouvant être provoquée par certains aléas naturels ou humains dans une région littorale lors d'une période spécifique.

Les submersions marines sont des inondations temporaires de la zone côtière par la mer lors de conditions météorologiques et océaniques défavorables. Elles peuvent durer de quelques heures à quelques jours (**MEEM, 2014**). Elles sont le plus souvent associées à des surélévations temporaires du niveau de la mer lors de tempêtes ou de cyclones, voire de tsunamis.

Cyclone : perturbation atmosphérique mobile organisée autour d'un centre de basse pression, caractérisée par de larges mouvements des vents, qui convergent des bords vers le centre, puis sont rejetés en altitude ; cour., tempête consistant en des vents très violents qui se déplacent très rapidement en tournoyant sur eux-mêmes (**CNRTL, 2012**).

Tsunamis : Onde océanique superficielle engendrée par un choc tellurique, comme un séisme, une éruption sous-marine, un glissement. (Se propageant très rapidement 800 km/h avec une faible amplitude 1 m, il n'est pas ressenti par les bateaux. En abordant les côtes, la vitesse diminue et la hauteur augmente parfois jusqu'à 20 m.) (**La Rousse, 2015**).

L'érosion côtière résulte de la conjonction de facteurs d'origines naturelles et humaines. (Ifremer, 2013). Parmi les causes non anthropiques de l'érosion, dont :

L'élévation du niveau de la mer : ce phénomène peut provoquer un démaigrissement et un recul des plages plus ou moins importants.

Les tempêtes : les fortes vagues associées aux tempêtes attaquent les hauts de plages et peuvent emporter les cordons littoraux meubles ;

Les transports sédimentaires par les courants et les vents ; les courants marins ont une influence sur les processus sédimentaires.

La houle est un mouvement ondulatoire de la surface de la mer généré par le vent dans une zone éloignée appelée zone de Fetch. Cette houle se propage alors en formant des ondulations parallèles presque identiques qui se déplacent uniformément vers le rivage. Pour caractériser la houle, on utilise des paramètres tels que la longueur d'onde L , l'amplitude H , la célérité C et la période T . D'autres paramètres tels que la cambrure H/L et la profondeur relative d sont également nécessaires pour la classification de la houle (Bonnefille, 2010).

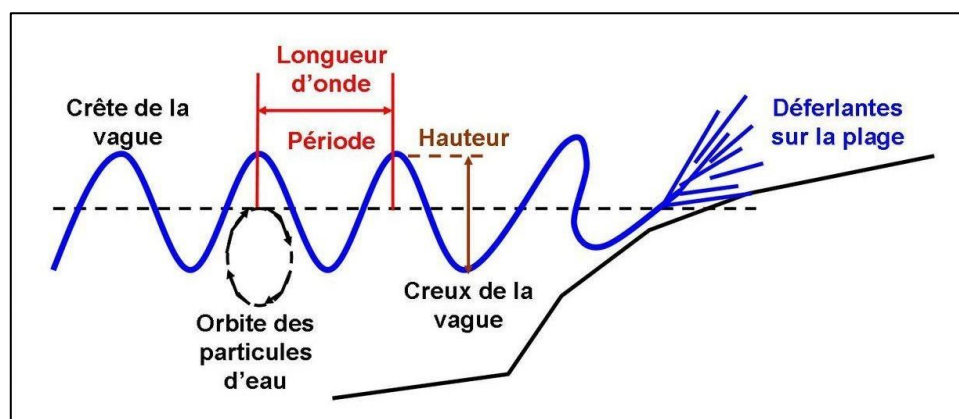


Figure 1 Caractéristiques de la houle (Culture maritime, 2006).

L'urbanisation littorale désigne le processus de construction d'infrastructures et d'équipements qui accompagne l'installation des sociétés humaines à proximité immédiate du rivage. Les littoraux ont d'abord fait l'objet d'importants aménagements pour leur mise en valeur, mais les politiques d'aménagement du territoire limitent aujourd'hui les possibilités d'urbanisation à proximité immédiate du rivage du fait de la reconnaissance de ces espaces comme fragiles et de plus en plus menacés par la littoralisation des humains et des activités. (Geoconfluences., 2021).

Expansion urbaine est l'augmentation de la superficie d'une ville, et la diminution de sa densité de population. Il est l'une des manifestations spatiales de la périurbanisation, l'expansion urbaine peut comporter une connotation négative pour désigner un mode d'expansion de la tache urbaine plutôt anarchique et peu contrôlé. (Geoconfluences., 2020).

L'aléa est événement d'origine naturelle ou humaine potentiellement dangereux dont on essaie d'estimer l'intensité et la probabilité d'occurrence par l'étude des périodes de retour ou des prédispositions du site est réalisable (Garry et al., 1997).

Les enjeux représentent la valeur humaine, économique ou environnementale des éléments exposés à l'aléa. Ils constituent ce que l'on risque de perdre et rassemblent à la fois les biens et les personnes (Garry et al., 1997 ; D'Ercole et Metzger, 2011).

Le risque résulte de la combinaison d'un (ou de plusieurs) aléa(s) d'un niveau donné (intensité) avec les enjeux, c'est l'exposition des enjeux aux aléas.

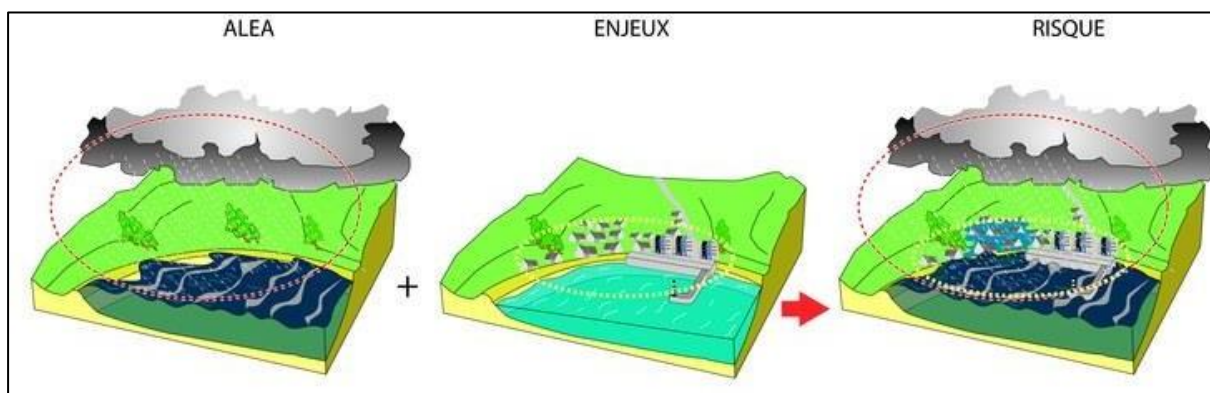


Figure 2 : Aléas, enjeux et risques (Hénaff, 2014)

La vulnérabilité côtière peut être considérée comme fonction de la nature physique de la zone côtière, c'est-à-dire des caractéristiques qui contrôlent sa capacité à répondre aux perturbations, de la nature (fréquence et magnitude) de la perturbation (les facteurs de forçage) et des répercussions d'un tel changement sur les activités de l'homme et son environnement, elle peut être exprimée ainsi (Cooper et McLaughlin, 2010) :

La vulnérabilité = les aléas+ les enjeux qui y sont exposés+ les pratiques de gestion mises en œuvre (ou pas) pour prévenir et traiter les risques produits+ les représentations des usagers et les gestionnaires des sites concernés.

1.1.2 La nécessité d'exploitation du milieu côtier

Pratiquement à l'échelle planétaire, les littoraux, principalement dans les nations industrialisées et celles en voie de développement, subissent des contraintes significatives qui mettent en péril leur équilibre naturel et compromettent la diversité biologique qu'ils abritent.

En raison de son attrait croissant, favorisé par l'accroissement des opportunités économiques et des infrastructures publiques facilitant la vie humaine et répondant à leurs besoins, le littoral est soumis à une pression anthropique intense. Cette pression est étroitement liée à la croissance des activités humaines, au point de conduire à une artificialisation des sols. **(Rabehi et al., 2019)**.

Dans un contexte où la mer offre des opportunités considérables en termes d'alimentation, de transport et de commerce, une étude approfondie de la Méditerranée a révélé que l'utilisation des côtes revêt en réalité une dimension civilisationnelle. L'ouverture vers le monde, initialement stimulée par les grandes expéditions maritimes, puis par les avancées révolutionnaires dans les domaines des transports à la fin du 19^e siècle, a engendré des échanges commerciaux florissants ainsi que les activités qui les accompagnent. Cette dynamique a conduit à l'émergence de grands ports et à la mondialisation de l'économie au cours du dernier quart du 20^e siècle. **(Ghodbani et Berrahi-Midoun, 2013)**.

Les différentes actions entreprises par les humains, telles que l'industrialisation, l'urbanisation et le tourisme, sont les principaux moteurs des activités humaines. Cependant, elles peuvent entraîner la détérioration des zones côtières et perturber l'équilibre naturel, ce qui peut mettre en péril la santé humaine, nuire aux ressources biologiques, à la flore et à la faune, entraver les plaisirs liés à la mer et compromettre d'autres utilisations légitimes de l'environnement maritime **(Mérenne, 2008)**

L'urbanisation en Algérie a des racines anciennes, remontant aux civilisations romaine et arabe qui étaient orientées vers les villes. Cependant, son expansion massive au cours des dernières décennies a transformé les paysages, les mentalités et la société elle-même **(Côte, 1994)**. L'urbanisation présente des avantages considérables pour le développement humain. Toutefois, lorsqu'elle se produit rapidement et sans contrôle, elle peut entraîner des conséquences néfastes, telles que l'épuisement des ressources environnementales (naturelles et artificielles), l'accentuation de la pauvreté, l'aggravation des inégalités sociales et même l'apparition de fragilités urbaines **(Oluwatayo et Opoko, 2014)**.

1.1.3 L'état actuel des lieux

La zone côtière méditerranéenne est parmi les côtes les plus urbanisées au monde avec un taux d'urbanisation d'environ 66% (**Lafitte et al., 2012**). Depuis le 19^{ème} siècle, la température atmosphérique moyenne a augmenté de 1,1°C à l'échelle du bassin Méditerranéen, ce qui rend la région vulnérable à l'élévation du niveau de la mer (**GIEC, 2023**). Dans le sud du bassin Méditerranéen occidental (Afrique du Nord), de nombreux vestiges archéologiques témoignent d'une occupation des zones côtières actuellement submergées (**Paskoff, 2001**).

À l'échelle régionale, les zones côtières du pourtour méditerranéen sont également menacées par le changement climatique (**IPCC, 2021**). L'Algérie, avec plus de 1600 Km de côte, ne fait pas exception. Plusieurs études (**Larid, 2002, Ayadi et al., 2015, Kermani et al., 2016, Bougherira et al., 2020**) ont été menées à l'échelle de la côte algérienne et ont rapporté que la tendance générale est plutôt érosive. Par ailleurs, la côte algérienne est l'une des plus peuplées du bassin méditerranéen, avec environ 40% de la population vivant sur un territoire représentant à peine 1.9% de la superficie du pays, entraînant ainsi, une forte concentration des activités (51% des industries y sont localisées), des infrastructures et équipements (**PAC, 2009**).

Pour mieux comprendre l'état actuel les impacts engendrés peuvent être classifiés selon leurs causes : géorisques côtiers (érosion côtières/ submersion marine) et l'expansion urbaine.

- Géorisques côtiers

L'érosion des sols est un problème majeur dans les zones urbaines, en particulier dans les climats humides. Les pluies torrentielles peuvent entraîner des inondations chargées de sédiments, qui obstruent les systèmes de drainage et peuvent causer des dommages aux infrastructures et à l'environnement, au nord de l'Algérie, l'indice d'érosivité des eaux pluviales est fortement corrélé à la durée et à l'intensité des pluies. Cette corrélation peut être utilisée pour estimer l'indice d'érosivité en l'absence de mesures, ce qui est utile pour la gestion des risques d'érosion. (**Touaibia et al., 2014**).

Les systèmes de culture dans la région centre d'Algérie font face à des défis majeurs, notamment la pénurie d'eau et l'érosion des sols. La wilaya de Tipaza en particulier, une région humide avec des précipitations sporadiques et des terrains escarpés, connaît des difficultés particulières. Les méthodes traditionnelles telles que la rotation des cultures et les jachères ne sont pas toujours efficaces pour contrer l'érosion dans des conditions de sécheresse et de changement climatique. (**Mezoune, 2021**).

La vulnérabilité physique du littoral de Cherchell est plus élevée sur les plages de sable, où la pente est faible et où les matériaux sont facilement érodés (plus d'un tiers (35%)). La vulnérabilité socio-économique est plus élevée dans les zones urbanisées, où les infrastructures et les populations sont plus exposées aux risques côtiers (près de la moitié du littoral (48%)). Ces risques ont des impacts négatifs sur les infrastructures et les activités côtières. Ils peuvent entraîner des dommages aux bâtiments, aux routes et aux autres infrastructures, ainsi que des pertes de revenus pour les industries touristiques et les activités de pêche. Il est donc urgent de mettre en place une gestion intégrée de la zone côtière algérienne, y compris la côte de Cherchell. (**Amarni et al., 2021**).

La plupart des dunes consolidées sont en érosion par contre les Anses de Kouali disposent des dunes stables (qui expliquent l'effet d'érosion marine ou les zones à l'abri ou exposée direct à l'hydrodynamique). (**TAD, 2016**).

La situation géographique de la baie de Tipaza l'a rendue sensible aux risques côtiers, vu qu'elle est exposée aux vents dominants et aux grandes tempêtes. Le recul du trait de côte est estimé à environ de -1.02 à - 2.7 m/an pour la baie de Chenoua et de : -1 à -2 m/an pour Tipaza-Bou Ismail d'ailleurs de 1992 jusqu'à 2011, 11 inondations sont produites le long de la zone littorale de Tipaza (Sidi Ghiles, Aghbel, Damous, Beni Milleuk, Hadjout, Larhat, Bou-Ismaïl, Fouka, Koléa, Oued Mazafran...) cela est suite à des événements ordinaires et saisonniers n'ayant rien de remarquable, qui ont engendrés des dommages extrêmes. (**Nouri, 2013**).

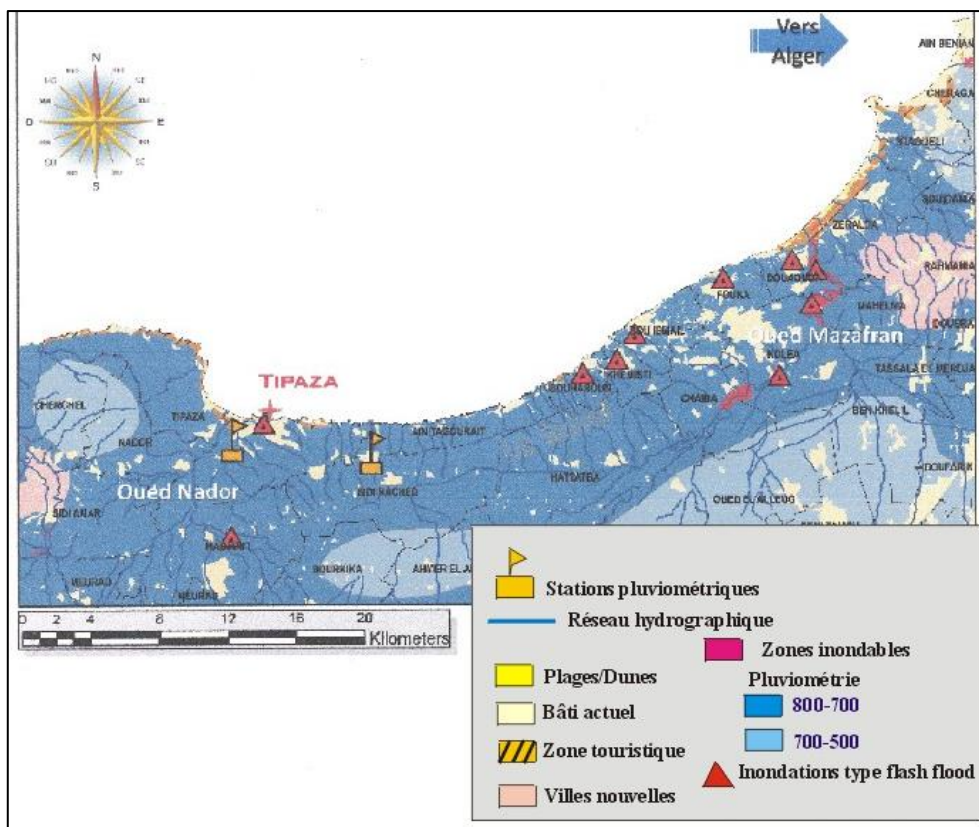


Figure 3 Carte du risque d’inondation de la baie de Tipaza (Nouri, 2013)

En utilisant la méthode de la cartographie de l'indice de risque côtier, combinée à la cartographie de la vulnérabilité et de l'exposition, a permis d'identifier que 40 % de la baie de Bou Ismail est à un niveau de risque élevé d'érosion et de submersion. (Chaib et al, 2020).

Les ruines romaines de Tipaza, reconnues comme un patrimoine archéologique d'importance nationale et mondiale, sont exposés à ces phénomènes (Mecheri, 2022), et les éléments constitutifs de ces ruines, en particulier les pierres poreuses telles que le grès et le calcaire, font l'objet d'altérations. Ces altérations, causées par l'eau, peuvent provoquer une érosion préjudiciable, entraîner la perte de structures et de monuments historiques, ainsi que détériorer l'intégrité des paysages environnants. Par conséquent, il est impératif de lutter contre l'altération des matériaux pierreux et de préserver ce site archéologique d'une importance capitale. (Chentout, 2019).

L'érosion hydrique est un problème majeur dans la zone méditerranéenne et humide. Dans le cas du barrage de Boukourdane, à Tipaza, le taux d'érosion des sols est de 366 à 446 t/km²/an. L'envasement du barrage entraîne la remise en suspension de particules fines, qui s'accumulent dans les zones de recharge des nappes phréatiques. Cela réduit la capacité d'infiltration des eaux et conduit à une baisse des niveaux piézométriques. Les nappes

phréatiques situées en zone côtière sont également soumises à des pompages intensifs, ce qui les rend particulièrement sensibles aux intrusions marines. La modification de la gestion des lâchers du barrage a un impact positif sur la lutte contre ces intrusions. (**Tadrist., et al, 2016**).

- Expansion urbaine

La croissance urbaine de Tipaza s'est accélérée ces dernières années et a eu un impact significatif sur l'environnement et le développement de la région, elle a notamment engendré une pression sur les ressources naturelles notamment l'eau. (**Touat, 2016**).

Les hommes, ont souvent porté atteintes à leur milieu naturel et à leurs sites et vestiges du passé appartenant à leur patrimoine archéologique et historique. Ces violations proviennent de deux origines : d'une part, l'urbanisation rapide qui s'est concrétisée au préjudice de du parc archéologique : lotissement sur l'enceinte archéologique de Mansourah (Tlemcen), déploiement de villes nouvelles au détriment des ruines (Tipaza) ; d'autre part, les pillages de pierres de taille (sites de Tébessa, Tipaza, Cherchell, Djemila, Timgad) et les différentes déprédations (graffitis, dépècement de peinture et gravures par les visiteurs et les touristes).(**Khaled Khouda, 2012**).

L'urbanisation anarchique à Tipaza est principalement responsable des inondations fréquentes qui surviennent lors d'événements ordinaires et saisonniers. Elle favorise l'imperméabilisation incontrôlée des sols, perturbe les réseaux d'assainissement et entraîne le gonflement des oueds en raison de l'accumulation de décombres et de détritrus. De plus, l'érosion de la bande littorale est principalement attribuée à des facteurs anthropiques, tels que le déficit sédimentaire causé par les alluvions bloquées en amont par les barrages et l'exploitation incontrôlée et anarchique des sédiments par l'industrie du bâtiment au niveau local, le risque sismique, les inondations et l'érosion du littoral de Tipaza exercent leurs actions sur un terrain à forte urbanisation qui se matérialise à travers des extensions urbaines non contrôlées et une évolution dirigée vers le littoral. (**Nouri, 2013**)

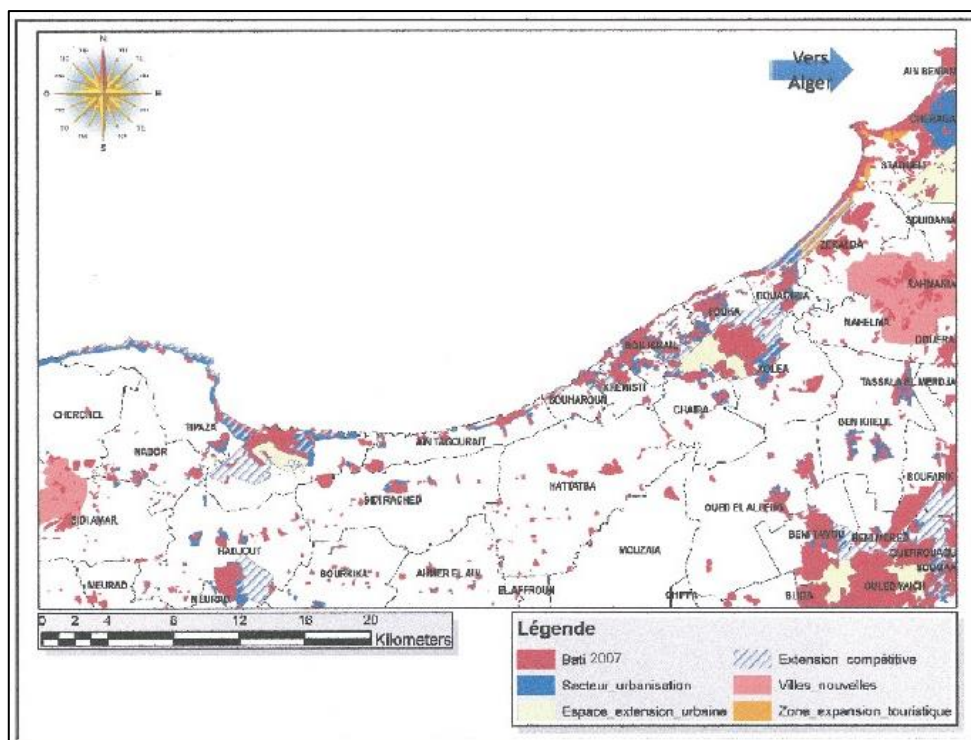


Figure 4 Carte du tissu urbain de Tipaza (Nouri, 2013)

La moitié des sites du patrimoine mondial sont menacés par des activités industrielles : Activités pétrolières et gazières, extraction minière, exploitation forestière illégale, construction de grandes infrastructures, surpêche ou encore consommation excessive des ressources en eau. (Boughilas et Belfoul, 2017).

Les conflits armés et la guerre, les séismes et autres catastrophes naturelles, la pollution, le braconnage, l'urbanisation sauvage et le développement incontrôlé du tourisme posent des problèmes majeurs aux sites du patrimoine mondial. (UNESCO Centre du patrimoine mondial 1992-2017).

Les pressions anthropiques, principalement dues à l'urbanisation, ont entraîné une dégradation multiforme de l'environnement marin et côtier, ainsi que la détérioration du cadre de vie. Elles se manifestent notamment par le recul du couvert végétal, causé par le surpâturage et les incendies, la surexploitation des terres, les pollutions, liquides, atmosphériques et solides et e recul du cordon dunaire, causé par l'extraction anarchique du sable des plages. Les pressions naturelles, liées aux effets de la mer sur la côte et à la stabilité des versants et des sols, se manifestent notamment par la dynamique et l'évolution du trait de côte, des falaises, des plages et des cordons dunaires et les mouvements de terrain, les éboulements, l'érosion et la dégradation des sols. Ces pressions et vulnérabilités ont un impact négatif sur la biodiversité, la qualité de vie des populations locales et le développement durable de la région. Il est donc

nécessaire de mettre en place des mesures de protection et de gestion durable du littoral de Tipaza. (TAD, 2016).

1.1.4 La législation pour la protection du littoral

La loi n° 02-02 du 5 février 2002 relative à la protection et à la valorisation du littoral algérien vise à protéger et valoriser le littoral algérien. Elle définit le littoral, interdit toute activité susceptible de le dégrader, et encourage sa mise en valeur durable. La loi crée un Commissariat National du Littoral pour veiller à son application et prévoit la participation des citoyens à la gestion du littoral. Un plan d'aménagement côtier doit être élaboré pour définir les orientations et les objectifs de cette gestion. La loi protège également les espaces naturels remarquables et encourage le transfert des installations industrielles polluantes vers des sites appropriés.

La loi 02-02 délimite trois bandes dans le littoral tel que défini à l'article 7, dans lesquelles sont édictées des restrictions relatives à l'urbanisation (Figure 5) :

La bande 1 : Il s'agit de la bande inconstructible dont la largeur peut atteindre 300 mètres à partir du rivage pour des motifs liés au caractère sensible du milieu côtier. Cette bande inclut le rivage naturel dans lequel sont interdits la circulation et le stationnement des véhicules (sauf les véhicules de service, de sécurité, de secours, d'entretien ou de nettoyage des plages).

La bande 2 : qui est d'une largeur de 800 mètres, dans cette bande sont interdites les voies carrossables nouvelles parallèles au rivage (alinéa 1 de l'article 16). Toutefois, en raison de contraintes topographiques de configuration des lieux ou de besoins des activités exigeant la proximité immédiate de la mer, il peut être fait exception à cette disposition.

La bande 3 : dont la largeur est de 3 kilomètres, dans cette bande sont interdites : toute extension longitudinale du périmètre urbanisé, c'est-à-dire toute extension parallèle au rivage, l'extension de deux agglomérations adjacentes situées sur le littoral à moins que la distance les séparant soit de 5 kilomètres au moins, les voies de transit nouvelles parallèles au rivage.

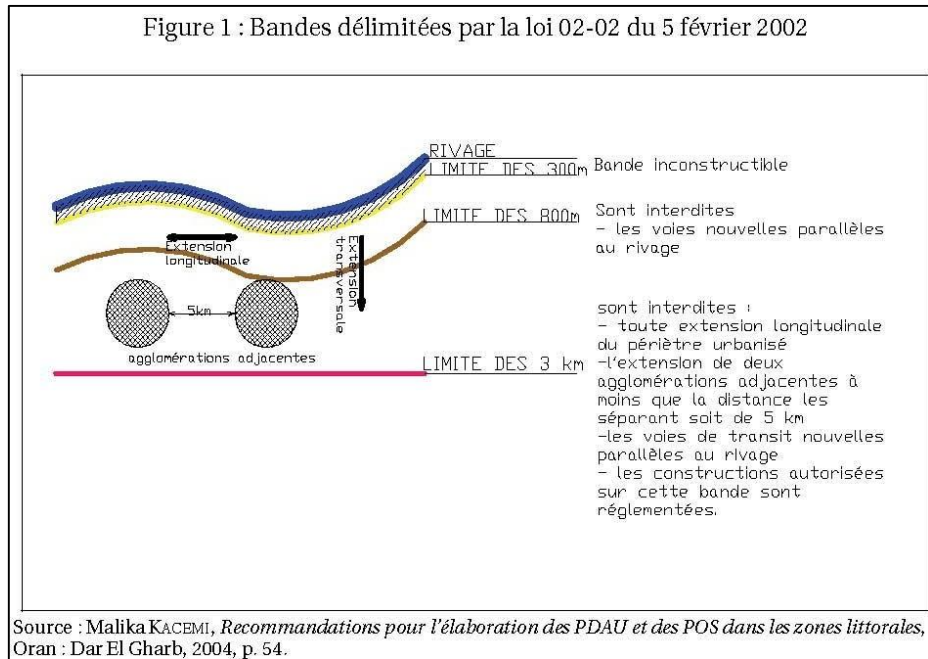


Figure 5 Les bandes littorales délimitées par la loi littorale 02-02 du 05/02/2002

1.2 Contexte de l'étude

1.2.1 Localisation de la zone d'étude

La wilaya de Tipaza est située sur le littoral nord-centre du pays, sa marge littorale s'étend sur un linéaire de l'ordre de 145,81 km de l'Oued Mazafran à l'Est jusqu'à l'Oued Damous à l'Ouest. Son chef-lieu est une ville côtière située à 70km à l'ouest de la capitale Alger. La présence de la mère, des reliefs du mont Chenoua et du Sahel lui confère un paysage particulier d'un grand intérêt touristique. De nombreux vestiges puniques, romains, chrétiens et africains attestent de la richesse de son histoire. Elle est limitée par :

- La mer méditerranée au Nord.
- La Wilaya de Chlef à l'Ouest.
- La Wilaya de Ain Defla au Sud-Ouest.
- La Wilaya de Blida au Sud.
- La Wilaya d'Alger à l'Est

Ses coordonnées GPS :

Latitude : 36° 21' 35" et 36° 42' 10" Nord

Longitude : 1° 42' 10" et 2° 48' 0" Est



Figure 6 Carte de la situation géographique de la zone d'étude

1.2.2 Problématique

L'aménagement du littoral est une nécessité pour répondre au besoin de l'homme d'occuper cet espace tant convoité. Il vise à concilier les activités humaines et la préservation des ressources naturelles. Cependant, les aménagements côtiers peuvent également avoir un impact négatif sur l'environnement, en perturbant les écosystèmes et en favorisant l'érosion.

Le présent travail vise à évaluer les pertes économiques liées aux Géorisques côtiers dans la wilaya de Tipaza. Il s'appuie sur une estimation des taux d'érosion et de submersion marine, les pertes économiques qu'ils entraînent sont susceptibles de changer. Il est donc important d'étudier les systèmes côtiers déjà exploités et l'impact de cette exploitation, afin de mieux comprendre leur état actuel et de définir des mesures de gestion appropriées

1.2.3 Les sites stratégiques à étudier

Tipaza, joyau archéologique et stratégique du littoral algérien, recèle en son sein une constellation de sites d'une importance capitale, dans cette étude la lumière sera mise sur 06 sites qui sont élaborés au-dessous ;

1.2.3.1 Le port de pêche de Khemisti

Les activités de pêche dans la wilaya de Tipaza se déroulent dans cinq petits ports : Khemisti, Bou Haroun, Tipasa, Cherchell et Gouraya, dans cette analyse, l'accent sera mis sur le port de pêche de Khemisti.

Le port de Khemisti se trouve dans la commune de khemisti à Tipaza, il est à environ de 40 km du Ouest d'Alger, il se trouve à proximités du port de bouharoune qui est considéré comme le deuxième plus grand port de pêche en Algérie. Il se situe entre 36.635969° et 36.638431° Nord, et entre 2.672125° et 2.670778° Est.

À la base, ce port était un abri de pêche, et les aménagements portuaires ultérieurs ont été réalisés pour son expansion. Actuellement, des travaux d'extension sont en cours. Le plan d'eau du port mesure 7500m^2 , avec des quais d'une longueur totale de 280m. Le port a une capacité de réception de 42 sardiniers et 49 petits métiers

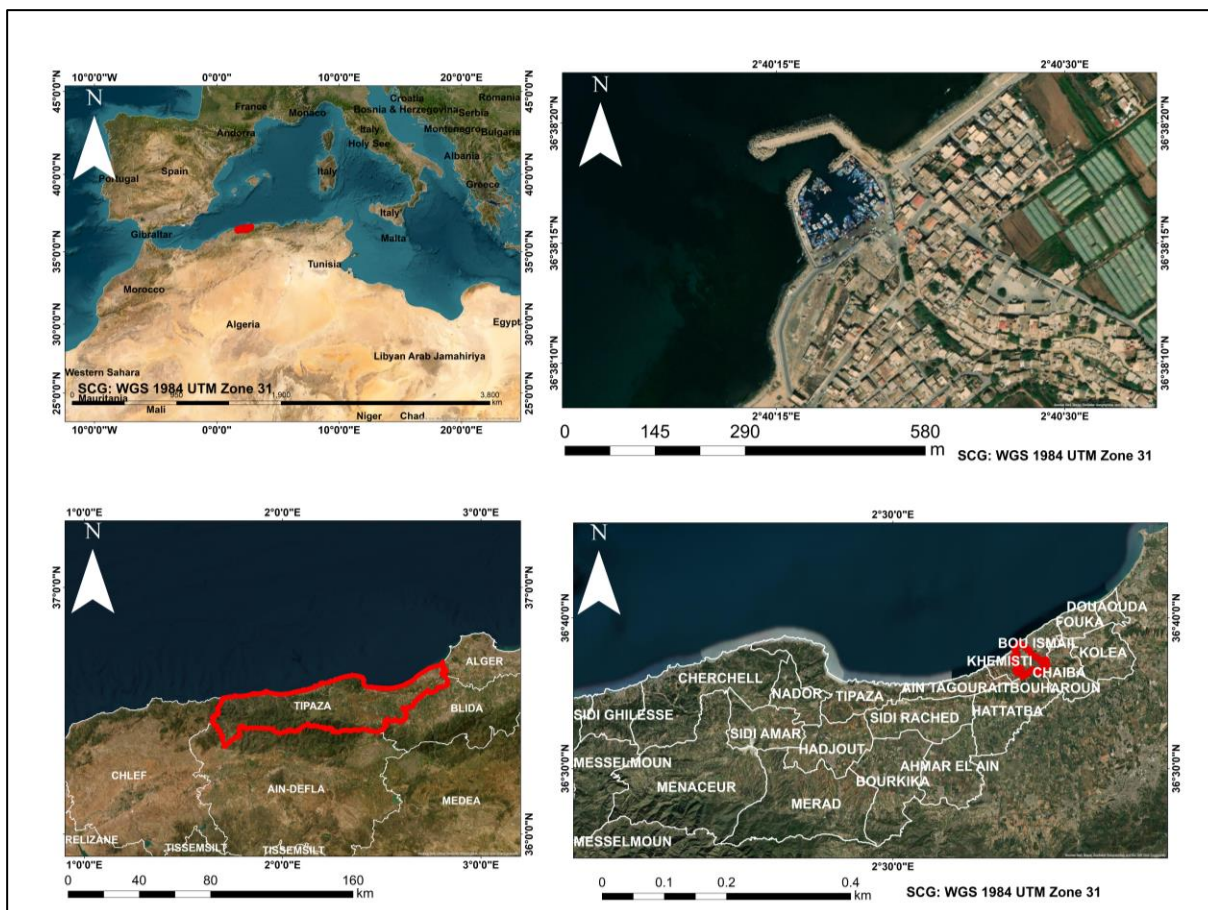


Figure 7 Carte de la situation géographique du port de Khemisti

1.2.3.2 La station de dessalement Fouka marine

L'usine de dessalement d'eau de mer de Fouka est localisée dans la Daira et Commune de FOUKA à Tipaza, elle est à environ de 35 km à l'Ouest d'Alger. Le site considéré pour l'implantation de l'usine de dessalement offre une superficie de 4 hectares et présente une longueur de 300 m et une largeur variant de 70 à 150 m.

Ses coordonnées GPS :

Latitude : 36° 40' 30" et 36° 40' 50" Nord

Longitude : 2° 45' 10" et 2° 45' 30" Est

Elle est délimitée au Nord par la mer Méditerranée, au Sud par la commune de Koléa, à l'Est par la commune de Douaouda et à l'Ouest par celle de Bou Ismail.

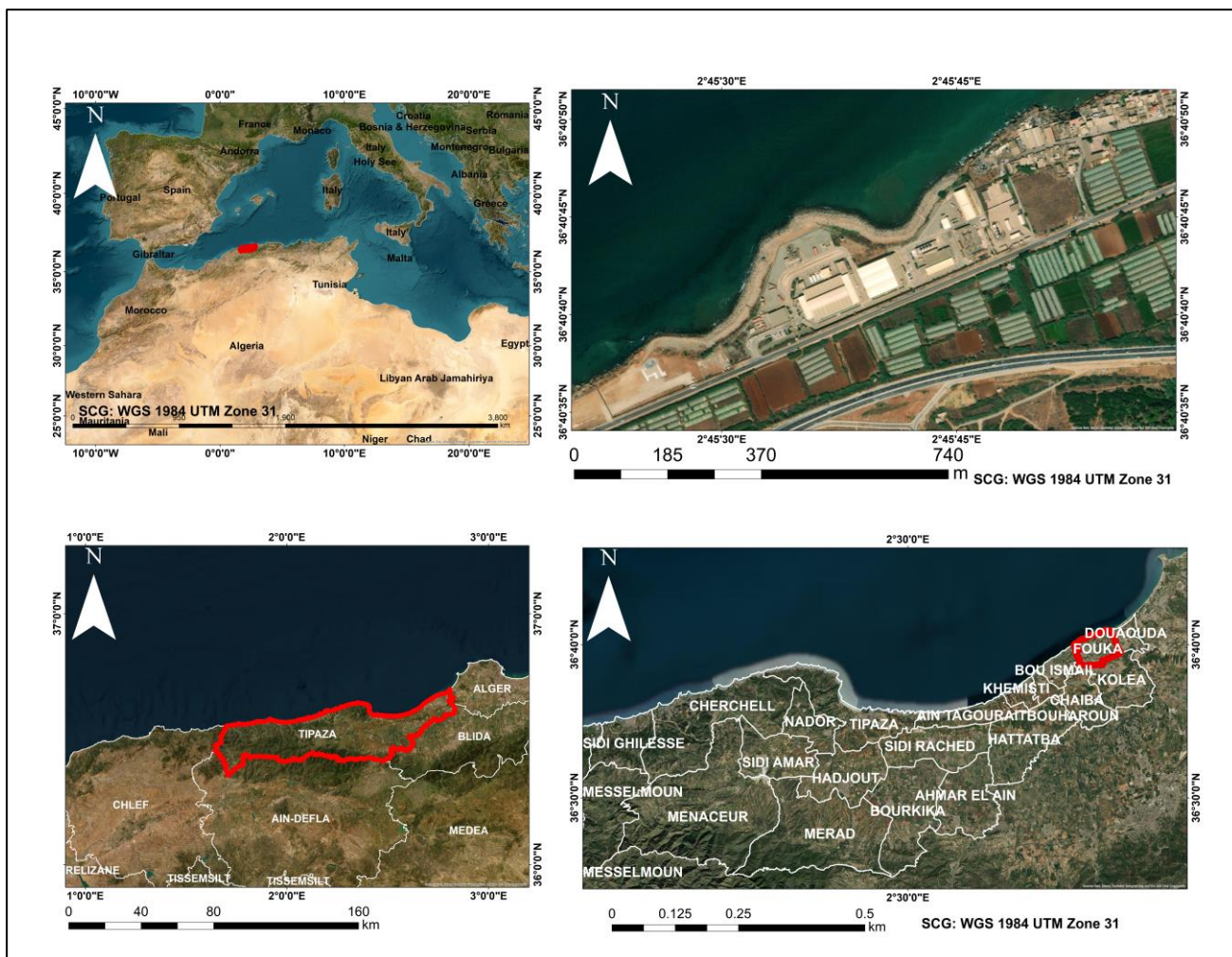


Figure 8 Carte de la situation géographique de la station de dessalement de Fouka Marine

1.2.3.3 Les terres agricoles

La Wilaya de Tipaza est caractérisée par un potentiel en sol cultivable destiné à l’activité agriculture d’environ de 72 929 ha, dont 64 772 ha de surface agricole utile (SAU). (ANDI, 2015). La superficie irriguée est estimée à 12 215 ha, soit un taux d’irrigation de 18,6 % de la surface agricole utile). (ANDI, 2015).

Dans cette étude trois sites seront abordés

1.2.3.3.1 Les terres agricoles d’El Beldj

Les terres agricoles à étudiées d’El Beldj localisé dans la commune de Tipaza, est à environ de 62km de l’Ouest d’Alger, la zone est d’une superficie de 1764525m²

Leurs coordonnées GPS :

- Latitude : 36° 37' 15" et 36° 38'24 " Nord

- Longitude : 2° 45' 10" et 1° 46' 22" Est

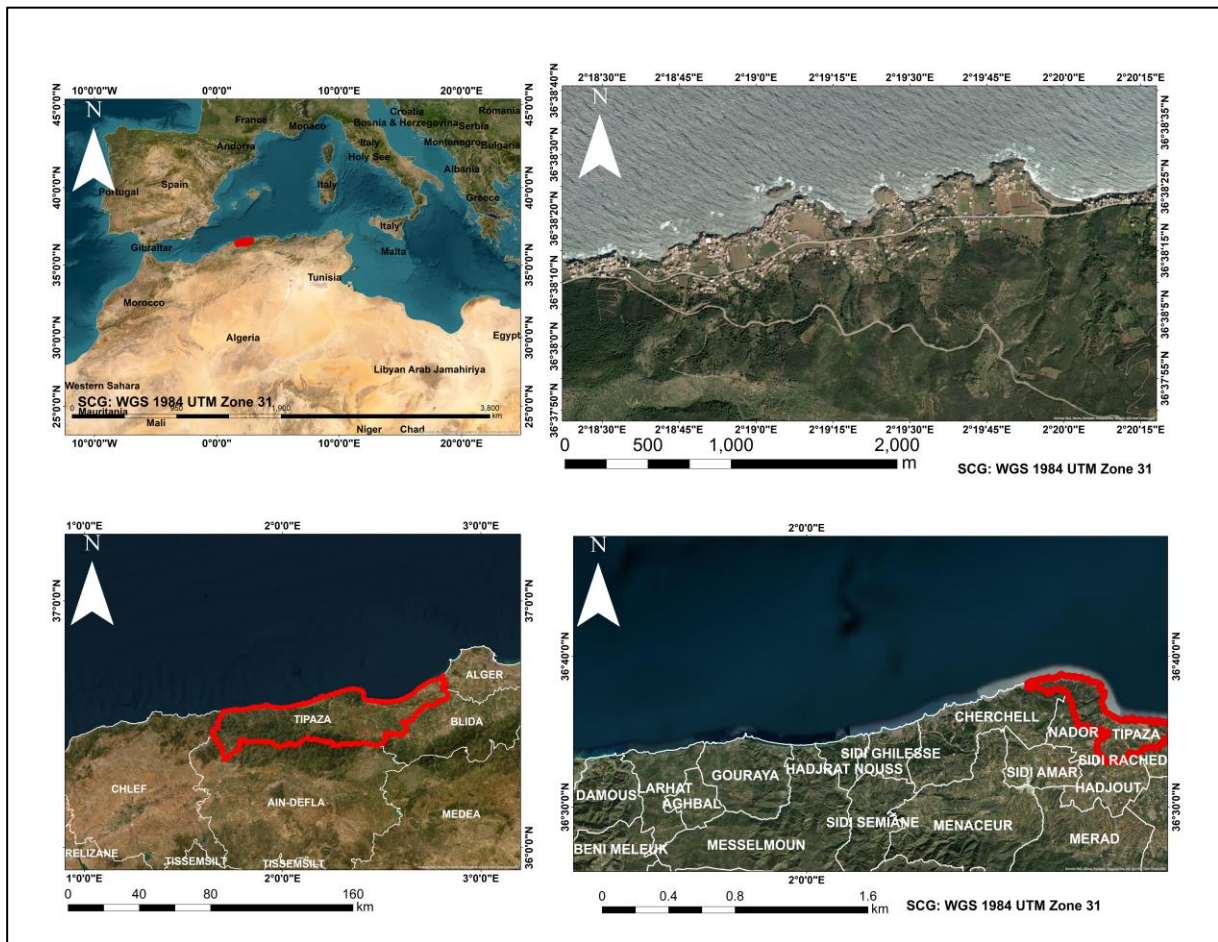


Figure 9 Carte de la situation géographique des terres agricoles d'El Beldj

1.2.3.3.2 Les terres agricoles d'Ikhlifaine

Les terres agricoles à étudiées d'Ikhlifaine localisé dans la commune de Lerhat à l'Ouest de Tipaza, d'une superficie de 4931694m².

Leurs coordonnées GPS :

- Latitude : 36° 33' 10" et 36° 33' 43" Nord
- Longitude : 1° 45' 18" et 1° 46' 21" Est

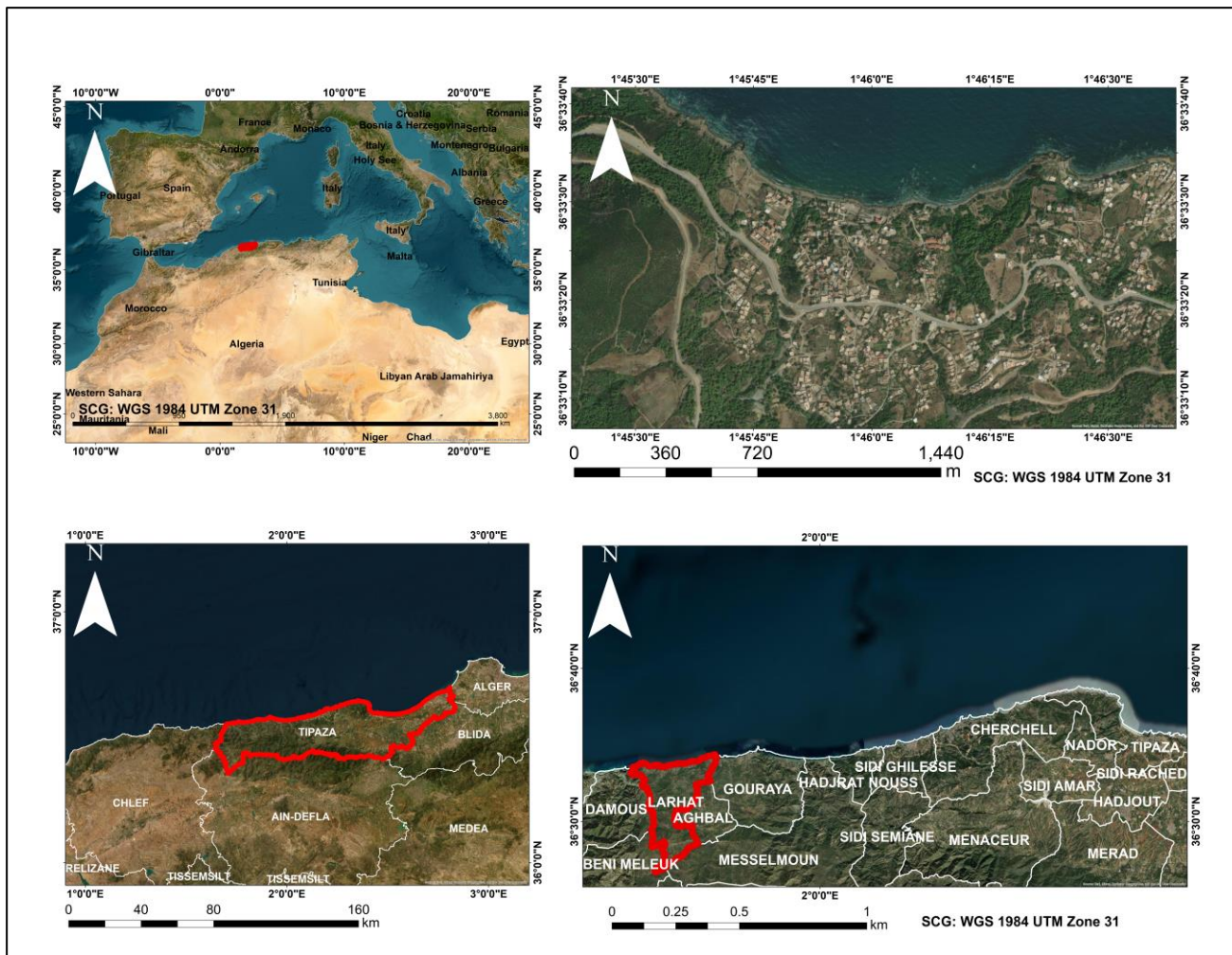


Figure 10 Carte de la situation géographique des terres agricoles d'Ikhelifaine

1.2.3.3.3 Les terres agricoles de Douaouda

Les terres agricoles à étudiées de douaouda localisée dans la commune de Douaouda à l'extrémité Est de Tipaza.

Leurs coordonnées GPS :

- Latitude : 36° 40' 40" et 36° 41' 50" Nord
- Longitude : 2° 46' 20" et 2° 48' 40" Est

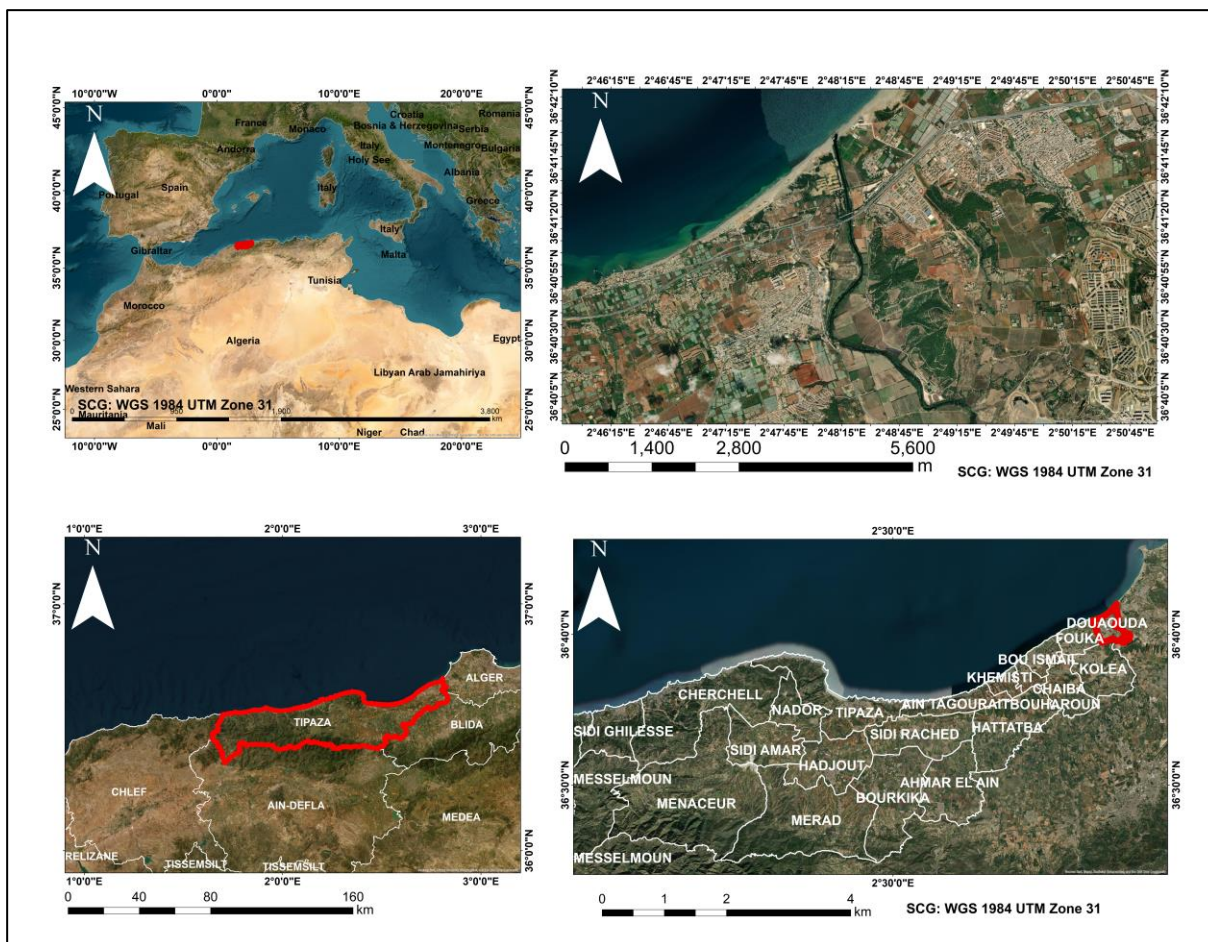


Figure 11 Carte de la situation géographique des terres agricoles de Douaouda

Les terres agricoles de la bande littorale de Tipaza sont menacées par trois phénomènes naturels aggravés par l'activité humaine, du côté mer : l'érosion côtière qui peut être aggravée par l'urbanisation, qui réduit la végétation qui protège le littoral, la submersion marine qui peut être aggravée par la compaction des sols, qui réduit leur capacité à absorber l'eau et du côté continental par l'expansion urbaine qui est causée par la croissance démographique. Ces phénomènes peuvent entraîner la perte de terres agricoles, ce qui peut entraîner une diminution de la production alimentaire et une augmentation des prix des produits agricoles. Elle peut également entraîner la perte d'emplois et la dégradation de l'environnement.

1.2.3.4 Les ruines romaines de Tipaza

Tipaza est une ville chargée de valeurs patrimoniales et chargée d'histoire par ces vestiges archéologiques et ces ruines romaines. Elle est classée sur la liste du patrimoine mondiale en 1982.

Le patrimoine archéologique fait partie des biens culturels immobiliers, il inclut « les espaces bâtis ou non bâtis qui n'ont pas de fonction active et qui témoignent des actions de l'homme ou des actions conjuguées de l'homme et de la nature, y compris les sous-sols y afférents et qui ont une valeur historique, archéologique, religieuse et artistique, scientifique, ethnologique ou anthropologique. Il s'agit notamment, des sites archéologiques, y compris les réserves archéologiques et les parcs culturels ». (Larousse., 2011).

Dans cette analyse l'accent sera mis sur les ruines romaines collées au port de Tipaza **(Erreur ! Source du renvoi introuvable.)**,

Ces ruines se trouvent dans la commune de Tipaza collées au Port de plaisance, du sud protégées par de la végétation, du Nord fragilisées par la Mer méditerranée, de l'Ouest par bordées par la plage des ruines romaines et de l'Est par le Port de Tipaza. Elles se situent entre les latitudes 36°35'36" et 36°35'44" Nord et entre les longitudes 2°26'27" et 2°26'40" Est.

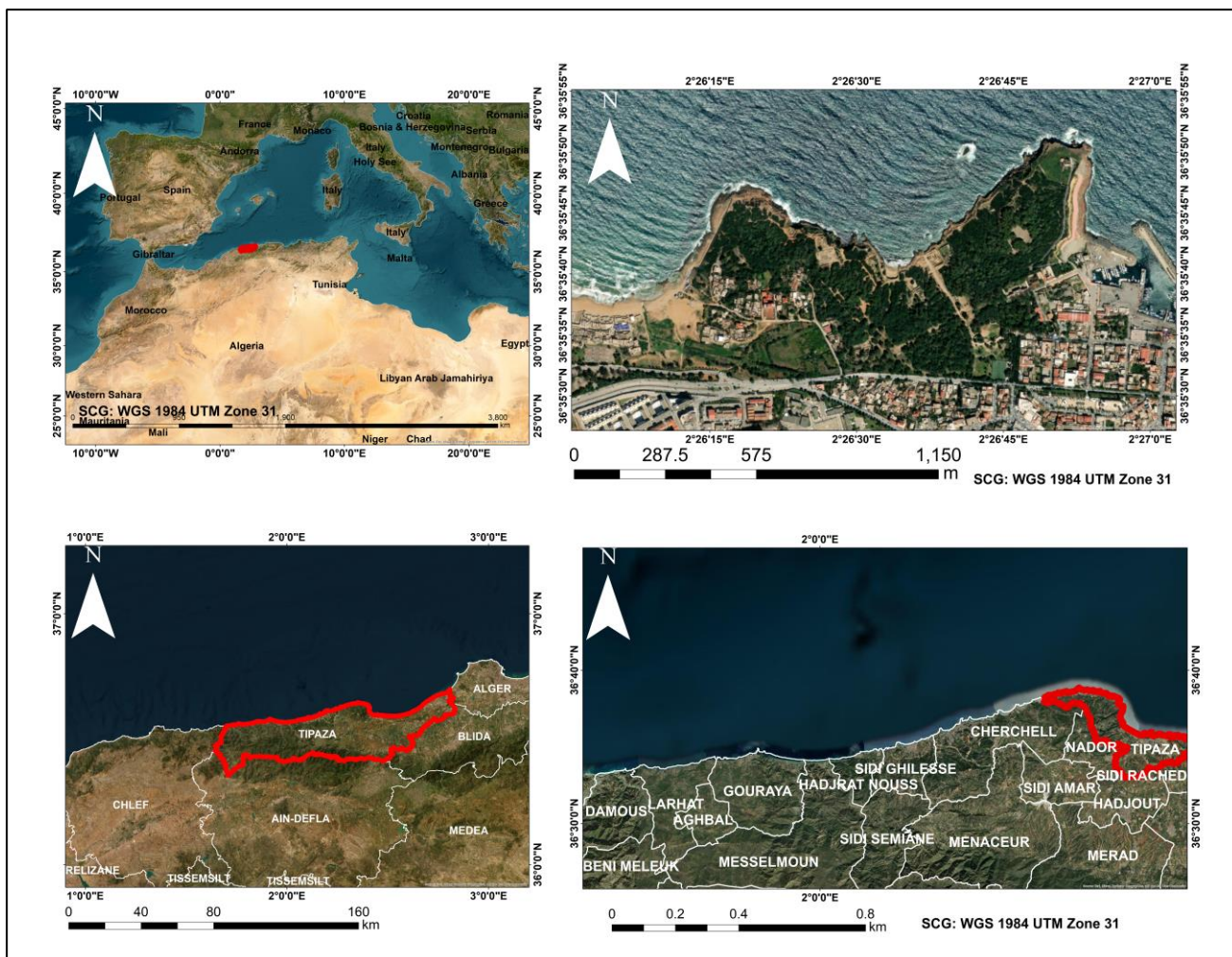


Figure 12 Carte de la situation géographique des ruines à étudier

Le Parc archéologique ouest de Tipasa, également connu sous le nom de Ruines Romaines de Tipaza, classé au patrimoine mondial de l'UNESCO en 1982 (<https://whc.unesco.org/en/news/178>), il abrite une multitude de monuments historiques, témoins de la grandeur de la civilisation romaine. Dont se trouvent représentés sur la **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

- Deux amphithéâtres, où se déroulaient des combats de gladiateurs et des spectacles divers (1).
- Un théâtre, lieu de représentations dramatiques et musicales (2).
- Une basilique chrétienne, symbole de l'implantation du christianisme dans la région (3).

- La villa des fresques, décorée de peintures murales d'une grande finesse (4).
- Le nymphée, un sanctuaire dédié aux nymphes, divinités des sources et des rivières (5).
- Le cardo (6).

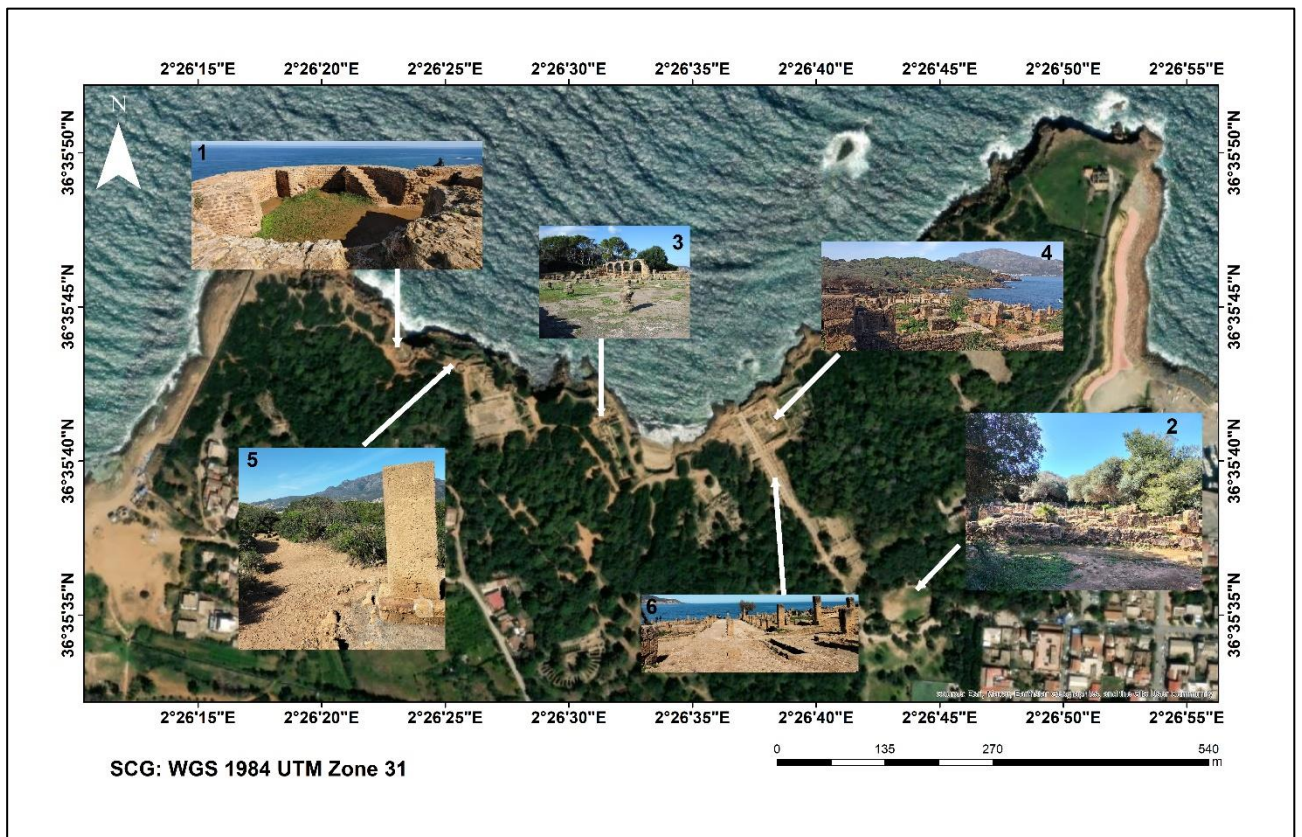


Figure 13 Carte de certaines ruines du site à étudier

1.3 La délimitation des bandes littorales

1.3.1 Définition du périmètre de la zone littorale

La définition du littoral de la wilaya a été établie en conformité avec la loi 02-2002 du 5 février 2002 relative à la protection et à la valorisation du littoral, et notamment son article 7, qui stipule que le littoral englobe l'ensemble des îles et îlots, le plateau continental, ainsi qu'une bande de terre d'une largeur minimale de 800 mètres, longeant la mer et comprenant :

- Les versants de collines et de montagnes visibles de la mer,
- Les plaines littorales de moins de trois kilomètres de profondeur à partir des plus hautes eaux maritimes,
- L'intégralité des massifs forestiers,
- Les terres à vocation agricole,
- L'intégralité des zones humides et leurs rivages,
- Les sites présentant un caractère paysager, culturel ou historique.

1.3.2 Cadastre et bornage du domaine littoral

En vertu de la loi sur le littoral, les autorités locales ont élaboré le cadastre littoral et ont matérialisé les limites du domaine littoral. Les critères retenus sont :

- Une profondeur moyenne de trois kilomètres, au niveau des espaces relativement plats,
- Une profondeur de 800 mètres au niveau des zones de falaises,
- L'intégration de la totalité des tissus agglomérés des agglomérations situées dans le domaine littoral,
- Les espaces forestiers (forêts et maquis dégradés) ont été intégrés dans leur intégralité,
- Les plaines littorales et les terres à vocation agricole sur une profondeur maximale de trois kilomètres.

Pour faciliter la matérialisation sur le terrain de cette délimitation, il a été pris en compte de certains critères physiques, notamment les points de côte, les oueds, les talwegs, les routes, les limites des forêts et des parcelles agricoles, etc.



Figure 14 Carte des délimitations des bandes littorales

Chapitre II :
Diagnostique physique et
interaction des facteurs

2 Chapitre II : Diagnostic physique et interaction des facteurs

2.1 Etude climatique

Le climat joue un rôle fondamental dans la distribution des êtres vivants. En région méditerranéenne le climat est un facteur déterminant en raison de son importance dans l'établissement, l'organisation et le maintien des écosystèmes. Les facteurs climatiques sont formés par un ensemble de phénomènes énergétiques constitués par la lumière, la température et les facteurs hydrologiques et mécaniques (**Ramade, 1984**). Il varie en fonction du relief (altitude) et l'éloignement par rapport à la mer (**ADEM, 2014**).

2.1.1 Aperçue sur le climat régional

Du point de vue climatique, l'Algérie est subdivisée du Nord au Sud, selon (**Cote, 1998 in Djenba, 2015**) en cinq zones bioclimatiques en relation avec le relief et les précipitations :

- Le domaine humide : n'est limité pratiquement qu'à la côte surtout à l'Est algérien.
- Le domaine subhumide : qui remonte parfois jusqu'à la côte à l'exception du centre.
- Le semi-aride : remonte dans les bassins intérieurs du Tell (Mila, Guelma) et il est particulièrement développé dans les Hautes Plaines qui le prolongent plus loin vers le Sud.
- Le domaine subaride : qui se limite au flanc Sud de l'Atlas saharien.
- Le domaine aride : qui occupe pratiquement tout le Sahara.

2.1.2 Précipitations

La compréhension des précipitations est essentielle pour la planification et la gestion des infrastructures côtières. (**Bruun, 1988**).

2.1.2.1 Variations annuelles

D'après les résultats de la **Figure 15** il est constaté que :

- Pendant les 10 ans derniers Tipaza a connu une variabilité annuelle importante des précipitations, avec une moyenne de 596,4 mm/an.
- Une tendance générale à la décroissance des précipitations est observée sur la période 2014-2023, une diminution remarquable dans les deux dernières années, 2022 avec 125mm/an et 2023 avec 163 mm/an.
- Une augmentation importante des précipitations pour l'année 2018, avec une valeur moyenne de 1108mm.

La variabilité et la tendance à la baisse des précipitations peuvent avoir des impacts sur l'agriculture, l'eau potable et l'environnement dans la région de Tipaza.

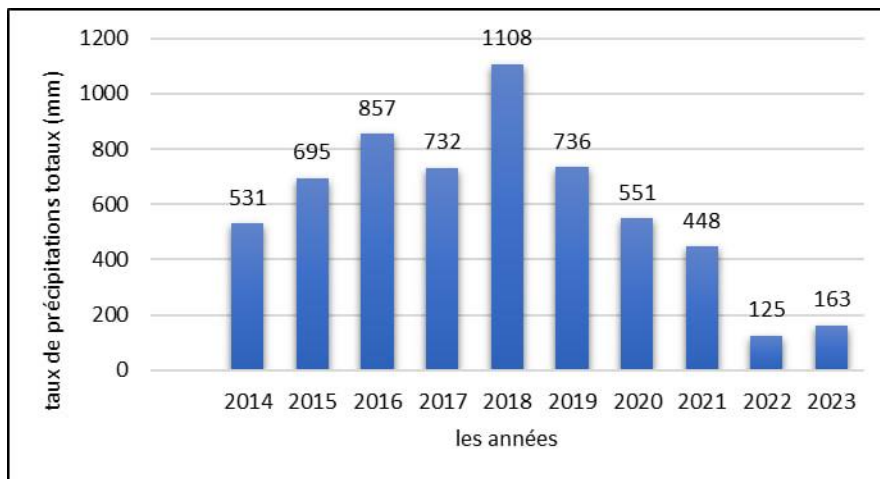


Figure 15 les précipitations annuelles dans la région de Tipaza (de 2014 à 2023) (Source : <https://www.historique-meteo.net>)

2.1.2.2 Précipitations mensuelles

D'après les observations de la **Figure 16** il est constaté que :

Le régime des pluies dans la wilaya de Tipaza obéit un cycle méditerranéen caractérisé par son irrégularité et l'alternance de deux saisons distinctes :

- Une saison estivale sèche allant de juin à septembre (les précipitations moyennes sont de 18,33mm).
- Une saison hivernale humide allant de mois d'Octobre au mois d'Mai (précipitation moyenne est de 78,9mm).

La moyenne mensuelle des précipitations le long de l'année est de 58,71mm.

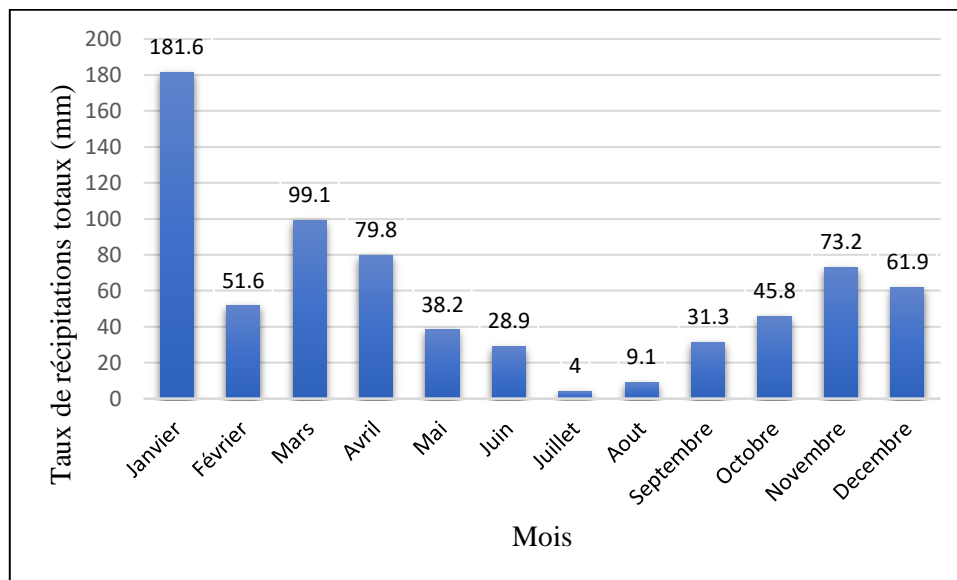


Figure 16 les moyennes mensuelles des précipitations dans la région de Tipaza (de 2014 à 2023) (Source : <https://www.historique-meteo.net>)

2.1.3 Température

La température est un facteur crucial dans l'aménagement du littoral. Elle affecte l'érosion, le tourisme, les habitats et les infrastructures. Sa prise en compte est donc essentielle pour un développement durable et résilient face au changement climatique.

2.1.3.1 Températures mensuelles

Tipaza est une zone qui se caractérise par un climat de type méditerranéen avec des étés chauds et secs et des hivers tempérés doux et humides.

De la **Figure 17** il est à remarquer que le mois de Juillet est le mois le plus chaud avec une moyenne de 29,1°C, tandis que le mois de Janvier est le mois le plus froid où les températures moyennes ne dépassent pas 10,6°C.

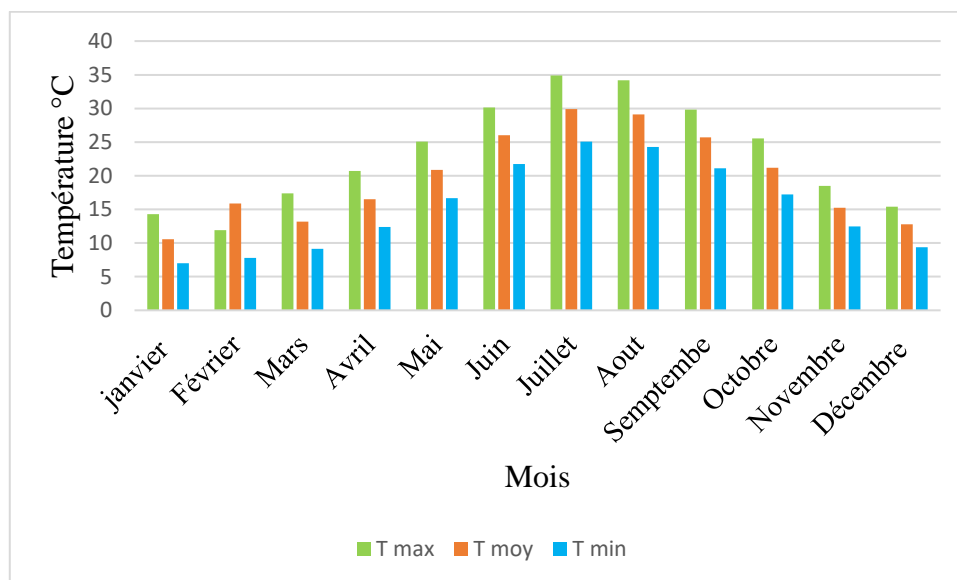


Figure 17 Les variations mensuelles des températures dans la région de Tipaza 2014 à 2023

(Source : <https://www.historique-meteo.net>)

2.1.4 Les vents

Le vent est un facteur clé dans la dynamique du trait de côte et les risques d'érosion et de submersion marine. Il influe sur le transport des sédiments, la formation des dunes, la salinisation des sols et la biodiversité. Le vent est aussi une source d'énergie renouvelable, mais il peut aussi causer des dommages aux infrastructures et aux activités humaines. (Buchou, 2019).

L'utilisation des données provenant de la base de données en ligne Wave climate (www.waveclimate.com) couvrant la période de janvier 2011 à décembre 2022 a permis l'analyse des vents dans la région de Tipaza.

2.1.4.1 Interprétation des roses des vents annuels et saisonniers

La rose des vents annuels (Figure 18) a permis de constater que les vents soufflants au large de la wilaya de Tipaza sont dominés par trois directions principales : le Nord-Est, l'Est et le Sud-Ouest, représentant le plus grand pourcentage de l'ensemble des vents enregistrés. Le pic de vitesse du vent enregistré a atteint 23,4 m/s provenant du secteur Nord-Est.

Hiver : En hiver, l'analyse de la rose des vents montre une dominance de deux secteurs, avec des intensités différentes. Le secteur le plus prédominant est le Sud-Ouest, qui génère les vagues les plus défavorables avec un pourcentage de 28.38%, ensuite c'est l'Ouest qui domine avec un

pourcentage de 21.56%, il est intéressant de noter que la vitesse maximale du vent a été enregistrée en hiver.

Printemps : En printemps, l'analyse de la rose des vents révèle la prédominance de deux secteurs : le Nord-Est avec un pourcentage de temps d'environ 17.88% et c'est la direction la plus fréquente de provenance du vent caractérisée par le pourcentage le plus important ; le Sud-Est, avec un très faible pourcentage de 07.94%. Cependant, il est observable qu'une variation des vitesses du vent est globalement répartie de manière équitable, ce qui montre que pendant cette période, le régime des vents est dépourvu d'événements extrêmes.

Été : l'analyse de la rose des vents estivaux montre que la direction dominante est celle du secteur Est, avec un pourcentage de 24.28%. En revanche, le Nord-Est représente la direction où le vent souffle fréquemment durant cette saison avec une fréquence de 28.28%.

Automne : l'analyse de la rose des vents révèle la prédominance de deux directions : le Ouest avec un pourcentage de 14.40%, et le Nord-Est avec un pourcentage de 14.19%. Cependant, les deux directions les plus fréquentes sont le Sud-Ouest t avec un pourcentage de 16.86% et l'Est avec une fréquence de 16.60%. Il est remarqué également que les vitesses du vent sont globalement réparties de manière équitable, ce qui montre que pendant cette période, le régime des vents est dépourvu d'événements extrêmes.

Les intervalles des valeurs moyennes de vitesses concernant le vent ont été sélectionnés selon l'échelle de Beaufort. Ces valeurs sont mentionnées dans le Tableau 1.

Tableau 1 Vitesses du vent selon l'échelle de Beaufort

Force de Beaufort	Vitesse en m/s	Définition Marine
0	0	Calme plat
1	0.5 à 1.8	Très légère brise
2	1.9 à 3.3	Légère brise
3	3.4 à 5.4	Petite brise
4	5.5 à 7.9	Jolie brise
5	8 à 11	Bonne brise
6	11.1 à 14.1	Vent frais

Force de Beaufort	Vitesse en m/s	Définition Marine
7	14.2 à 17.2	Grand frais
8	17.3 à 20.8	Coup de vent
9	20.9 à 24.4	Fort coup de vent
10	24.5 à 28.5	Tempête
11	28.6 à 32.6	Violente tempête
12	> 32.6	Ouragon

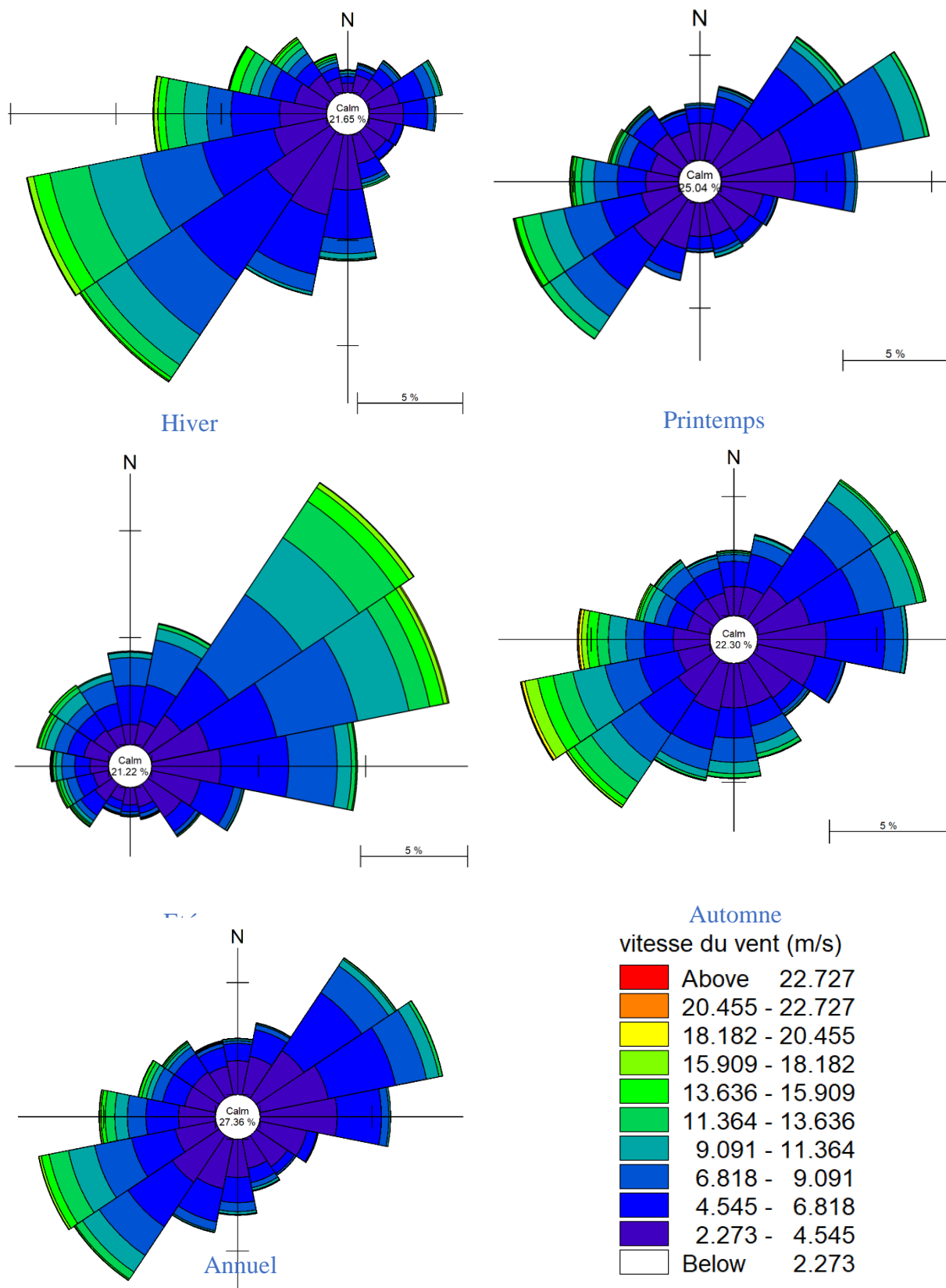


Figure 18 Roses des vents annuels et saisonniers de la wilaya de Tipaza (2011-2022)

2.2 Etude océanographique

2.2.1 Les houles

L'ensemble des analyses de houles ont été effectuées en utilisant de la base de données Wave Climate extraite d'Infoplaza de janvier 2011 à décembre 2022. Pour l'analyse du climat de houle de la zone d'étude, les variables choisies pour la réalisation de ce travail les plus représentatives de la houle à savoir

- H_s : La Hauteur significative de la houle en mètre (m).
- T_p : La période pic de la houle en seconde (s).
- H_{sd} : La direction de la houle en degré ($^{\circ}$).
- U_{10} : La vitesse du vent en (m/s).
- U_{10d} : La direction du vent en degré ($^{\circ}$).

Afin de mieux comprendre l'influence de toutes les variables sur le climat de la houle au large de la zone d'étude, une figure a été fournie (**Figure 19**, avec un corrélogramme qui combinent les informations sur les directions dominantes de la houle et la hauteur de la houle, ce qui permet une meilleure visualisation et compréhension de la houle au large. Les intervalles des hauteurs de houles ont été sélectionnés en se référant à l'échelle de Douglas. Le **Tableau 2** résume ces intervalles.

Tableau 2 Hauteurs de houles selon l'échelle de Douglas

Echelle de Douglas	Notification officielle	Hauteur des houles
0	Plate	0
1	Calme	0 à 0.1 m
2	Belle	0.1 à 0.5 m
3	Peu agitée	0.5 à 1.25 m
4	Agitée	1.25 à 2.5 m
5	Forte	2.5 à 4m
6	Très forte	4 à 6 m
7	Grosse	6 à 9 m
8	Très grosse	9 à 14 m
9	Enorme	14 m et plus

2.2.1.1 Interprétation des roses de houles mensuelles et annuelles

Après l'analyse de la rose des **houles annuelle** (**Figure 19**), il a été observé que deux directions étaient prédominantes : le Nord-Est représentant une fréquence d'environ 44.16 % des houles enregistrées et l'Ouest avec un pourcentage d'apparition de 26.72%.

Automne : D'après la rose des houles automnales, une dominance de deux directions avec des intensités différentes est constatée, le Nord Est avec une fréquence de 43,41% et l'Ouest avec un pourcentage d'apparition de 26,50%.

Hiver : Après l'analyse de la rose des houles hivernales, à constater que deux secteurs sont prédominants, mais avec des intensités différentes. Le secteur le plus dominant est le Nord-Est avec une fréquence de 36,50%. Ensuite, c'est le Ouest qui domine.

Printemps : Après l'analyse de la rose des houles printanières, il est à observer deux secteurs prédominants : le Nord-Est, avec une fréquence de 45,23% des houles enregistrées en printemps et l'Ouest représentant près de 25,17%. **Été** : Après l'analyse de la rose des houles estivale, il est observable que deux directions dominantes avec des intensités différentes : la direction la plus dominante est le Nord-Est avec un pourcentage d'apparition de 44,66%. Ensuite, c'est l'Ouest qui domine.

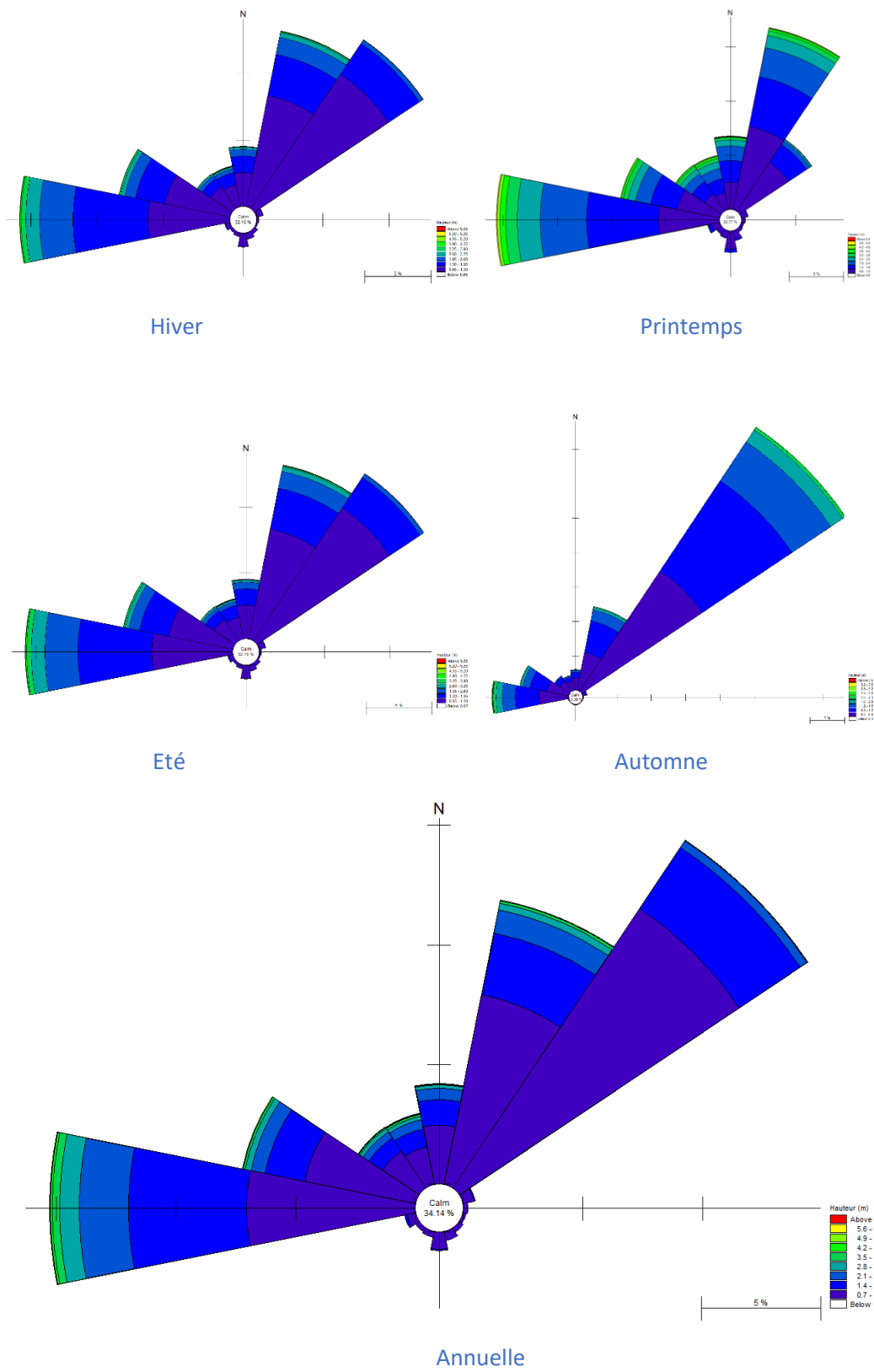


Figure 19 Roses des houles annuelle et saisonnières de la wilaya de Tipaza -2022)

2.2.2 Les courants

Dans le but d'avoir une visualisation générale et globale des courants côtiers de la wilaya de Tipaza, une rose des courant a été extraite la base de données hébergée dans le site web Puertos del Estado (<https://www.puertos.es/en-us/oceanografia/Pages/portus.aspx>) de Janvier 2011 jusqu'à Décembre 2023, les coordonnées du point smart 2113080 de la station de calcul sont $2,42^{\circ}\text{E}$ et $36,67^{\circ}\text{N}$. (**Figure 20**).

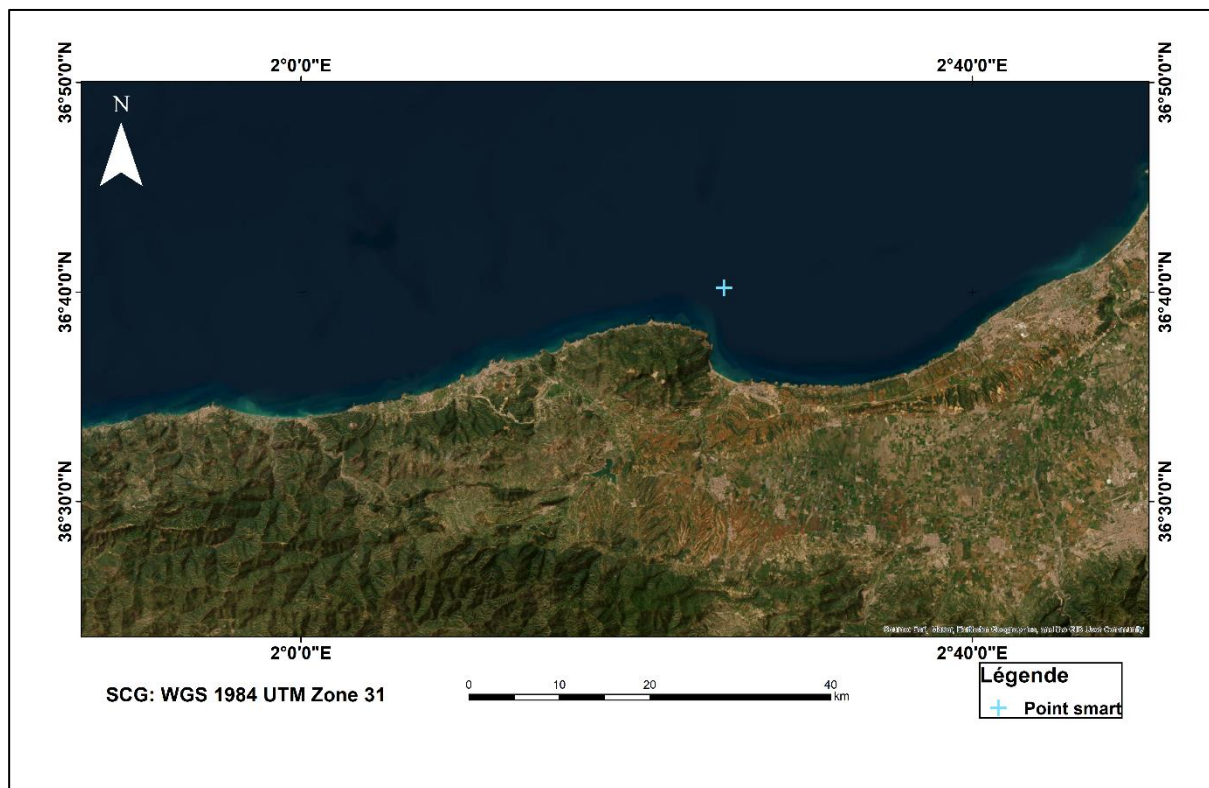


Figure 20 Situation géographique du point de calcul

2.2.2.1 Interprétation de la rose des courants côtiers

D'après la rose des courants au-dessous, il ressort que durant les 12 ans derniers les directions les plus dominantes sont Est et Est Sud-Est avec des fréquences différentes, 27%, 16% respectivement.

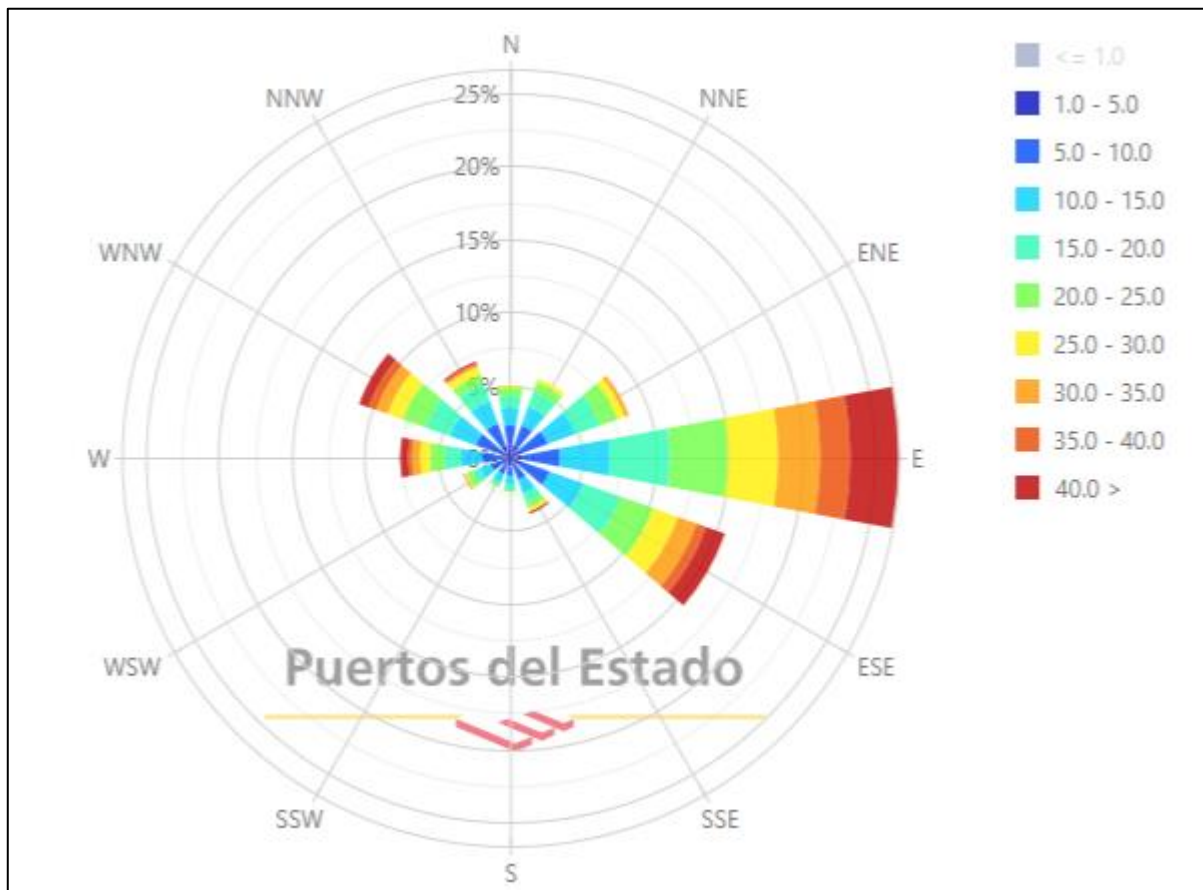


Figure 21 Rose des courants côtiers annuels de la wilaya de Tipaza de 2011 à 2023

2.3 Etude hydrographique

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

2.3.1 Inventaire des cours d'eau

Le réseau hydrographique de la wilaya de Tipaza est représenté par plusieurs oueds s'étendant du nord au sud, dont les oueds de Nador, El Hachem, Bela, Messelmoun, Arbaa, Sebut et Damous. Il existe d'autres oueds qui ne sont en réalité que des ravins.

La zone d'étude est divisée en deux principaux bassins hydrographiques de part et d'autre du Mont Chenoua. Le premier bassin, côtier, draine les eaux du versant nord directement vers la mer, tandis que le deuxième bassin, fluvial, alimente les oueds Hachem et Nador. Le bassin côtier s'étend sur environ 4 800 hectares et est composé de six sous-bassins, dont les plus importants sont Oued Damous, Oued Messelmoun, Oued El Hachem, Oued Nador, Sahel et l'ancien lac Halloula. L'Oued Mazafran constitue sa limite avec la Wilaya d'Alger.

2.3.1.1 Bassin versant de l'Oued Damous

Le bassin versant de l'Oued Damous, situé entre les territoires des wilayas de Tipasa et Chlef, il s'étend sur une superficie de 250 km² avec un apport moyen estimé à 50 Hm³/ an.

2.3.1.2 Bassin versant de l'Oued Messelmoun

Le bassin versant de l'Oued Messelmoun se trouve dans une zone côtière, à proximité du bassin versant de l'Oued El Hachem, couvrant une superficie de 196 km². Selon les estimations du plan d'aménagement de la wilaya de Tipasa, l'apport moyen annuel de ce bassin serait de 43 Hm³/an.

2.3.1.3 Bassin versant de l'oued El Hachem

Le bassin versant de l'Oued El Hachem, couvre une superficie de 224 km² et alimente la zone centrale de la côte de la wilaya, avec un apport moyen de 44 Hm³/an.

2.3.1.4 Bassin versant de l'oued Nador

Le bassin versant de l'Oued Nador, situé du côté de Chenoua, s'étend sur une surface de 244 km², avec un apport moyen de l'Oued Nador d'environ 36 Hm³/an.

2.3.1.5 Bassin versant du sahel

Le bassin versant du Sahel, l'un des plus importants de la zone d'étude après celui de Mazafran, s'étend sur une superficie de 496 km², traversé par de nombreux cours d'eau et chaabats, avec un apport moyen d'environ 45 Hm³/an.

2.3.1.6 Bassin versant de Mazafran

Le bassin versant de Mazafran s'étend sur près de 1 900 km², situé dans la partie Est de la zone d'étude. Il est composé des sous-bassins de l'Oued Djer, de l'Oued Bouroumi, de l'Oued Chiffa, des piémonts et de la Mitidja. Selon les données de l'ANRH, reprises par le Plan d'Aménagement de la Wilaya, l'écoulement moyen de l'Oued Mazafran est de 185 Hm³/an.

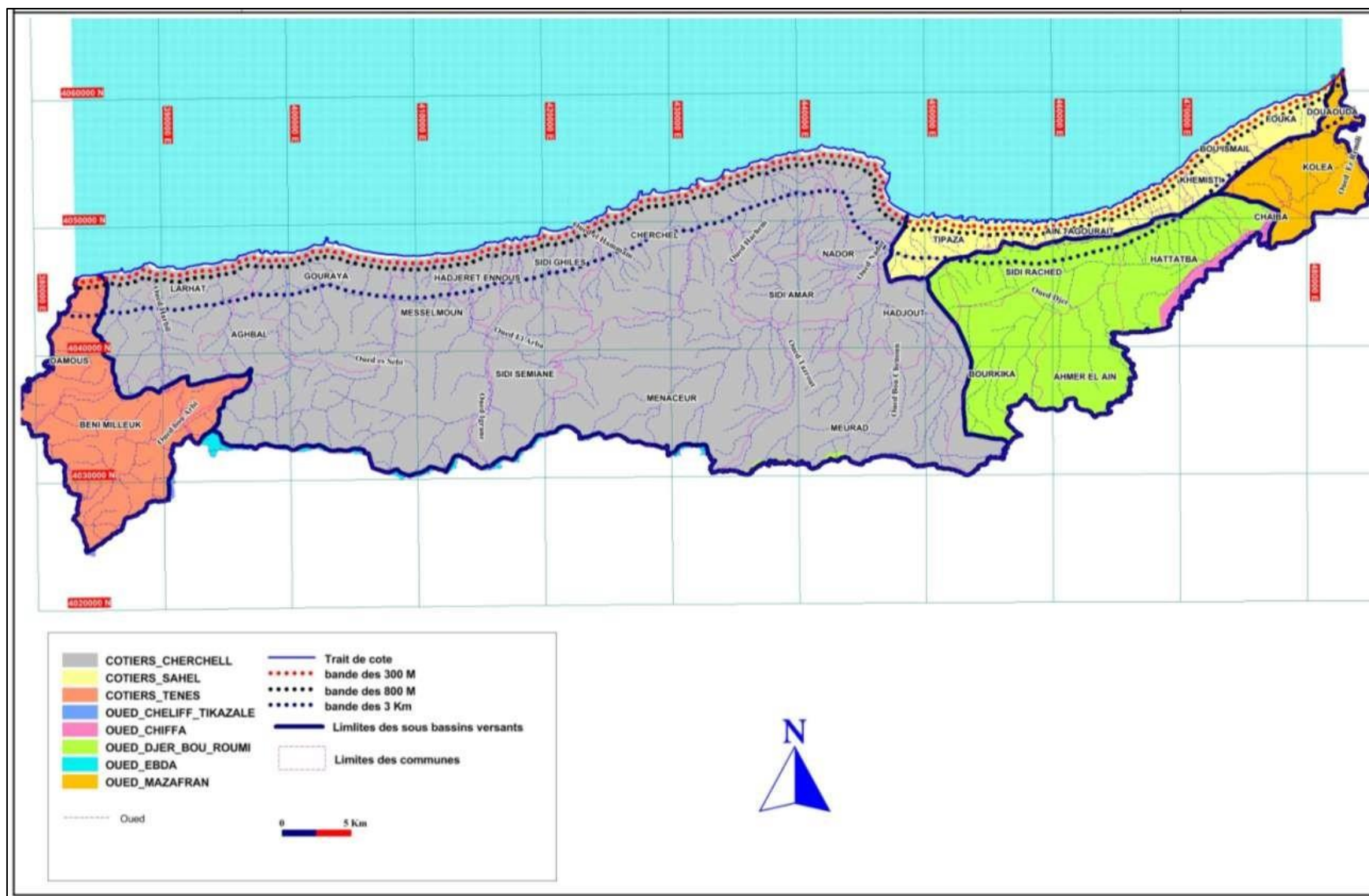


Figure 22 carte des bassins versants et du réseau hydraulique de la wilaya de Tipasa (TADC, 2016)

2.4 Etude géomorphologique

2.4.1 Cadre géologique

La géologie est un outil d'investigation très pratique dans l'aménagement des côtes. Les processus naturels qui façonnent les côtes sont influencés par elle, ce qui permet d'évaluer les risques et les effets potentiels des projets d'aménagement. La géologie peut comprendre et prévoir plusieurs facteurs, notamment la composition des roches et des sédiments, la façon dont les vagues et les courants fonctionnent, ainsi que les mouvements tectoniques et l'eustatisme.

2.4.2 La géologie régionale

Le domaine d'étude est situé au nord de l'Algérie, où les terrains néogènes forment de vastes unités géologiques avec deux grands bassins, le bassin de Mitidja et celui de Chlef. Les principales formations géologiques du côté ouest de la wilaya de Tipaza sont expliquées ci-dessous et représentées sur la Figure 23

- Les terrains éruptifs

Ils sont présents en bord de mer et sur le flanc sud du Chenoua, ainsi que sur la bordure du bassin de Menacer. Ils sont constitués de roches volcaniques variées et de sols non calcaires destinés à la forêt.

- Les terrains primaires

Ils se trouvent dans la moitié nord du mont du Chenoua. Ils sont composés de roches sédimentaires anciennes, comme des schistes, des grès, des quartzites et des conglomérats.

- Les terrains secondaires

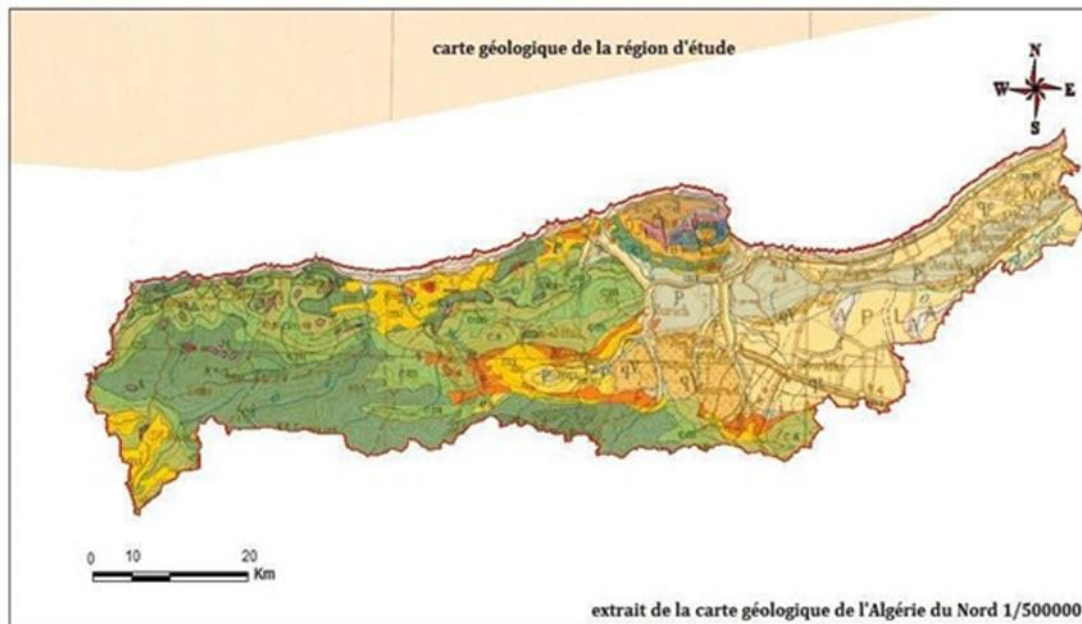
Ils sont dominés par le Crétacé, qui se décompose en trois étages. Le Crétacé inférieur, le Crétacé moyen et le crétacé supérieur.

Les terrains tertiaires

Ils sont présents dans les plaines de l'oued Messelmoune, de Sidi Ghiles, de la Mitidja ouest et au sud de Cherchell.

- Les terrains quaternaires

Les formations Quaternaires sont constituées de sols meubles utilisés pour l'agriculture, situés dans les plaines littorales et les terrasses alluviales.



extrait de la carte géologique de l'Algérie du Nord 1/500000



Figure 23 Carte géologique de Tipaza extrait de la carte géologique de la région de l'Algérie échelle (1/500000) (à partir de la carte géologique de l'Algérie du Nord au 1/500000)

2.4.3 Tectonique de la région

Le nord de l'Algérie a été affecté par la géodynamique régionale qui a créé un groupe de structures tectoniques (pli, failles, pli-failles) qui ont une forte activité sismique, comme le prouve la fréquence des séismes au cours du siècle dernier.

Les preuves de néotectonique dans la zone d'étude sont classées en deux catégories :

- Des preuves concernant l'activité des failles.
- Preuves morphologiques et géologiques.

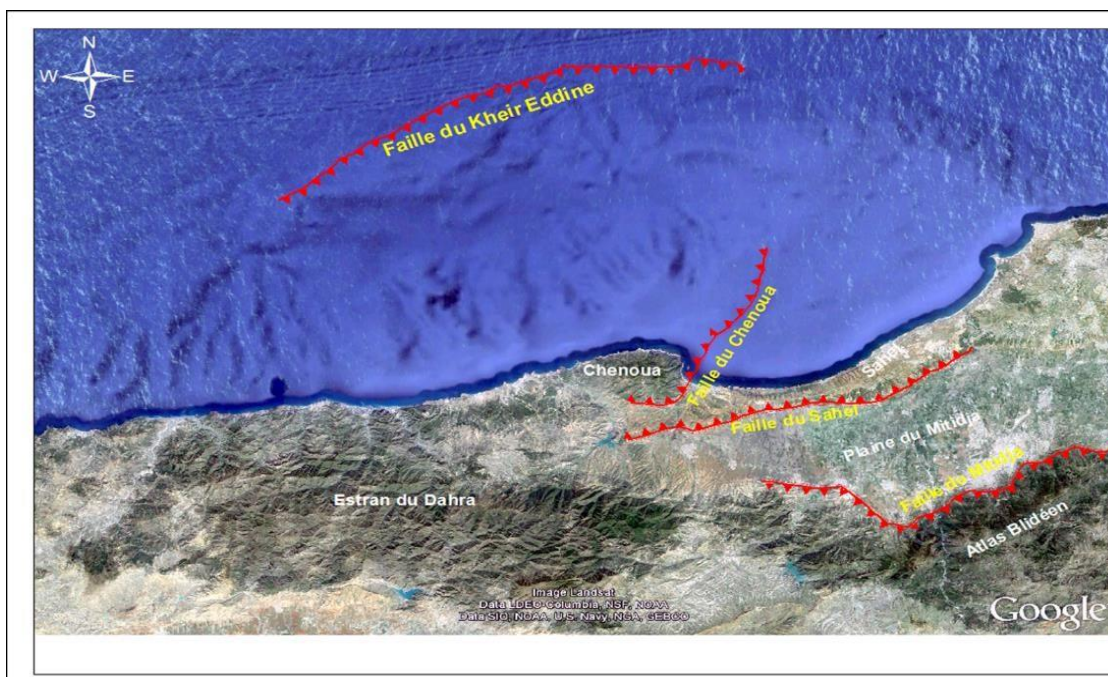


Figure 24 Carte tectonique de la région du Tipaza (LEM, 2016)

2.4.4 La sismicité de la région

En 1365 s'est enregistré le premier séisme en Algérie (à Constantine) documenté avec une magnitude estimée (6.2), causant des dommages importants et de nombreuses victimes, suivie par de nombreux séismes importants dont :

- **1716** : Un séisme majeur a frappé Alger, détruisant une grande partie de la ville et provoquant un tsunami.
- **1856** : Un tremblement de terre de magnitude 7.1 a touché la région de Kabylie, causant d'importants dégâts et un bilan humain élevé.

- **1954** : Un séisme de magnitude 6.8 a frappé El Asnam, provoquant la destruction de la ville et faisant plus de 1200 victimes.
- **2003** : Un séisme de magnitude 6.8 a frappé Boumerdès, causant d'importants dégâts et plus de 2200 victimes.

L'Algérie est divisée en 5 zones selon le degré de la sismicité (**Figure 25**)

Zone 0 : sismicité négligeable.

Zone I : Sismicité faible.

Zone II A et Zone II B : Sismicité moyenne

Zone III : sismicité élevée.

Tipaza appartient à une région de sismicité très élevée, le RPA 99/version 2003 (Réglementation Parasismique en Algérie) la classe dans la Zone III.

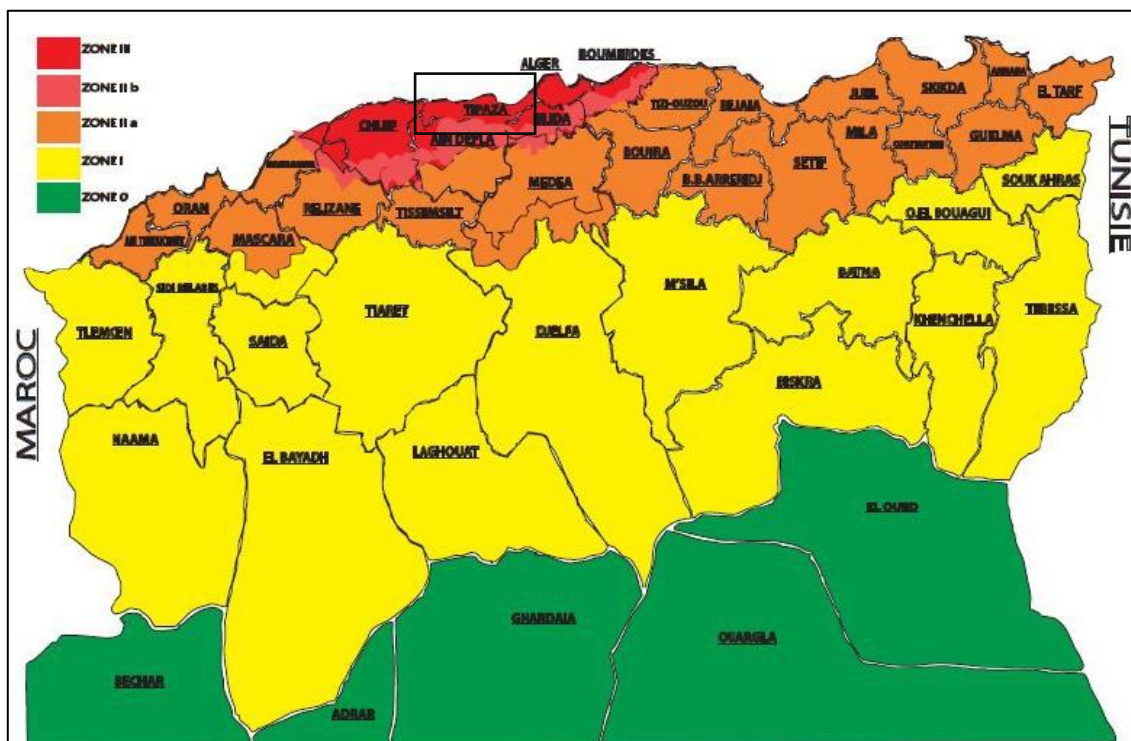


Figure 25 Carte de zonage sismique en Algérie (CGS, 2003)

Entre 2020 et 2021 la région de Tipaza a été principalement touchée par les séismes allant jusqu'à 4.5 de magnitude sur l'échelle de Richter, mentionnés sur le **Tableau 3**

Tableau 3 Les principaux séismes qui ont frappés Tipaza entre 2020 et 2021 (CRAAG)

Localisation	Date	Magnitude
10 km Nord-Ouest de Sidi Ghiles	09/08/2020	4.3
03 km nord Est de Sidi Ghiles	29/08/2020	4.2
02 km au Sud de Sidi Ghiles	31/08/2020	3.2
Beni Mileuk	31/07/2021	4.5

2.4.4.1 La structure de la marge de Tipaza

Selon SPIRAL (2013) (sismique Profonde et Investigation Régionale du Nord de l'Algérie) (Figure 26) :

- Le banc de Khayr-Al-Din à Tipaza est d'origine continentale et peut représenter un bloc basculé issu du rifting (Yelles et al., 2009 ; Leprêtre et al., 2013).
- La transition océan-continent est d'une largeur de 10-30 km et la croûte océanique est mince (5.5 km).
- Une ouverture polyphasée est proposée pour la région. La première phase correspond à un rifting Nord-Sud (Leprêtre et al., 2013, et Medaouri et al., 2014).
- Des similarités avec des marges d'autres bassins arrière-arc suggèrent une influence de la subduction sur la géométrie de la marge.

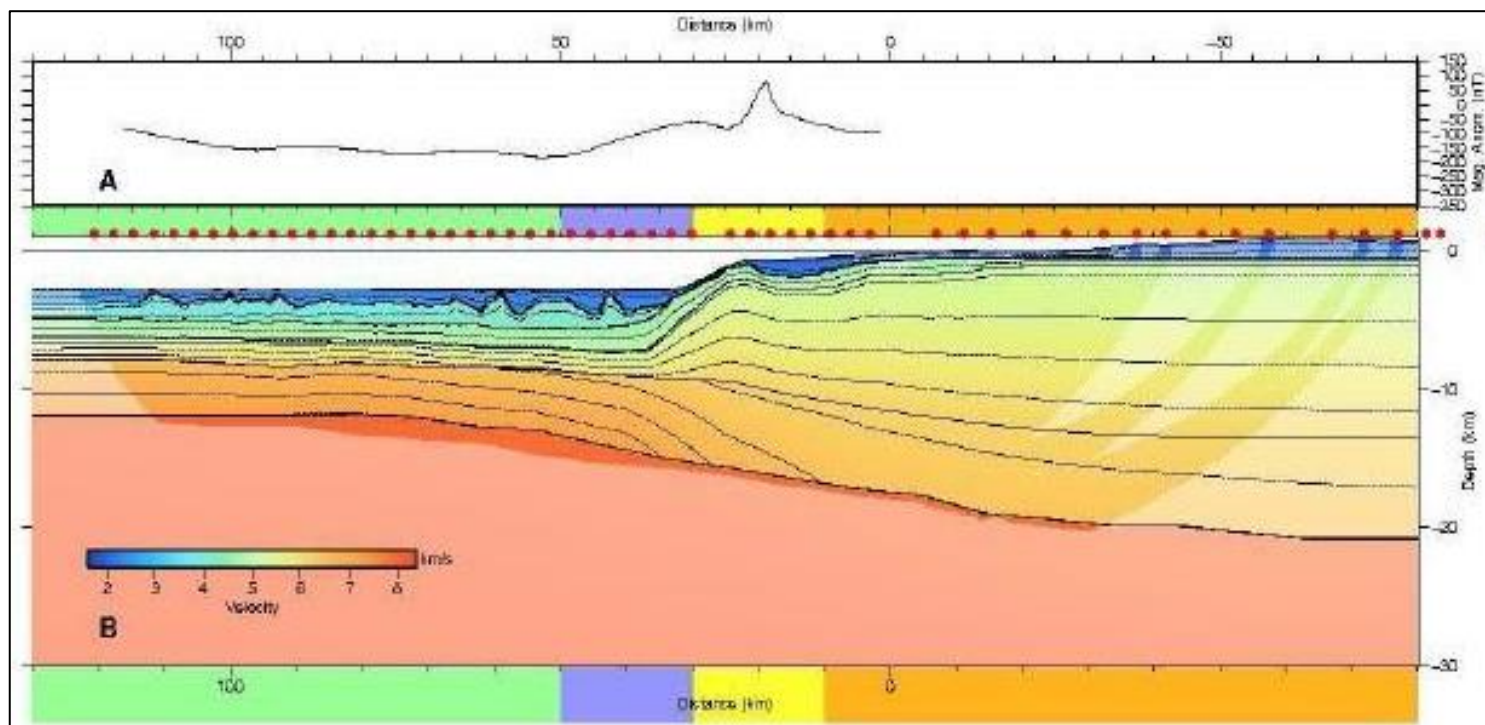


Figure 26 Modèle “forward” du Transect de Tipaza. (A) Anomalie magnétique mesurée lors de la campagne ; (B) modèle final type “forward”. (SPIRAL, 2013)

La région en vert est interprétée comme étant une croûte océanique, celle en violet comme la transition océan-continent, celle en jaune comme la zone d’amincissement et celle en orange comme la croûte continentale non amincie.

2.4.5 Cadre géomorphologique

L’étude de la géomorphologie est l’analyse des formes et des processus qui façonnent le relief de la surface terrestre. Elle permet de comprendre l’histoire, la dynamique et l’évolution des paysages, ainsi que les interactions entre les facteurs naturels et humains qui les modifient. La géomorphologie est donc une discipline essentielle pour l’étude d’aménagement du littoral, qui vise à valoriser, protéger et gérer les zones côtières, qui sont des espaces complexes, fragiles et soumis à de multiples enjeux. (Delannoy et al, 2012).

Le territoire de la wilaya de Tipaza couvre une superficie de 1 707 Km² et comprend :

- Au Nord-ouest de la Wilaya, apparait la chaîne de montagne de Chenoua.
- Au Nord-est, la Mitidja s’étend essentiellement sur la Wilaya de Blida et se trouve limitée au niveau de la wilaya de Tipaza par le bourrel et constitué par le Sahel.

- Au Nord du Sahel un cordon littoral présente un rétrécissement et une élévation graduelle d'Est en Ouest jusqu'à disparition par endroits à Tipaza et dans les daïras de Cherchell et Sidi Amar où le relief très accidenté autour du mont du Chenoua présente des escarpements importants en bordures de la mer.

2.4.5.1 Les unités morphologiques du littoral

Sur le littoral se trouve une série de plages (associées à des dunes) représentant 30% du linéaire, tandis que les falaises représentent 70% (TAD, 2016) qui se repartis :

- La zone Ouest, à partir du mont Chenoua est dominée par un littoral rocheux à hautes falaises ponctuées par de nombreuses petites anses (plages et grèves).
- La zone Est correspond à la baie de BOU-ISMAIL ouverte sur environ 60 km et s'étendant largement vers l'intérieur dans sa partie centrale.

La carte ci-dessous renseigne sur les unités géomorphologiques littorales de la wilaya de Tipaza.

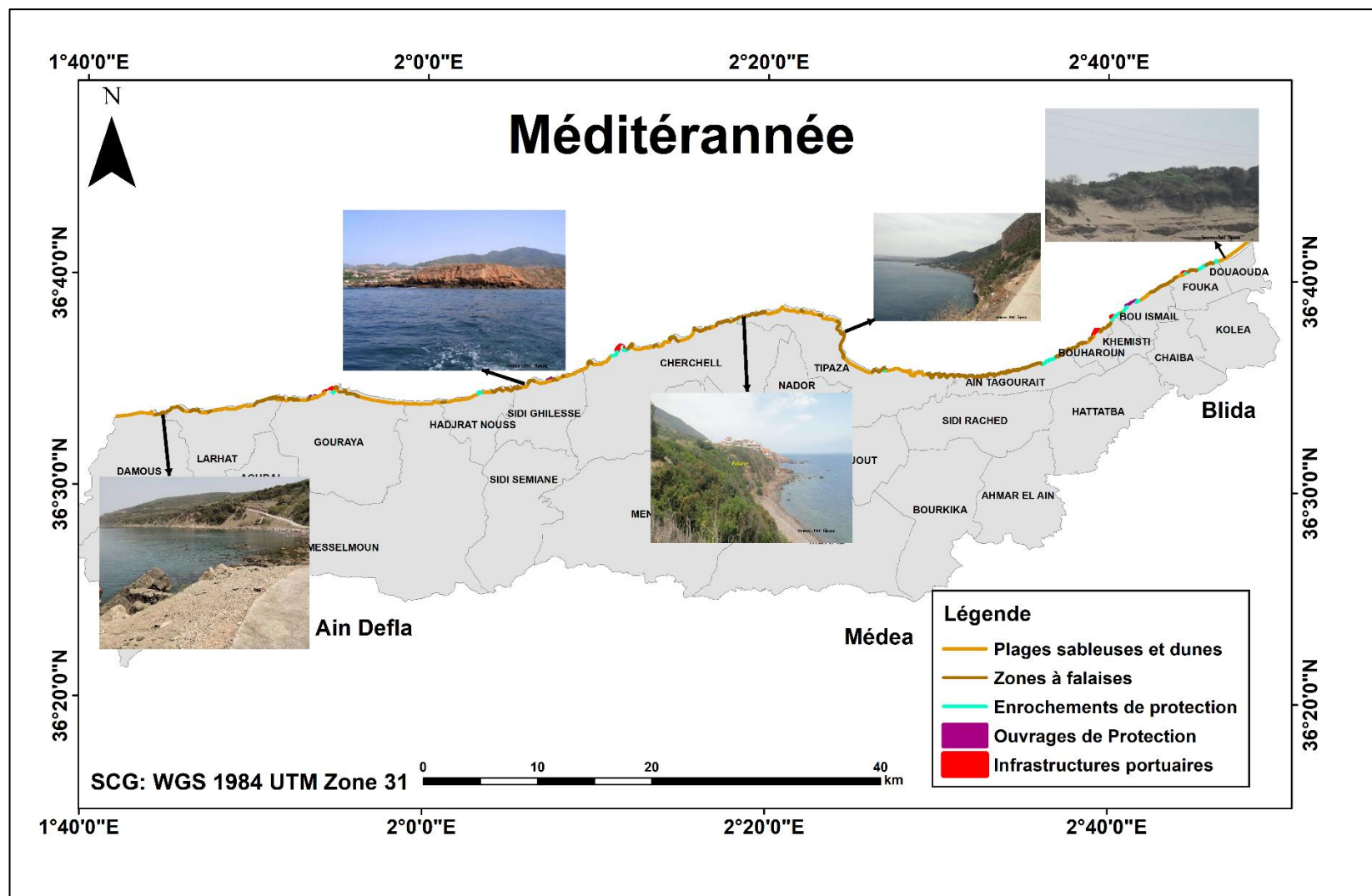


Figure 27 Distribution simplifiée des faciès géomorphologiques de la wilaya de Tipaza.

2.4.5.2 Morphologie sous-marine

Selon la carte de l'étude de la morphologie sous-marine menée par TAD en 2016 (**Figure 28**) :

- La partie centrale du littoral de Tipaza (communes côtières de Tipaza et de AinTagourait) se caractérise par des fonds côtiers assez réguliers et moins abrupts. De ce fait, les vagues et les houles y sont potentiellement dissipées par ces pentes sous-marines douces
- Les pentes sous-marines les plus abruptes sont observées au niveau des littoraux de Gouraya et Damous
- L'irrégularité observée au niveau des pentes sous-marines de la région est assez liée à la largeur du plateau continental. En effet, celui-ci diminue sensiblement vers l'Ouest (Cherchell à Damous).

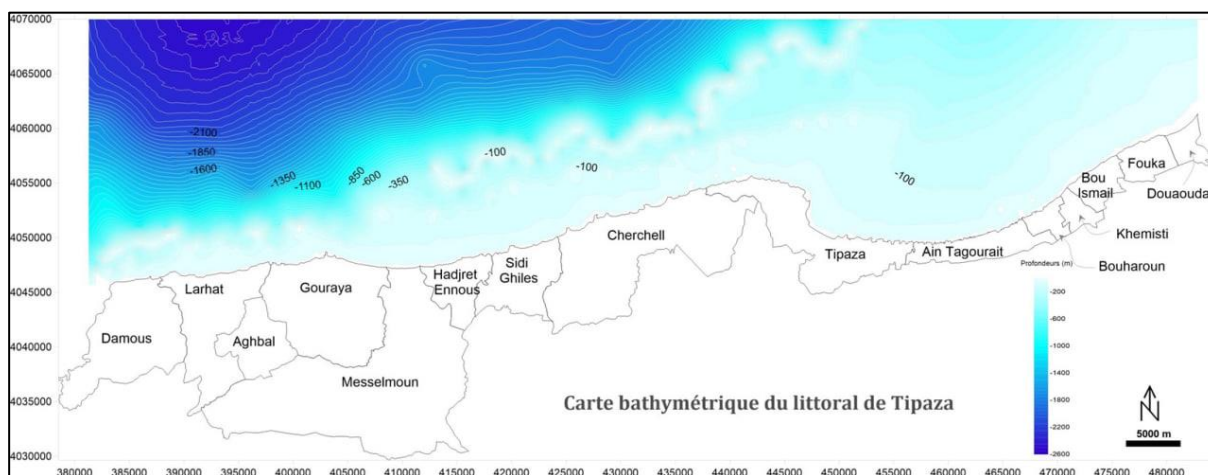


Figure 28 Carte bathymétrique du littoral de Tipaza (TAD, 2016)

2.4.5.3 Morphologie des fonds marins

En océanographie, le terme "étage" est utilisé pour décrire les différentes zones bathymétriques ou écologiques dans les océans. Dans l'estran, qui est la zone du littoral entre les plus hautes et les plus basses mers, une identification des différents étages en fonction de leur situation par rapport au niveau de la mer peut être faite. Un étage sous-marin correspond à l'espace vertical du domaine benthique marin où les conditions écologiques sont relativement constantes ou varient régulièrement entre deux niveaux critiques marquant les limites des étages. Ces limites peuvent être définies en fonction de facteurs tels que la profondeur, la

température de l'eau, la disponibilité de la lumière, la pression, etc. Ces étages sous-marins sont importants pour comprendre la répartition des espèces marines et les interactions entre elles, ainsi que pour étudier les écosystèmes marins et leur dynamique.

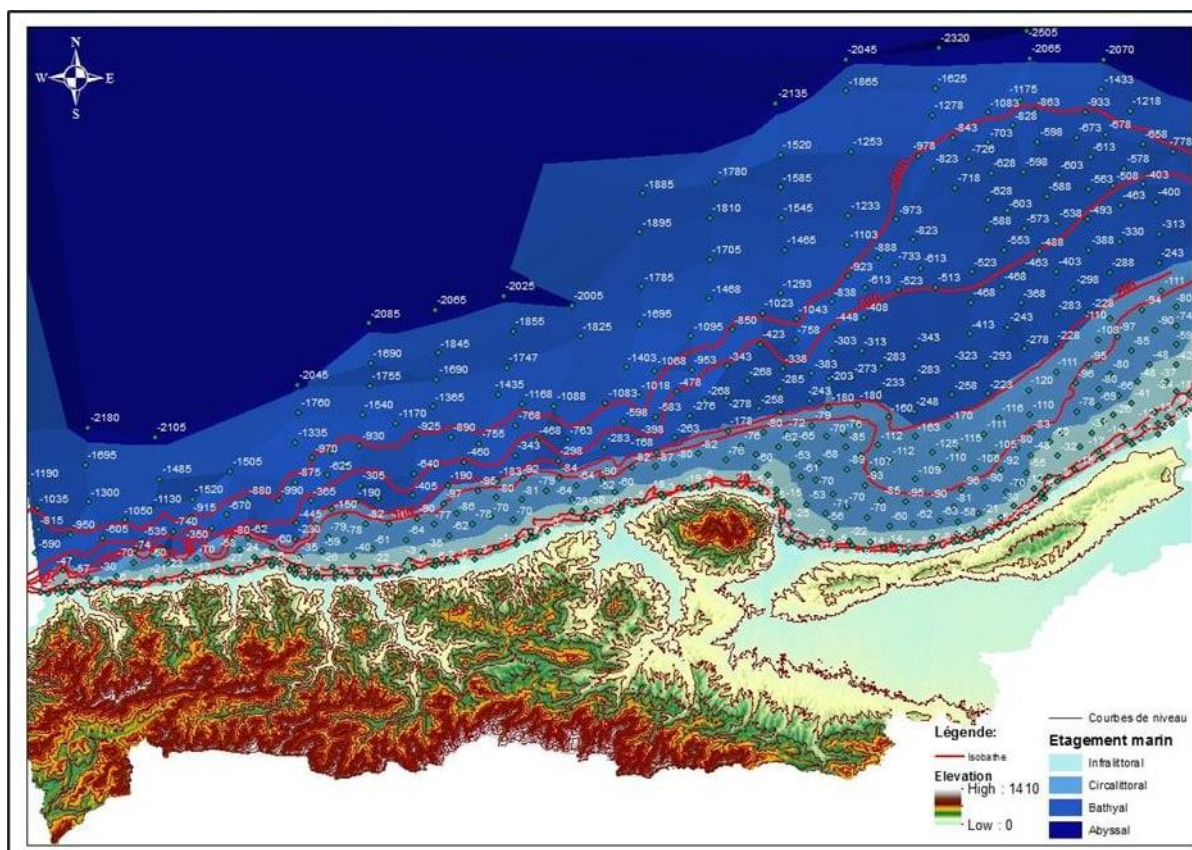


Figure 29 l'étagement marin de la wilaya de Tipaza (LEM, 2016)

2.4.5.4 Indice de vulnérabilité côtière

L'indice de vulnérabilité côtière (CVI) est une méthode relativement simple et fonctionnelle pour estimer la vulnérabilité à l'érosion de toute zone côtière en relation à l'élévation future du niveau de la mer. Il combine la sensibilité de la zone côtière aux changements, avec la capacité du système côtier à s'adapter aux nouvelles conditions. En classant la vulnérabilité de la zone côtière, on identifie les zones qui sont comparativement plus vulnérables aux changements du niveau de la mer. Il a été développé par Gornitz et al, (1990). Les paramètres pris en compte sont : géomorphologie, Taux de changement de la côte, pente, élévation relative du niveau de la mer, hauteur moyenne des vagues et la moyenne de la marée. Après avoir procédé à l'évaluation de l'intensité de vulnérabilité pour les six variables physiques, l'étape suivante consiste à appliquer la formule de Gornitz (Marc, 2016) afin de déterminer une valeur numérique unique qui caractérise la vulnérabilité de chaque section.

$$CVI = \sqrt{\frac{a \cdot b \cdot c \cdot d \cdot e \cdot f}{6}}$$

Où :

a = géomorphologie ;

b = Taux de changement de la côte ;

c = pente

d = élévation relative du niveau de la mer ;

e = hauteur moyenne des vagues ;

f = moyenne de la marée

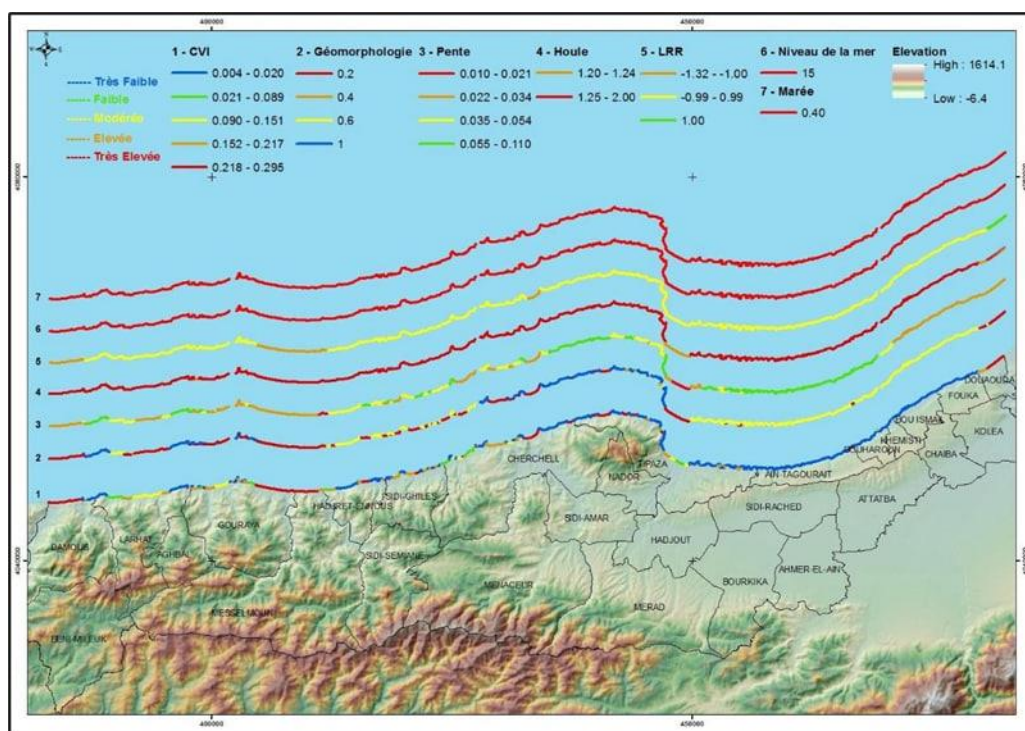


Figure 30 Carte des classes du CVI de wilaya de Tipaza (LEM, 2016)

La majeure partie du littoral de la wilaya présente une vulnérabilité très faible, à l'exception d'une section de 63 km de long, ce qui représente 40% de la longueur totale de la côte. Cette section spécifique se caractérise par des pentes élevées, une stabilité côtière et de faibles hauteurs de houle. Elle se trouve principalement sur la côte Est de la wilaya, ainsi que le long des côtes adjacentes au Mont Chenoua et aux falaises des communes de Sidi Ghiles, Hadjret Ennous, Gouraya, Larhat et Damous

Chapitre III : Risques côtiers et aléas

3 Chapitre III : Aléas et risques côtiers

Dans ce chapitre le but est d'étudier l'impact des différents aléas engendrant des risques, à savoir ; l'aléa anthropique sur les zones d'El Beldj et Ikhelifaine, l'érosion côtière sur les ruines de Tipaza, la station de dessalement de Fouka et le port de Khemisti et la submersion marine sur les terres agricoles de Douaouda, la station de dessalement de Fouka et le port de Khemisti.

3.1 Aléa d'anthropisation

Le tissu urbain de la wilaya de Tipaza a évolué en raison des changements socio-économiques, politiques et sécuritaires. Les agglomérations, en particulier dans la région côtière Est près d'Alger, ont connu une croissance spontanée, entraînant la mise en place de programmes de logements pour répondre aux besoins de la population. Cela a conduit à une fragmentation de l'espace urbain existant et à une utilisation accrue des espaces côtiers, notamment à Tipaza, affectant la composition de la bande littorale de la région dont les systèmes côtiers (**Touat, 2016**).

La dégradation du littoral algérien est la conséquence d'une concentration accrue de la population sur cette zone (**Kacemi, 2016**). Cette situation s'explique par des facteurs naturels (eaux fertiles, sols arables, climat favorable) et historiques (héritage colonial, investissements post-indépendance) qui ont attiré des populations des régions intérieures. Cette concentration est accentuée par la présence des terres agricoles les plus fertiles, des infrastructures de transport et de communication, et des commodités nécessaires à l'industrie, concentrées sur la bande littorale.

3.1.1 Evolution de la population

La courbe suivante présente l'évolution de la population de la wilaya de Tipaza à travers les différents recensements généraux de la population et de l'habitat de 1998 à 2023 (**ONS, 2023**). Cette courbe indique qu'il y a une augmentation progressive à élever dans la période 1998-2008. A partir de 2008, la population a augmenté de façon rapide atteignant 624.434 habitants.

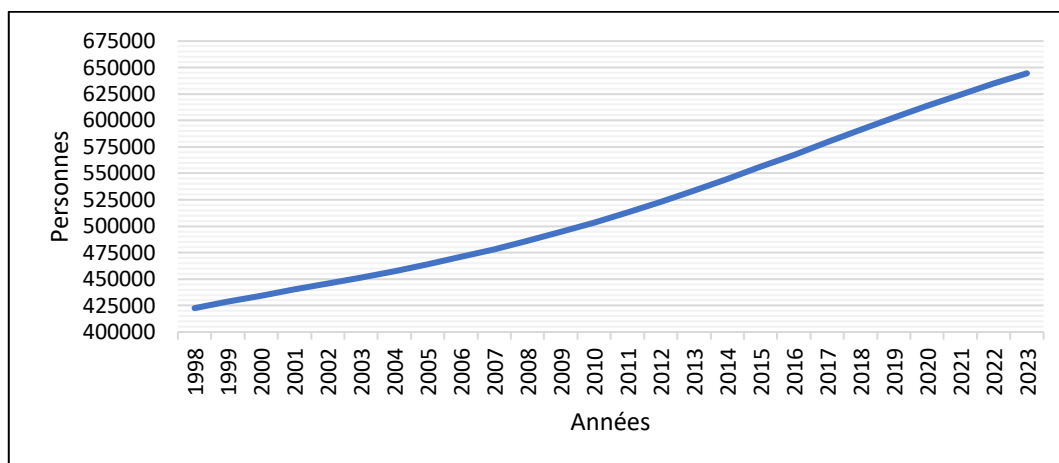


Figure 31 Evolution de la population de Tipaza entre 1998 et 2023 source : **ONS, 2023**

3.1.2 Evolution des activités sur le littoral

Le développement et la localisation des différentes activités économiques notamment les activités industrielles s'étalent sur la région littorale, l'évolution socioéconomique et les comportements économiques font que la pression exercée sur le littoral ne cesse de s'accroître. La dégradation du littoral est le résultat des pressions dues à l'évolution de la population et des activités touchant la zone côtière.

En 2015, selon l'ONS, Tipaza comptait 15845 entités économiques, ce qui correspond à 1,7% du total des entités économiques résidentes sur le littoral, représentées sur le tableau ci-dessous ;

Tableau 4 Répartition des entités économiques sur le littoral de Tipaza par secteur d'activité (ONS, 2015)

Wilaya	Grands secteurs d'activités				Total
	Construction	Commerce	Industrie	Service	
Tipaza	147	8959	1596	5143	15845

3.1.3 Evolution chronologique de l'urbanisation des terres agricoles et des forêts

3.1.3.1 Méthodologie suivie pour l'extraction et quantification du tissu urbain et des terres agricoles et des forêts

- Téléchargement des images satellitaires

Le téléchargement de 4 images satellitaires, 2003- 2023 pour la zone d'El Beldj et 2004-2023 pour la zone d'Ikhlefaine, est effectué à partir de la combinaison des deux logiciels Smart GIS et Google Earth Pro par synchronisation du fonctionnement ce qui est très avantageux ; cela permet une visualisation plus détaillée des données géospatiales en superposant différentes couches de données. Il facilite le téléchargement et l'importation d'images satellitaires de haute résolution pour une analyse plus approfondie. Enfin, cette combinaison de logiciels est facile à utiliser, ce qui permet aux utilisateurs de créer rapidement des cartes personnalisées et d'analyser les données géospatiales avec précision.

- Pré-traitement des images téléchargées

Ce prétraitement réside dans le mosaïquage et le géoréférencement de ces images sur le logiciel ArcGIS. Les résultats obtenus sont représentés dans la figure ci-dessous.

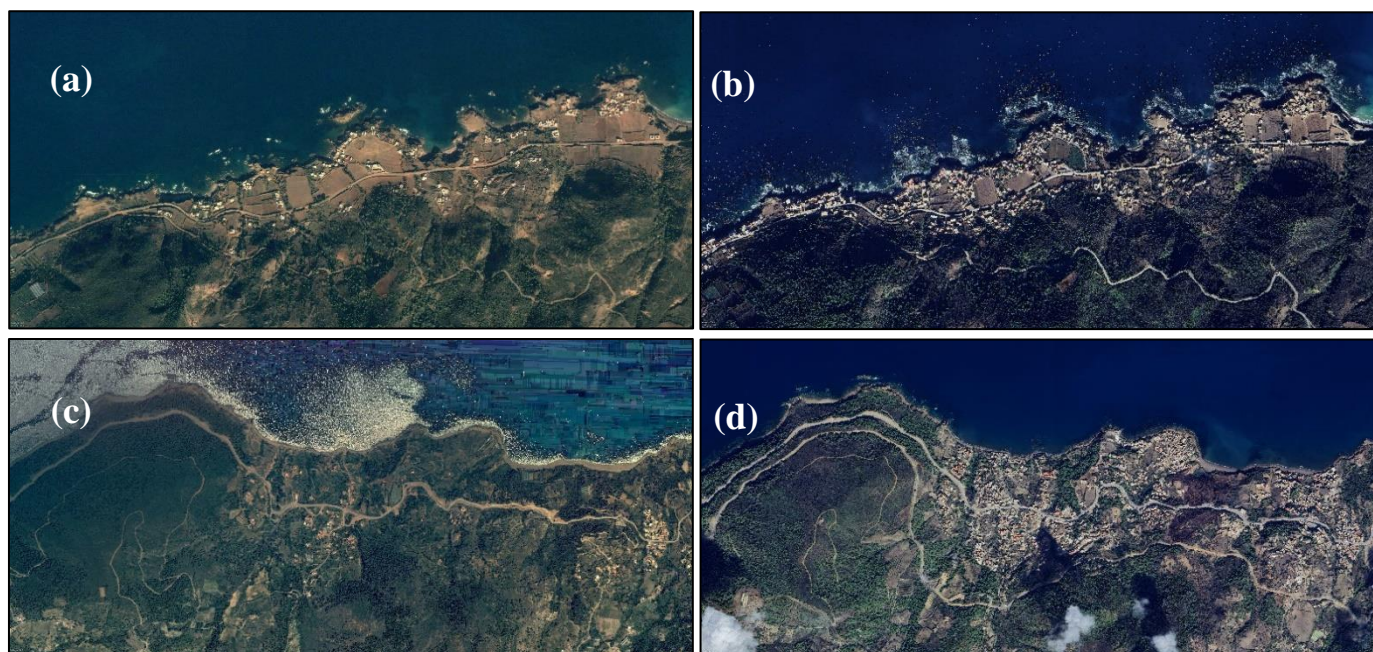


Figure 32 Image satellitaire de : (a) El Beldj en 2023, (b) El Beldj en 2003, (c) Ikhlefaine en 2004, (d) Ikhlefaine en 2023

- Traitements des images satellitaires

Le traitement s'est fait par digitalisation en traçant des polygones avec l'outil « Editor » sur ArcGIS représentant les forêts, les terres agricoles en exploitation et l'urbanisation pour les 4 images.

3.1.3.2 Résultats

Pour une meilleure compréhension de l'impact de l'expansion urbaine sur les terres agricoles et la forêt, des cartes d'occupation du sol (anthropisation) ont été réalisées (**Figure 33**, **Figure 33**, **Figure 33** et **Figure 35**) L'observation de ces cartes montre clairement une croissance urbaine étalée sur ces espaces naturels.

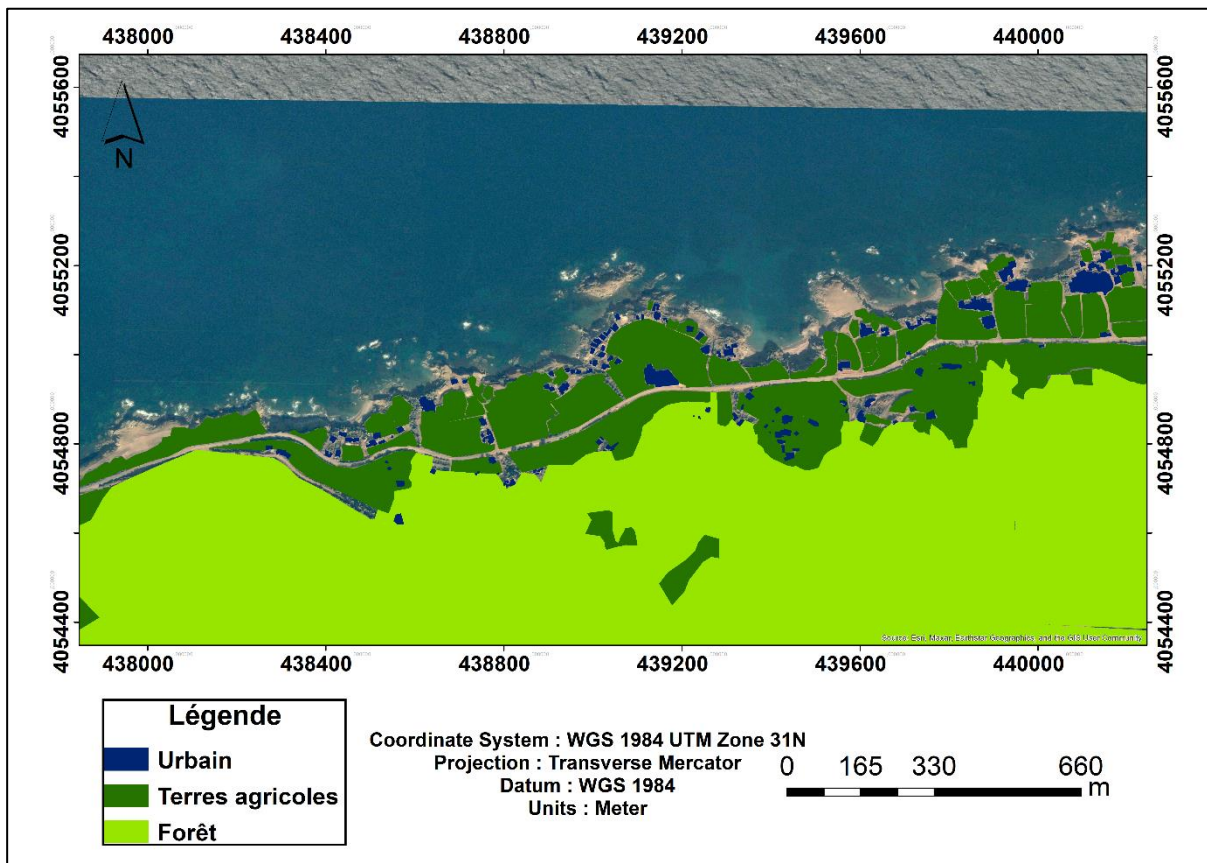


Figure 33 Carte d'anthropisation des terres agricoles et de la forêt d'El Beldj en 2003

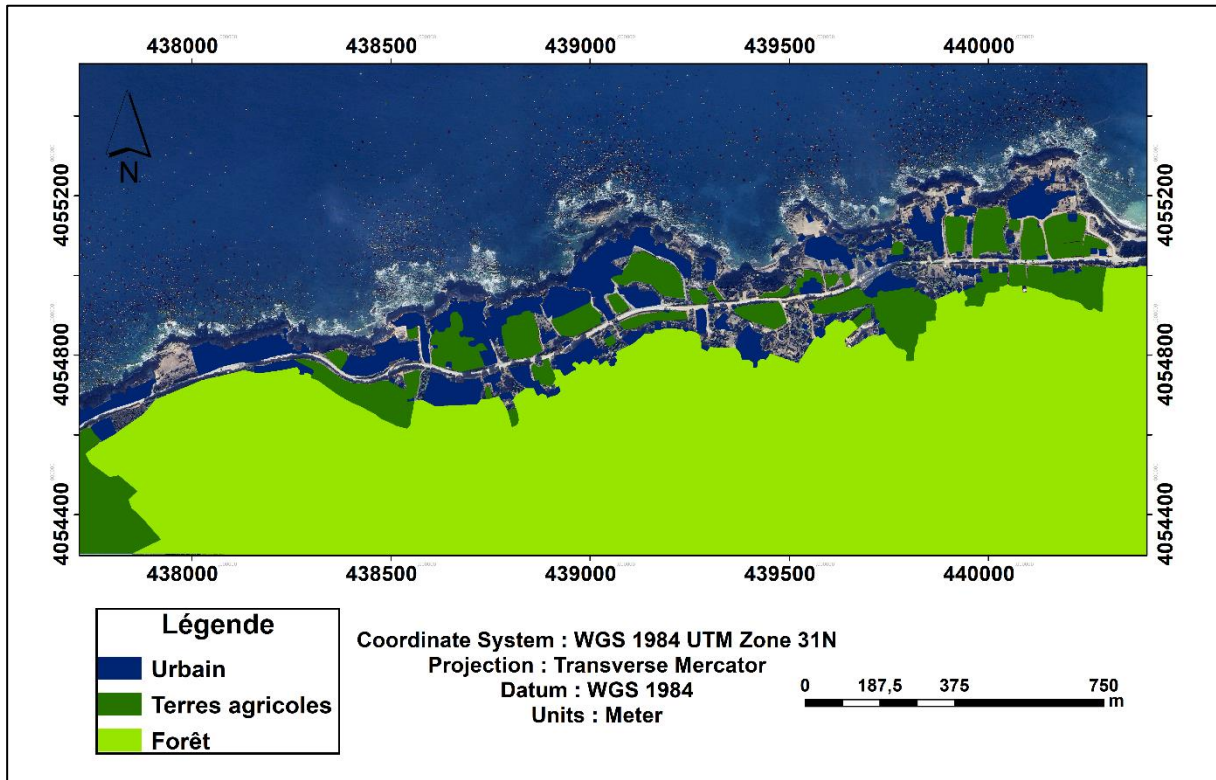


Figure 34 Carte d'anthropisation des terres agricoles et de la forêt d'El Beldj en 2023

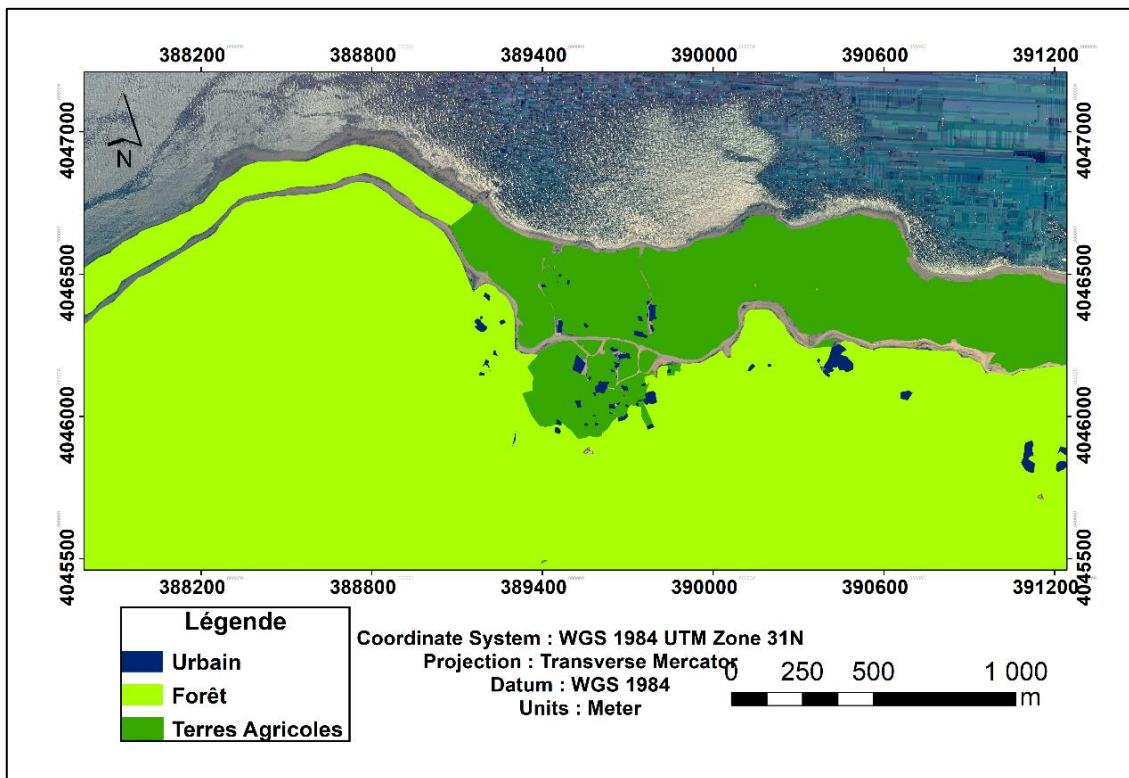


Figure 35 Carte d'anthropisation des terres agricoles et de la forêt d'Ikhelifine en 2004

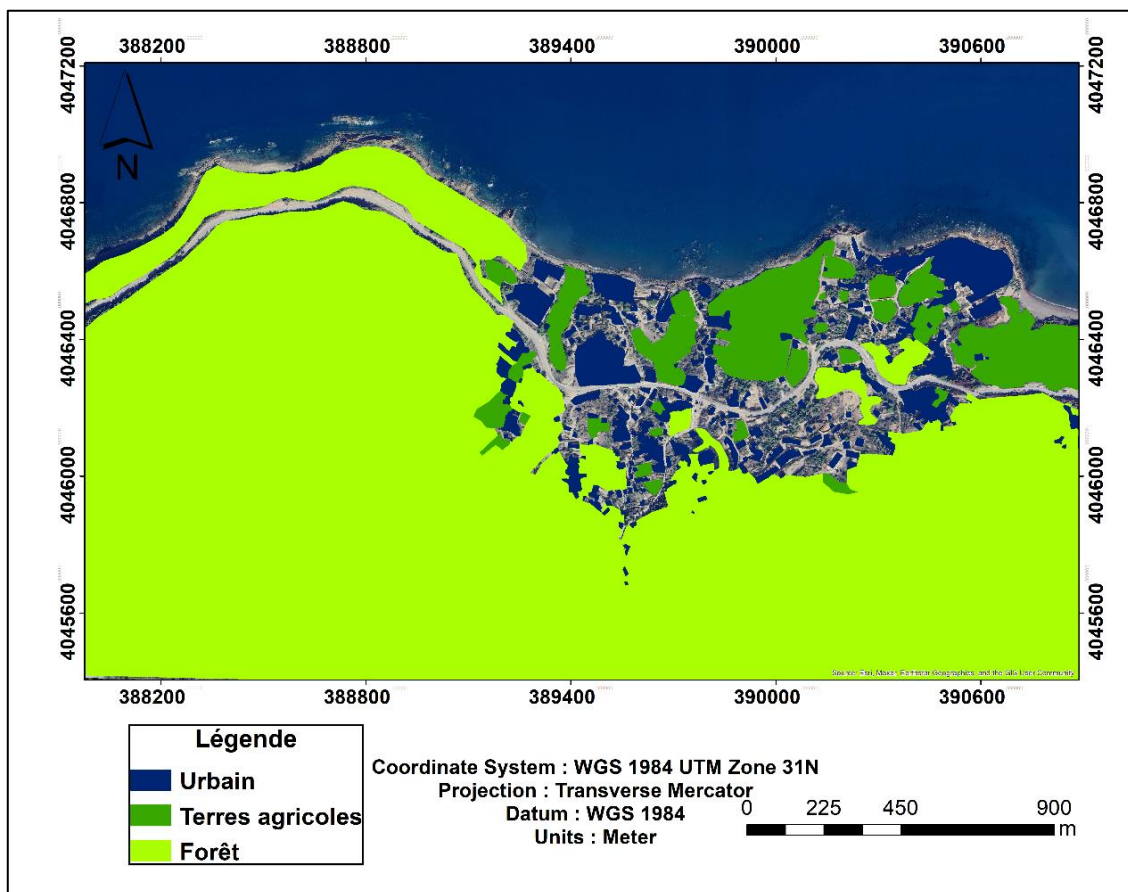


Figure 36 Carte d’anthropisation des terres agricoles et de la forêt d’Ikhelifine en 2023

Pour une meilleure distinction des différences de la tendance d’évolution de l’urbain sur les terres agricoles et la forêt, les 04 graphes ci-dessous de l’occupation du sol ont été générés. Une diminution des terres agricoles et la forêt accompagnées par une augmentation de l’urbanisation sont observées.

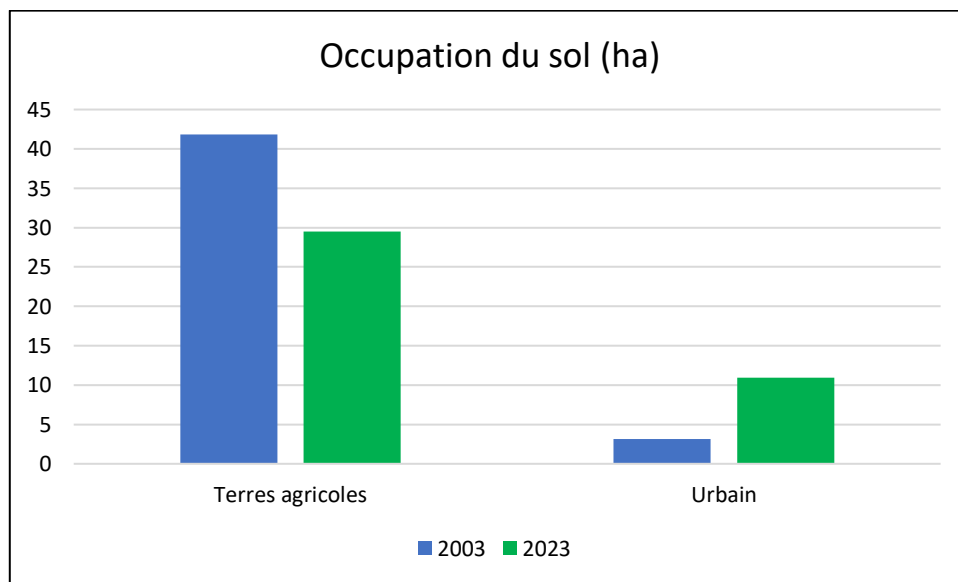


Figure 37 Comparaison de l'occupation du sol entre 2003 et 2023 d'El Beldj en terres agricoles

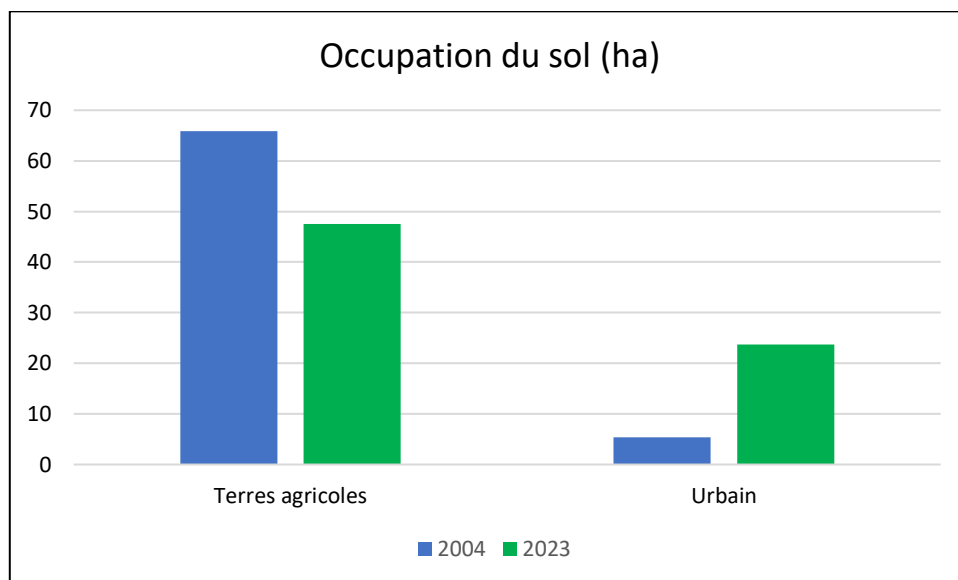


Figure 38 Comparaison de l'occupation du sol entre 2003 et 2023 d'Ikhlifaine en terres agricoles

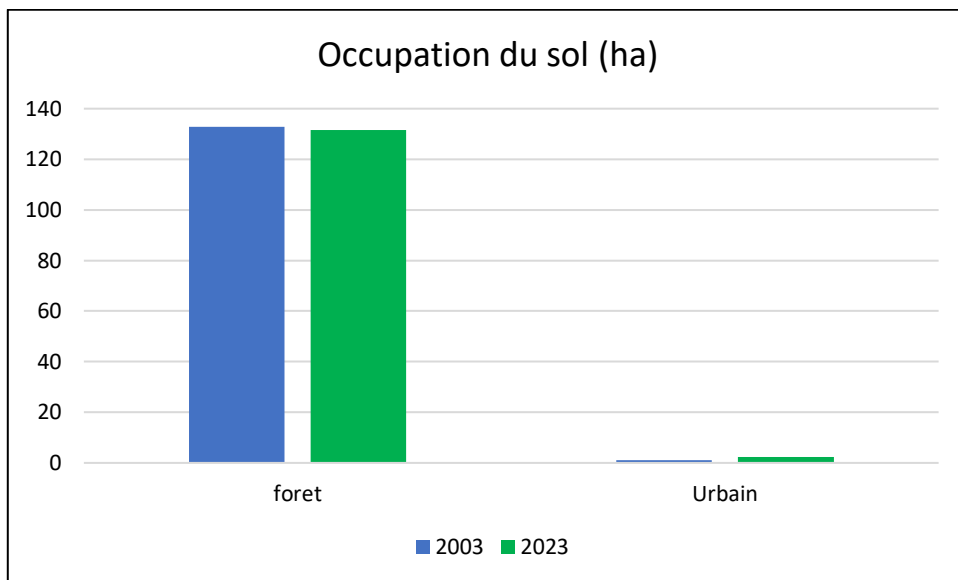


Figure 39 Comparaison de l'occupation du sol entre 2003 et 2023 d'El Beldj en forêt

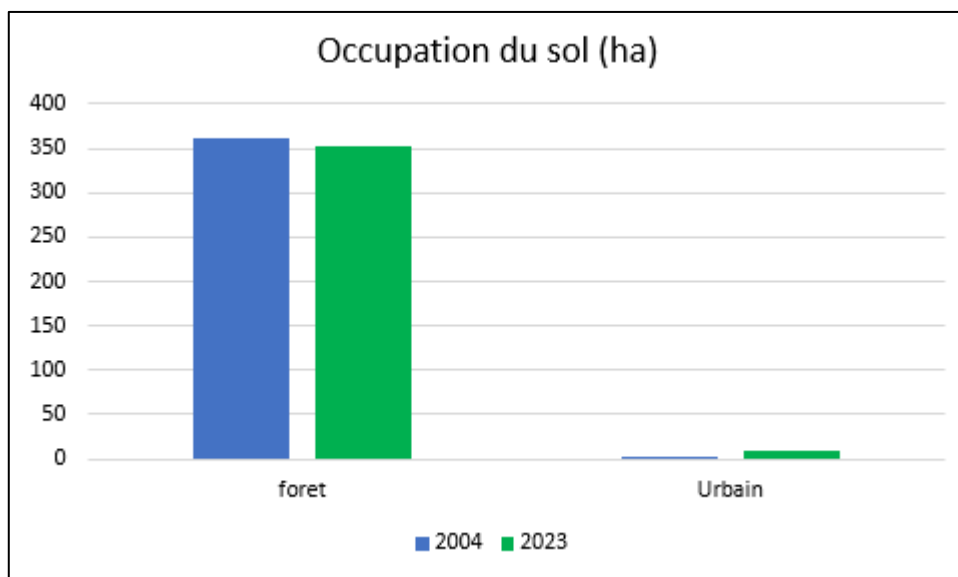


Figure 40 Comparaison de l'occupation du sol entre 2003 et 2023 d'Ikhlifaine en forêt

Afin d'avoir une vue globale du statut juridique de cette anthropisation, deux cartes de projection de ces résultats sur les bandes littorales définies par la loi 02-02 de la protection et valorisation du littoral ont été faites **Figure 41** et **Figure 42**).

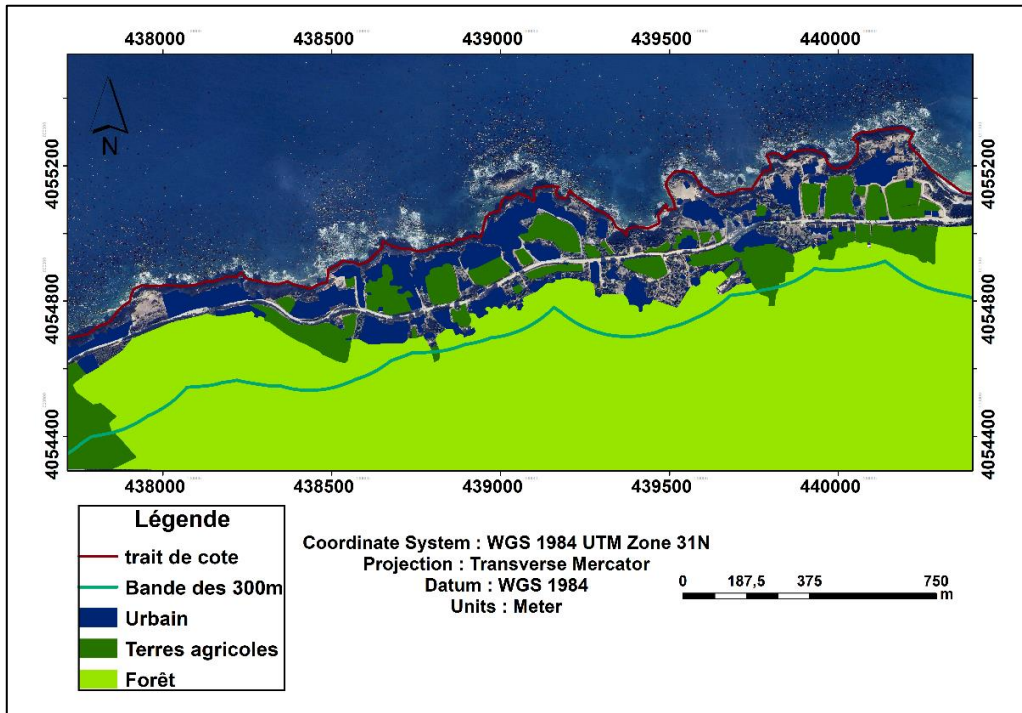


Figure 41 Carte de délimitation de la zone des 300m sur les résultats d'anthropisation de la zone d'El Beldj

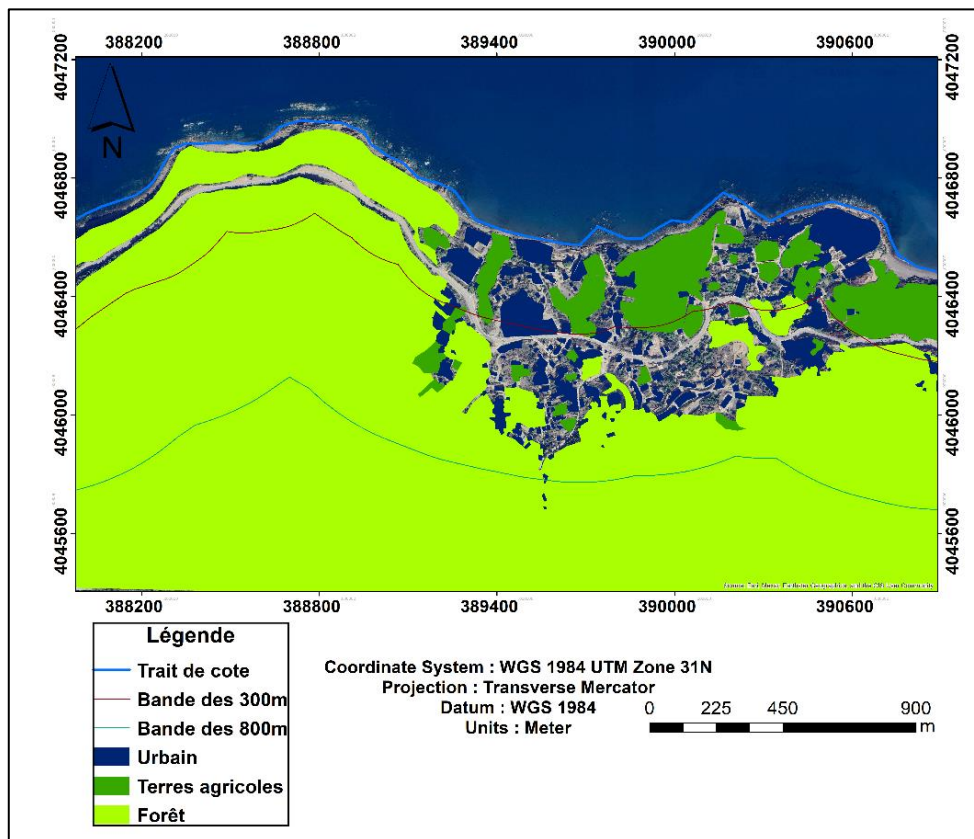


Figure 42 Carte de délimitation de la zone des 300m et 800m sur les résultats d'anthropisation de la zone d'Ikhlifaine.

Il est constaté une occupation du sol par l'urbain dans la zone des 300m qui est inconstruable, pour les deux zones, et des 800m pour Ikhlifaine.

3.1.3.3 Discussion

La croissance démographique a conduit à l'extension des villes et à l'émergence du phénomène d'étalement urbain au détriment des terres agricoles fertiles limitrophes des villes. Cette pression démographique a entraîné la mise en œuvre de projets d'habitat divers, qui ont consommé des centaines de milliers d'hectares de terres agricoles du nord algérien (**Takouachet & Kalache, 2022**). Ce qui est le cas dans cette étude, que ce soit pour les terres agricoles d'El Beldj ou d'Ikhlifaine qui ont subi un étalement urbain alarmant. En 2003, la superficie des terres agricoles en exploitation d'El Beldj était de 41,8 ha représentant ainsi 93% de la zone étudiée tandis qu'en 2023 elle est passée à 75,44%, accompagnée par une croissance incontrôlée de l'urbanisation. En 2003, cette dernière occupait une surface de 3,14 ha qui a augmenté à 10,97 ha (24,56%). Cela ne diffère pas du deuxième site où les terres agricoles représentaient 92,5% en 2004 (65,9 ha) et 66,74% (47,55 ha) en 2023, tandis que l'urbanisation occupait une surface de 5,34 ha en 2004 (7,5%) suivi d'une croissance exponentielle en 2023 avec un pourcentage de 33,24%.

De même pour les forêts qui selon **Hallé, (2019)**, sont considérées comme étant un patrimoine naturel qui met des siècles à se reconstituer après une perturbation, et qui assure ensuite sa propre pérennité de manière autonome, sans intervention humaine, il est constaté que pour la zone d'El Beldj que de même pour Ikhlifaine, la forêt a dégradé d'une manière significative pendant les 20ans derniers, la superficie de la forêt d'Ikhlifaine a diminué de 7,49 ha et celle d'El Beldj de 1,09 ha, en remettant en cause l'étalement urbain.

Cette évolution de l'urbanisation peut revenir aussi à d'autres raisons dont ; le manque de gestion et d'exploitation des terres agricoles expliquée par l'affaiblissement de leurs capacités productives et existentielles, contribuant à leur vulnérabilité face à l'expansion urbaine ce qui a favorisé la conversion, la pression foncière et l'urbanisation anarchique. L'expansion urbaine rapide et anarchique a entraîné la consommation d'importantes surfaces de terrains urbanisables et agricoles. Cette urbanisation non maîtrisée s'est souvent faite sur des terres agricoles, menaçant ainsi la superficie des terres arables disponibles pour l'agriculture (**Rahim, 2009**).

Selon les résultats obtenus dans les **Figure 41** et **Figure 42**, il est à remarquer que cette expansion est située dans les bandes des 300 et 800m. Pour la zone d'El Beldj, toutes les constructions sont dans la bande des 300m. Pour Ikhlifaine, 63,95% des constructions sont

situées dans la bande des 300m et 36,05% entre les deux bandes, ce qui est loin d'être conforme à la loi. Il est à signaler que depuis le 02/02/2002, le littoral algérien régit à la loi 02-02 de la protection et valorisation du littoral qui le protège d'une telle menace, ces espaces sont protégés selon l'article 11 soulignant que les terres agricoles situées dans la bande des 800m sont englobées dans le littoral, et l'article 10 qui déclare que l'occupation et l'utilisation des sols littoraux doivent préserver les espaces terrestres et marins remarquables ou nécessaires au maintien des équilibres naturels dont les forêts, ce qui implique que des restrictions de construction s'appliquent.

La loi 02-02 souligne que les sanctions encourues en cas du non-respect de ces limites peuvent inclure des amendes et des poursuites judiciaires. Cependant, les sanctions précises pour les infractions à cette loi ne sont pas spécifiées.

Pour pouvoir ralentir ce phénomène croissant d'urbanisation, s'inscrire dans une optique de développement durable (qui est un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la possibilité, pour les générations à venir, de pouvoir répondre à leur propre besoin (ONU, 1987)), peut être une solution. Il est à rappeler que l'Algérie a ratifié des protocoles parlant de l'application du développement durable, dont celui de 1992. Lors du Sommet de la Terre à Rio, l'Algérie a approuvé l'Agenda 21, un plan d'action mondial pour le développement durable au 21ème siècle (cela comprenait des recommandations pour une agriculture et un développement rural durables). Notons également les ODD des Nations Unies (définissent 17 priorités pour un développement durable, inclusif et prévisible à horizon 2030. Ils ont été adoptés en septembre 2015 par l'ONU dans le cadre de l'Agenda 2030), adoptés en 2015 dont les objectifs incluent des cibles spécifiques liées à l'économie verte, dont la préservation et la restauration des écosystèmes terrestres, gérer durablement les forêts (ODD 15).

Ces protocoles internationaux obligent l'état algérien à la protection de ses espaces verts qui sont un patrimoine naturel qui, une fois dégradé, ne pourra pas être rétabli à son état initial.

Une stratégie de gestion intégrée des zones côtières peut être une solution aussi. Elle est définie comme étant un « outil majeur de mise en œuvre du développement durable dans les zones côtières » (Comley et Rochette, 2015), cela implique la mise en œuvre d'une approche intégrée de planification urbaine, à citer que les autorités peuvent :

- Établir des plans et des zonages qui définissent les zones d'urbanisation et les zones agricoles. Ces plans peuvent inclure des restrictions à l'expansion urbaine dans les zones agricoles et des objectifs de densification dans les zones urbaines existantes.
- Exiger que les permis d'urbanisation soient accordés uniquement si les projets d'urbanisation respectent les exigences de protection des terres agricoles.
- Favoriser un développement urbain compact et intelligent, en s'éloignant des terres agricoles et en privilégiant le développement dans les zones déjà urbanisées.
- Promouvoir des projets de développement durable et de création d'agriparks urbains, qui combinent l'urbanisation et l'agriculture pour maintenir les terres agricoles en production et fournir des espaces verts et agricoles dans les zones urbaines.
- Renforcer la collaboration avec des organismes internationaux pour mobiliser des ressources additionnelles et obtenir des conseils et des soutiens pour la gestion durable des forêts.

Pour terminer, il est important de signaler que les lois protégeant les espaces littoraux existent mais elles ne sont pas appliquées, mettant l'accent sur la faiblesse de la politique de gestion actuelle de ces zones sensibles et stratégiques. La solution la plus raisonnable et efficace devrait être de les appliquer et de sanctionner les acteurs non conformes à la réglementation.

3.1.3.4 Conclusion

Dans ce cas d'étude, il est souligné que les terres agricoles et les forêts des deux sites étudiés sont menacées par le facteur d'expansion urbaine non contrôlée et ce malgré leurs situations géographiques et leur protection par la loi 02-02. Ces zones ne cessent de se dégrader d'où la nécessité pour les autorités d'intervenir et mettre point à ces menaces destructrices du patrimoine naturel côtier.

3.2 Etude de l'évolution de la ligne du rivage

3.2.1 Logiciels utilisés

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

3.2.1.1 ArcGIS 10.4

ArcGIS est une suite de logiciels d'information géographique, ou logiciels SIG (Système d'information géographique) développés par la société américaine ESRI (Environmental System Research Institute, Inc). Un système d'information géographique est un système informatique de matériels, de logiciels, et de processus conçus pour permettre la collecte, la gestion, la manipulation, l'analyse, la modélisation et l'affichage de données à référence spatiale afin de résoudre des problèmes complexes d'aménagement et de la gestion.

3.2.1.1.1 Extension DSAS

DSAS 5.0 (Digital Shore line Analysis System) est un plugin développé par l'USGS (United States Geological Survey) disponible gratuitement qui fonctionne au sein du logiciel ArcGIS d'ESRI (Environmental Systems Research Institute). Il calcule les statistiques du taux de changement pour une série chronologique de données vectorielles de traits de côte. Cet outil a été utilisé dans différentes études de mesure et suivi de la dynamique du trait de côte à travers le monde (Thieler and Danforth, 1994 ; Thieler et al., 2009).

Barre d'outils :

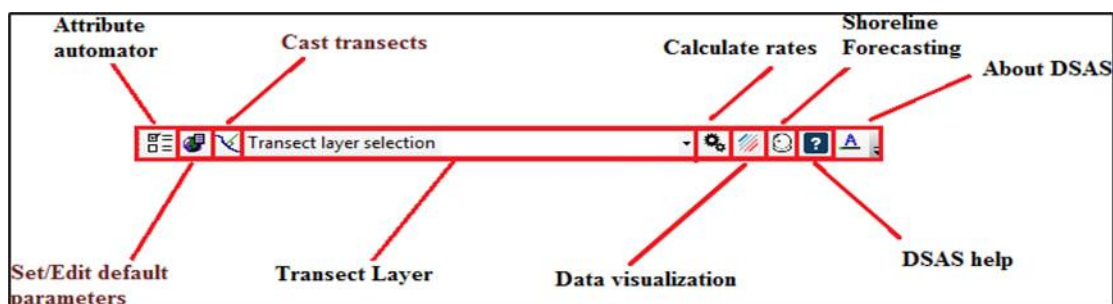


Figure 43 Barre d'outils du DSAS

Principe de fonctionnement du DSAS (Figure 44) :

L'utilisateur trace une ligne de base qui va servir de référence pour mesurer les distances

DSAS génère des transects perpendiculaires à la ligne de base

Les changements du trait de côte sont calculés en utilisant les distances entre la ligne de base (baseline) et chaque intersection de trait de côte sur un transect

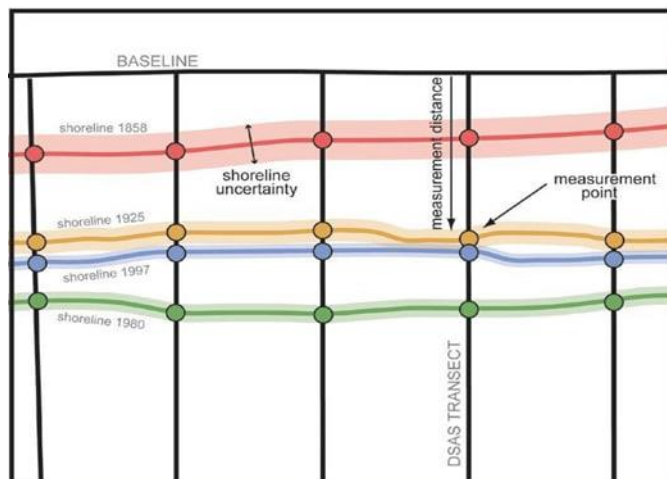


Figure 44 Illustration du calcul du module DSAS, (Himmelstoss, 2009)

3.2.1.2 Google Earth Pro

Google Earth Pro est un logiciel développé par la société Google qui permet d'explorer la Terre en 3D et 2D grâce à des images satellites et des données géographiques, d'importer et exporter des données SIG.

3.2.1.3 Spyder 5.5.1

L'environnement spyder (Scientific Python Development EnviRonment) est créé et développé par Pierre Raybaut en 2008. C'est un logiciel de développement intégré pour le langage python. Il est gratuit, utilisable sur toutes les plateformes usuelles (Windows, MacOS, linux et Unix) sous licence libre du MIT. Il comporte tous les packages les plus utilisés et importants dont Scipy, Numpy, Pendas et Matplotlib.

3.2.1.3.1 Python

Le langage Python, créé par Guido Von Rossum en 1989 à l'Université d'Amsterdam, est un langage de programmation informatique généraliste. Il peut être utilisé pour tout type de programmation et de développement logiciel. Il permet également d'écrire des scripts système, afin de créer des instructions pour un système informatique. Par ailleurs, Python est le langage informatique le plus populaire pour le traitement Big Data, l'exécution de calculs mathématiques ou le Machine Learning. De manière générale, il s'agit du langage de prédilection pour la Data Science.

3.2.2 Méthodologie suivie

3.2.2.1 Acquisition de la donnée

Sur Google Earth pro, les images les plus claires et les plus exploitables ont été choisies : Pas de couverture nuageuse, bonne résolution de l'image. Pour la station de dessalement de Fouka ainsi que le port de pêche de Khemisti, les traits de côte choisis concernent les années suivantes : 2009-2013-2019-2023 pour la station de dessalement et 2009-2014-2019-2024 pour le port de Khemisti. Les années 2006-2013-2016-2023 ont été choisies pour les ruines romaines de Tipaza.

La digitalisation des traits de côte est réalisée directement sur Google Earth Pro. Ces traits de côte ont été enregistrés par la suite sous le format KML.

3.2.2.2 Importation des traits de côte sur ArcGIS

Pour pouvoir manipuler sur ArcGIS les traits de côte digitalisés à partir de Google Earth Pro, une conversion du format KML au format Shapefile est indispensable (Arctoolbox > Conversion tools > KML to layer).

Les traits de côte obtenus pour les différentes dates et les différentes stations sont représentés sur les **Figure 45**, **Figure 46** et **Figure 47**.

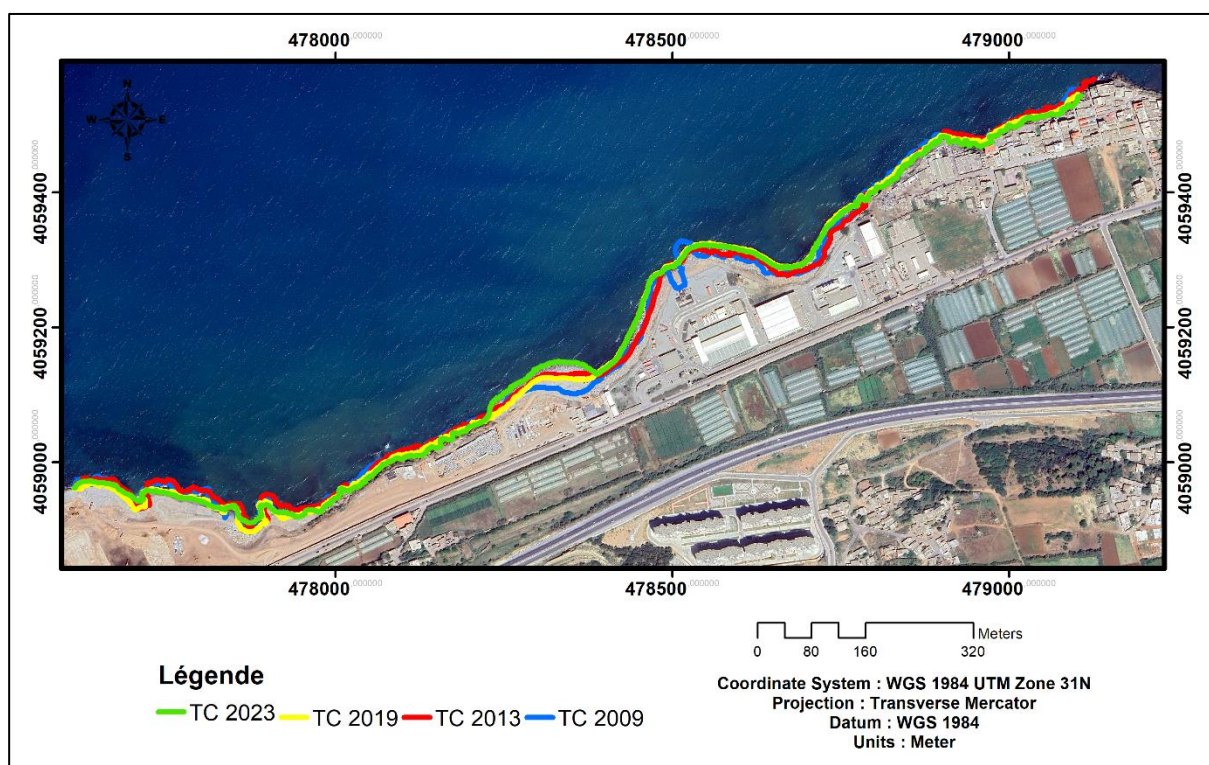


Figure 45 Les traits de côte de la station de dessalement

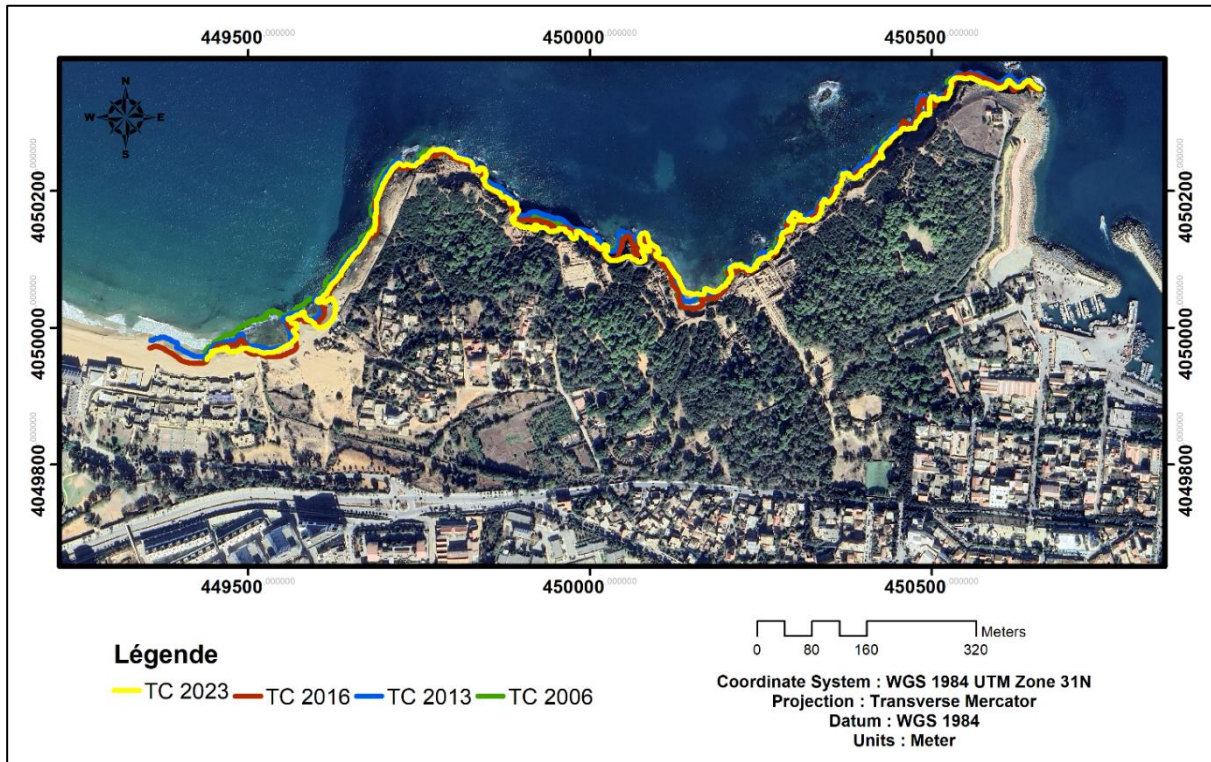


Figure 46 Les traits de côte des ruines romaines de Tipaza

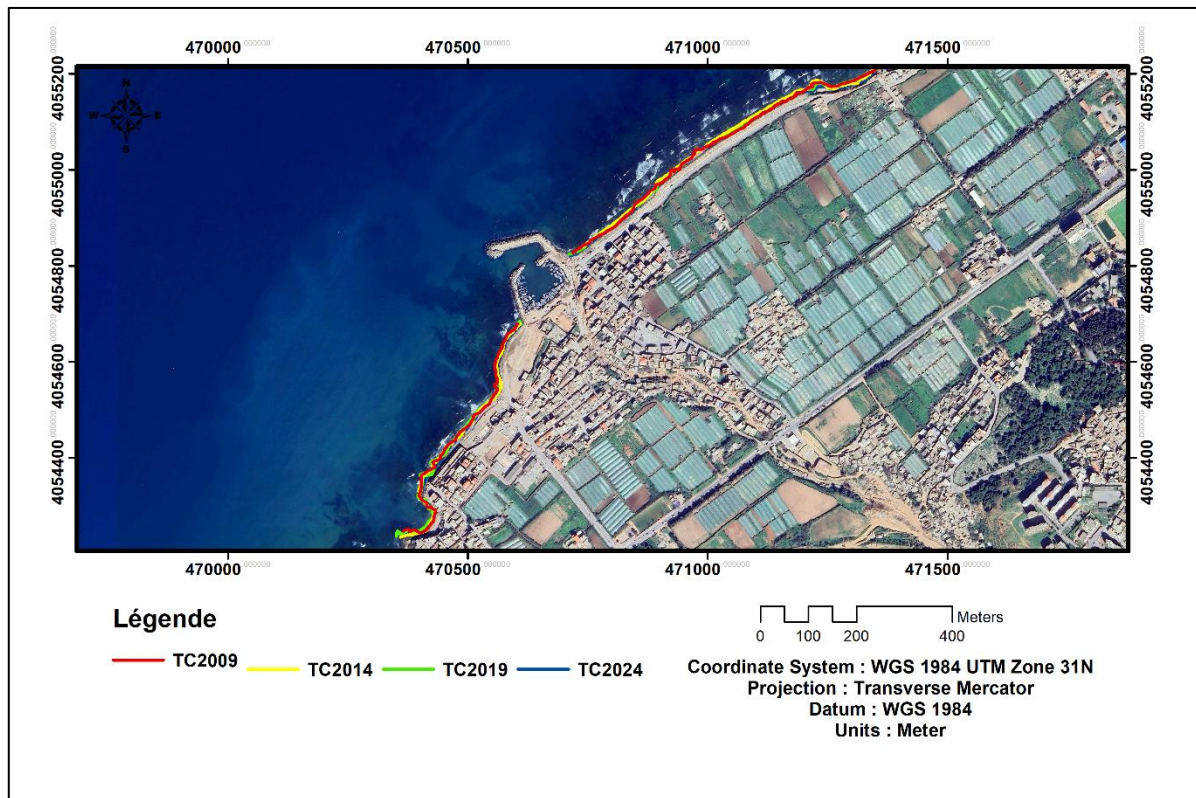


Figure 47 Les traits de cote du port de Khemisti

3.2.2.3 Préparation et lancement des calculs sur le DSAS

L'outil DSAS nécessite la réalisation manuelle d'une ligne de base se trouvant soit en mer, soit sur la terre. L'utilisation de cet outil nécessite également de définir un pas de positionnement des transects et de disposer de traits de côte dans un même système de coordonnées projetées (WGS 1984 UTM zone 31 N).

3.2.2.3.1 Création de la couche baseline

La ligne de base considérée comme étant une ligne de référence pour DSAS est nécessaire dans le but de la génération des transects, ainsi que pour le calcul statistique de l'évolution des traits de côte. Elle représente une classe d'entité ligne sous ArcGis qui a été digitalisée manuellement.

3.2.2.3.2 Création des transects

Ces transects ont été réalisés grâce à la fenêtre de dialogue DSAS. Pour cette étude, l'espacement entre les transects a été fixé à 10m pour obtenir 163 transects pour la zone des ruines romaines de Tipaza, 187 pour la station de dessalement et 135 pour celui de Khemisti.

3.2.2.3.3 Lancement des calculs

Les taux de changements du rivage sont calculés en utilisant les paramètres NSM et EPR ;

EPR (End Point Rate) : est un paramètre statistique qui décrit la distance parcourue par les variations du trait de côte (Thieler & al., 2009) : c'est un taux calculé en divisant la distance entre la position du trait de côte initiale et la plus récente par le temps écoulé.

NSM (Net Shoreline Movement) : traduit la distance entre le trait de côte le plus ancien et le plus récent (en mètre).

L'avantage principal de ces paramètres est la facilité de calcul et les exigences minimales pour les données d'entrée (deux traits de côte) (To & Thao, 2008).

3.2.2.4 Interprétation des résultats

Pour une meilleure interprétation, les graphes du NSM et EPR ainsi que les calculs réalisés, ont été effectués en utilisant le langage python sur le logiciel Spyder, en écrivant des scripts en important la bibliothèque Matplotlib.

3.2.3 Discussion des résultats

Afin de mieux cerner la dynamique du trait de côte sur cette période, Sept (7) classes représentant le degré de progression ou de dégradation de la zone étudiée (Tableau 6) ont été cartographiées à l'aide d'ArcGIS.

Tableau 5 Classification des valeurs de changement du trait de côte à partir des paramètres EPR

	Taux de changement de trait de côte (m/an)	Classification des traits de côte
1	>1.5	Erosion très élevée
2	-1.5 à -0.5	Erosion élevée
3	-0.5 à 0	Erosion modérée
4	0	Stable
5	0 à 0.5	Accrétion modérée
6	0.5 à 1.5	Accrétion élevée
7	>1.5	Accrétion très élevée

3.2.3.1 Station de dessalement de Fouka

Les **Figure 48** et **Figure 49** montrent les variations de la distance en mètre entre le trait de côte de l'année 2009 et celui de l'année 2023 ;

Il est constaté une érosion du premier transect jusqu'au transect 42 (à l'Est de la Station) avec une moyenne de -7,07 m et du transect 115 au 158ème (plage vivifié) d'une moyenne de -6,96 m et du transect 167 au 177ème (du côté Ouest) d'une moyenne de -9,63 m. Ceci est accompagné d'une accrétion du transect 43 au 114ème (au niveau de la station directement) d'une moyenne de 14 m ce qui peut être probablement dû à l'ouvrage de protection de la station.

Les **Figure 50** et **Figure 51** montrent les vitesses en m/an de variation entre le trait de côte de l'année 2009 et 2023 de la station de dessalement.

Le taux moyen général de la vitesse de l'accumulation de la zone comprise entre le transect 43 et le transect 114 (l'ouvrage de protection) est de 1 m, tant dis que le taux moyen d'érosion de la plage vivifié est de -0,49 m/an ce qui pourrait être expliqué par l'impact de l'ouvrage de protection mis en place pour la station sur la plage.

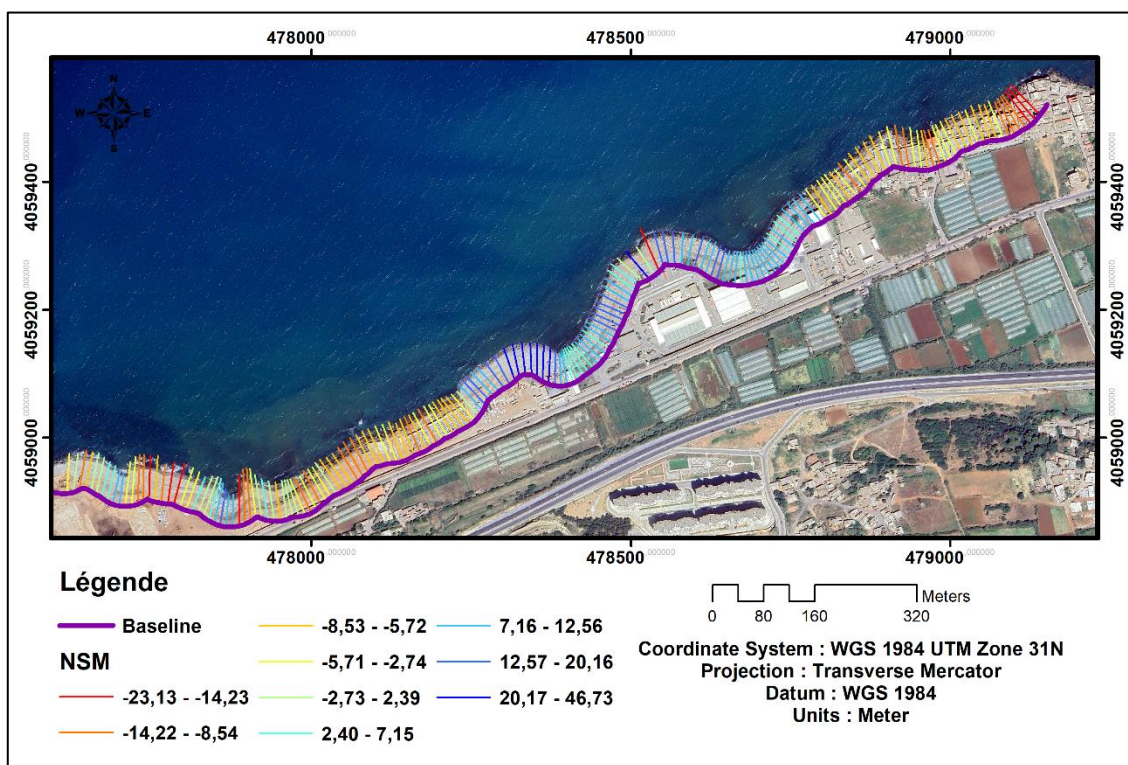


Figure 48 Résultat cartographique de l'état d'érosion et de l'accumulation pour la station de dessalement en utilisant le paramètre NSM en (m) entre 2009 et 2023

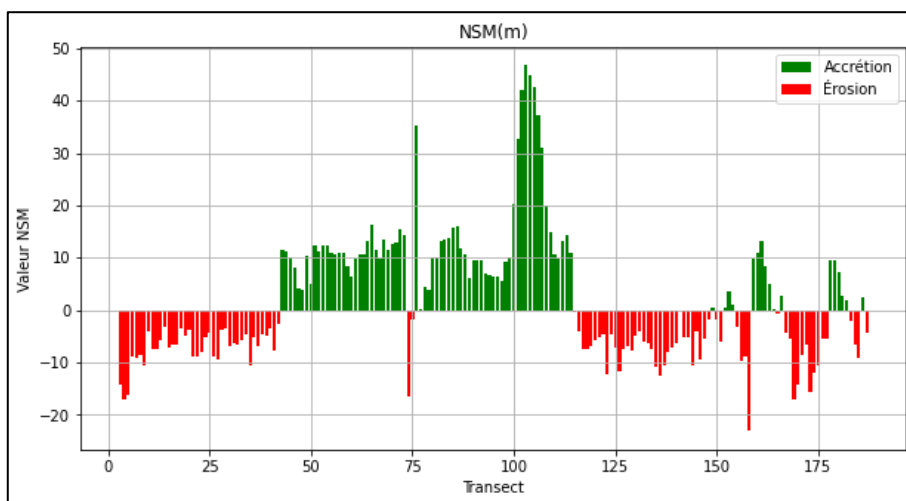


Figure 49 Résultat graphique de l'état d'érosion et de l'accumulation pour la station de dessalement en utilisant le paramètre NSM en (m) entre 2009 et 2023

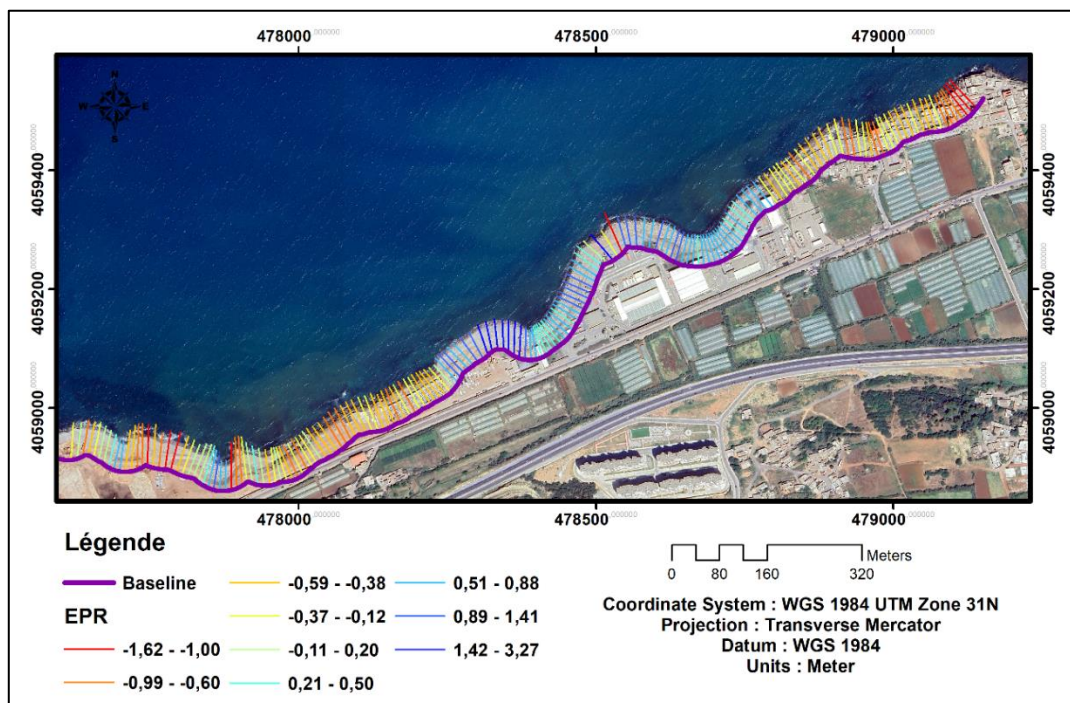


Figure 50 Résultat cartographique de l'état d'érosion et de l'accumulation pour la station de dessalement en utilisant le paramètre EPR en (m/an) entre 2009 et 2023

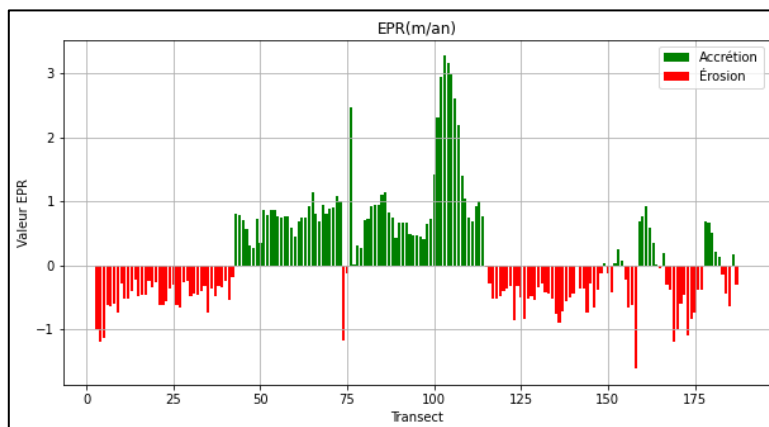


Figure 51 Résultat graphique de l'état d'érosion et de l'accumulation pour la station de dessalement en utilisant la méthode du EPR en (m/an) entre 2009 et 2023

3.2.3.2 Port de pêche de Khemisti

Les **Figure 52** et **Figure 53** montrent les variations de la distance en mètre entre le trait de côte de l'année 2009 et celui de l'année 2024 du port de Khemisti.

Une érosion de -112,77 m, est constatée du transect 1 jusqu'au transect 17, cette zone représente la partie Ouest de la plage de Sidi Boumaaza ce qui peut être interprétée par la virulence des houles du secteur Nord vu qu'elle est dirigée au nord, suivie par une accumulation du 18-ème au 68-ème transect quantifiée de 102,79 m, ce qui est dû à l'installation de l'ouvrage de

protection. Du côté Ouest du port, il est remarqué que cette plage est en érosion avec une perte de 142,96 m, ce qui peut être dû à l'action anthropique (urbanisation de la zone), ou à l'expositions aux houles de direction Nord. De nouveau une accumulation de 11,47 m est constatée dans la petite anse du fait qu'elle soit protégée du côté Nord. De ce fait, les petits caps à l'Est et l'ouest sont en érosion.

Les deux **Figure 54** et **Figure 55** renseignent sur la vitesse de l'évolution de la ligne du rivage du port de Khemisti.

On constate une vitesse moyenne d'érosion tout au long de la zone d'étude de -0,28 m/an, une érosion maximale est observée au transect N°16 de -0,95 m/an. Une vitesse moyenne d'accumulation de 0,16 m/an est observée avec une accrétion maximale au niveau du 61-ème transect qui est de 0,39 m/an.

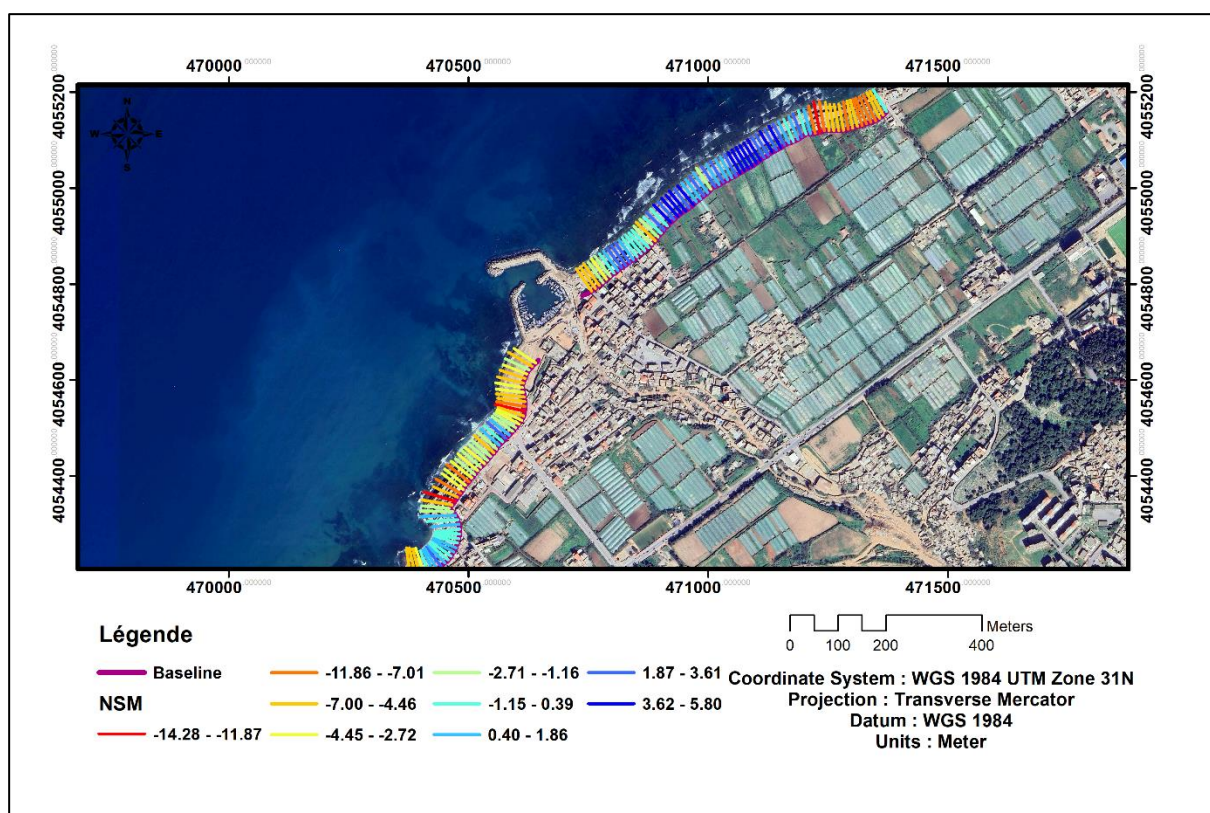


Figure 52 Résultat cartographique de l'état d'érosion et de l'accumulation pour le port de Khemisti utilisant le paramètre NSM (m) entre 2009 et 2024

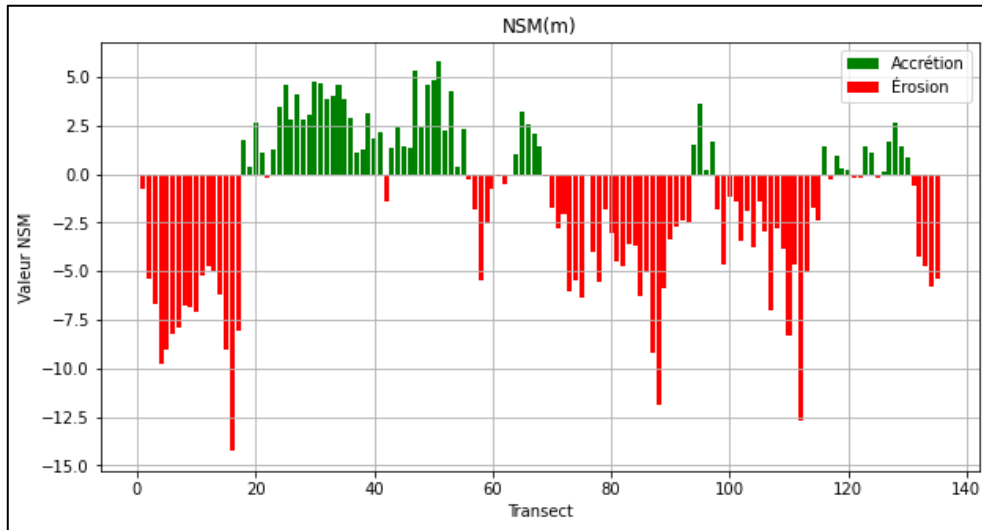


Figure 53 Résultat graphique de l'état d'érosion et de l'accumulation pour le Port de Khemisti en utilisant le paramètre NSM (m) entre 2009 et 2024

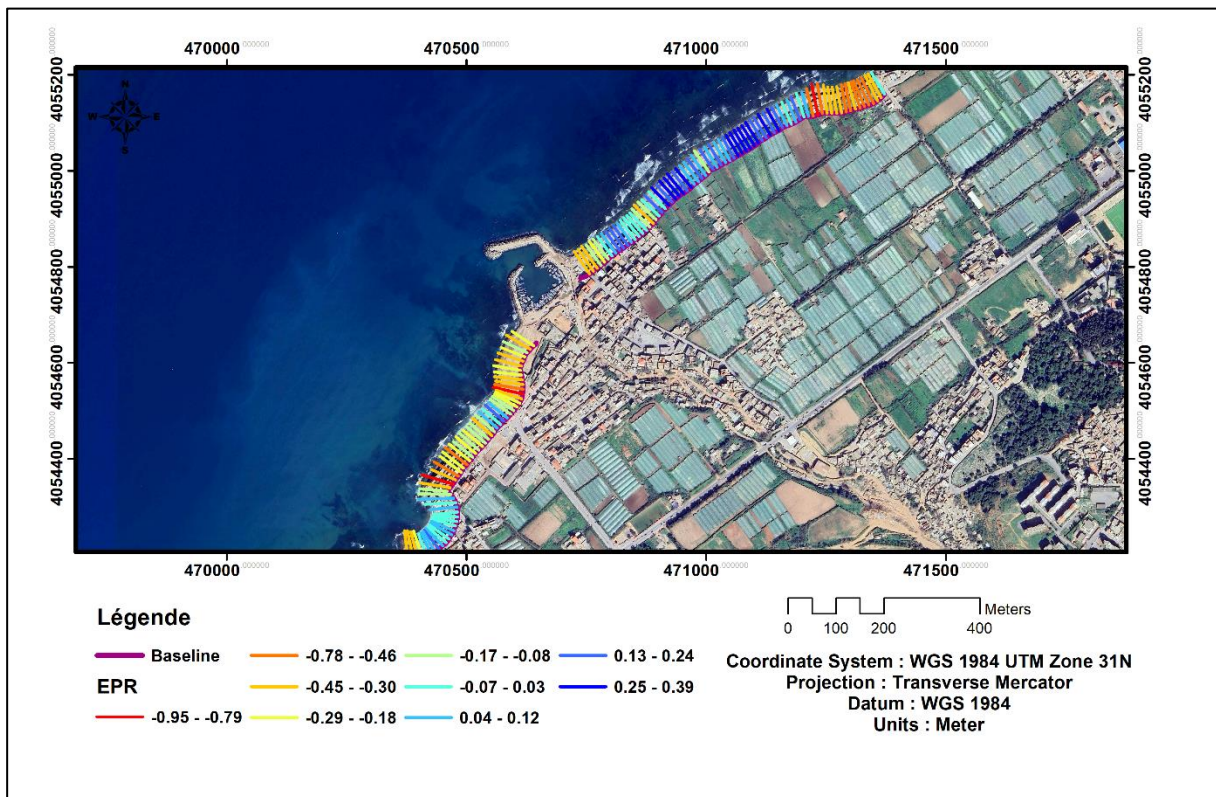


Figure 54 Résultat cartographique de l'état d'érosion et de l'accumulation pour le port de Khemisti utilisant le paramètre EPR (m/an) entre 2009 et 2024

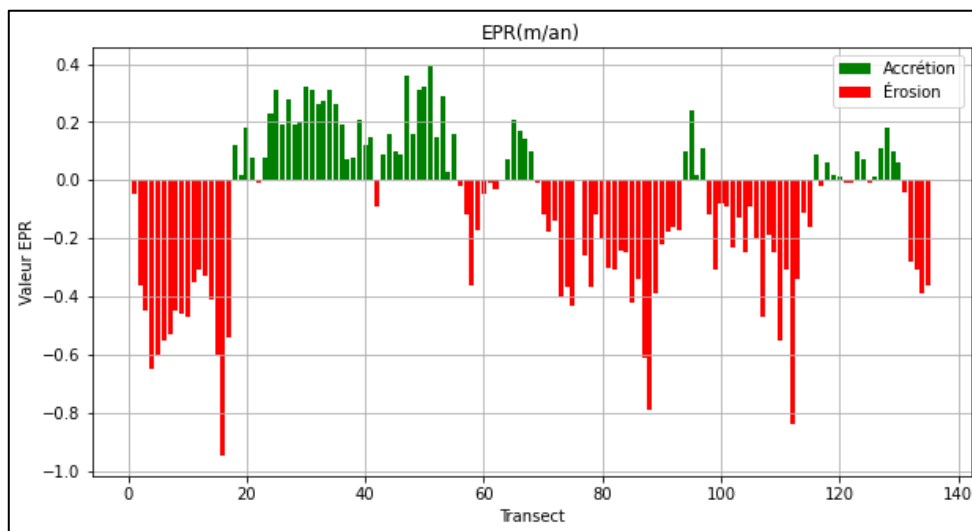


Figure 55 Résultat graphique de l'état d'érosion et de l'accumulation pour le Port de Khemisti en utilisant le paramètre EPR (m/an) entre 2009 et 2024

3.2.3.3 Ruines romaines de Tipaza

Les **Figure 56** et **Figure 57** montrent les variations de la distance en mètre entre le trait de côte de l'année 2006 et celui de l'année 2023 des ruines de Tipaza, tandis que **Figure 58** et **Figure 59** représentent la vitesse de ces mêmes variations.

On constate une accumulation de sédiments du transect 58 au 76 au niveau de la plage des ruines romaines due au fait qu'elle soit protégée du côté Est et Ouest par de petites falaises qui subissent une forte érosion allant jusqu'à -56,12 m pendant les 17 dernières années en raison de leur exposition directe aux houles.

Selon les résultats du EPR, ce site est caractérisé par une forte érosion d'une vitesse de -0.79 m/an, et une accrétion au niveau de la plage de 0,35 m/an.

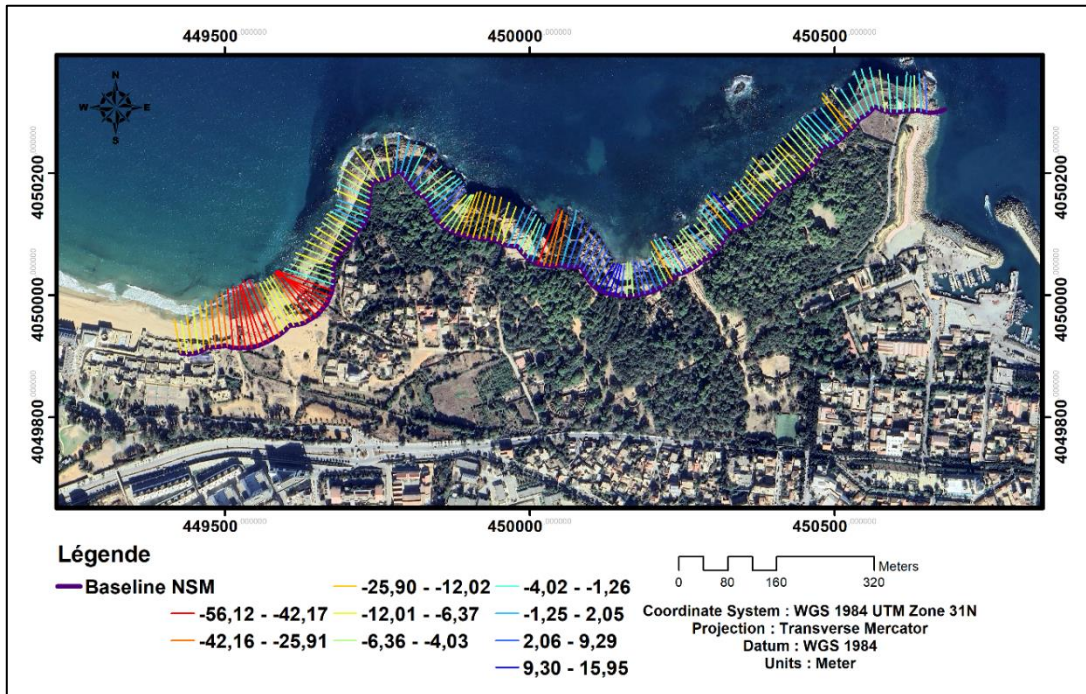


Figure 56 Résultat cartographique de l'état d'érosion et de l'accumulation pour les ruines de Tipaza en utilisant le paramètre NSM en (m) entre 2006 et 2023

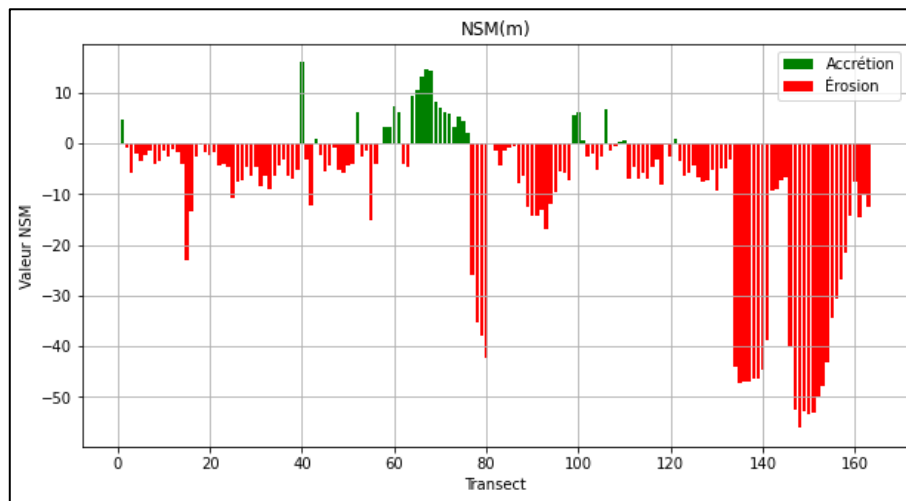


Figure 57 Résultat graphique de l'état d'érosion et de l'accumulation pour les ruines de Tipaza en utilisant le paramètre NSM en (m) entre 2006 et 2023

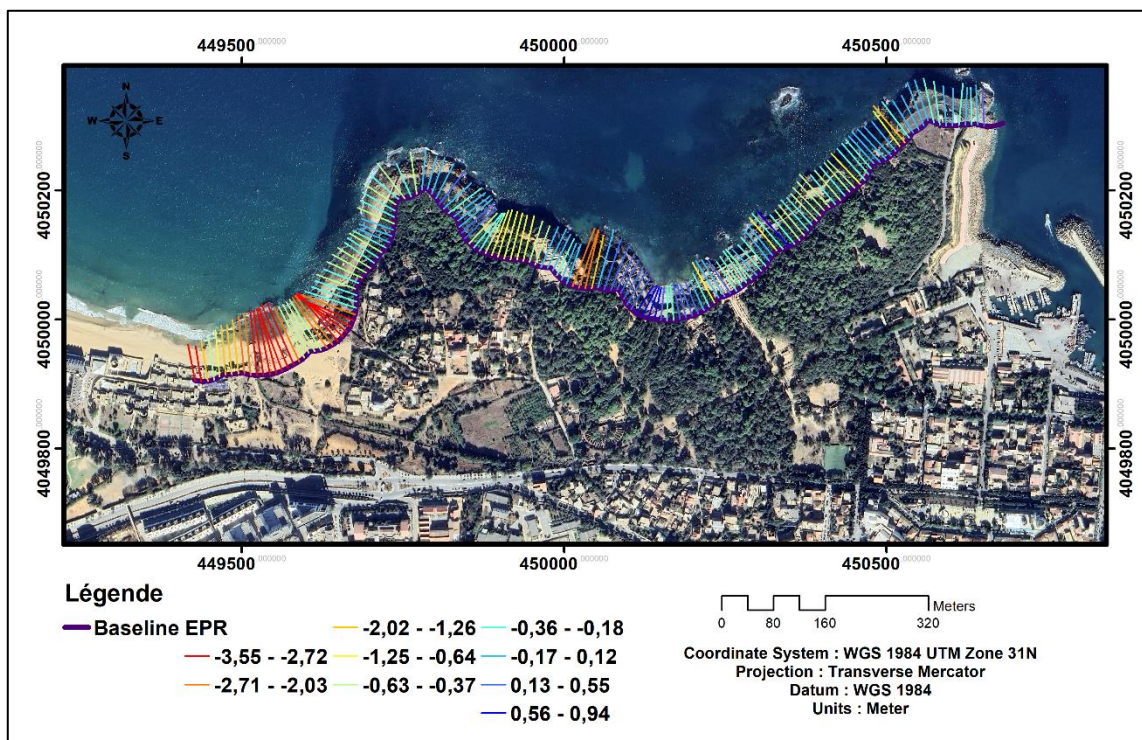


Figure 58 Résultat cartographique de l'état d'érosion et de l'accumulation pour les ruines de Tipaza en utilisant le paramètre du EPR en (m/an) entre 2006 et 2023

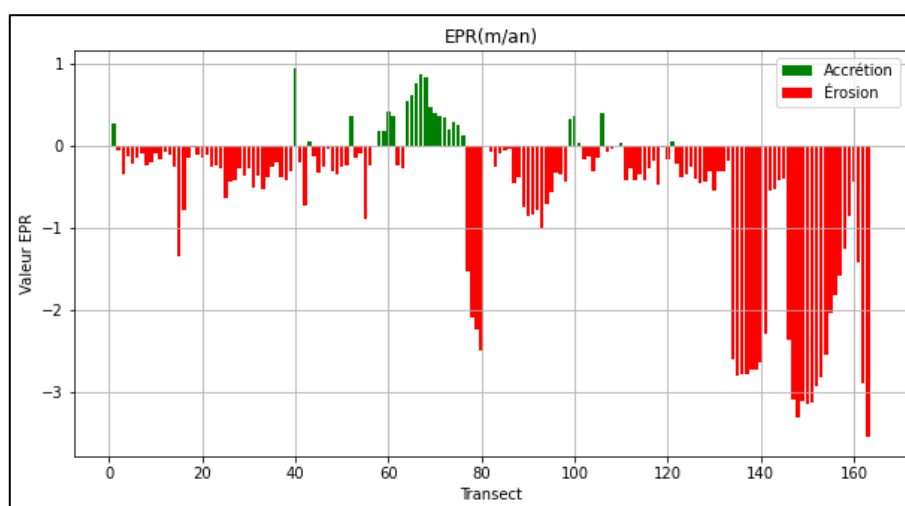


Figure 59 Résultat graphique de l'état d'érosion et de l'accumulation pour les ruines de Tipaza en utilisant le paramètre du EPR en (m/an) entre 2006 et 2023

Il est à dire que l'évaluation du trait de côte de ces ruines à partir des images satellitaires semble insuffisante, ce qui a poussé à une investigation sur terrain pour une meilleure visualisation de l'état concret de ces dernières.

Les images suivantes renseignent sur l'état réel de ce patrimoine. Il est à remarquer que ces ruines subissent une érosion verticale et différentielle tout au long de leur linéaire côtier.

Ces ruines, installées sur un relief rocheux (de petites falaises), sont confrontées à facteurs de dégradation : l'action marine des houles et des embruns qui sont des actions basales, l'action subaérienne (vents, température et précipitations) qui est une action sommitale. Ceci se combine avec la lithologie fragile de la zone, ce qui conduit à la création de risques géotechniques inévitables.

Sur la **Figure 60**, il est à observer l'impact de l'intensité des vagues au pied des ruines toutes dégradées, sur l'image "a" on constate que la plateforme des ruines est érodée vu qu'elle a été exposée aux variations de température des centaines d'années, ce qui l'a rendu sensible et fragile à l'érosion marine. C'est également le même cas pour l'image "b" qui montre un effondrement des ruines.

Sur la **Figure 61** sont représentés les différents aspects des contraintes géotechnique rencontrées sur le site, il est constaté qu'un morceau de sol est décollé du reste de la base de la falaise qui est dû à la conjonction des différents facteurs soulignés.

Il est à rappeler que ce site du patrimoine national et international est inscrit dans les sites à protéger au niveau mondial selon l'UNESCO, et sachant que Algérie s'est dotée d'un arsenal législatif pour préserver son patrimoine culturel matériel et immatériel, avec la loi 98-04 du 15 juin 1998 relative à la protection du patrimoine culturel définit le patrimoine culturel national et établit les règles générales pour sa protection, sa sauvegarde et sa valorisation comme texte de référence, complété par des lois connexes, avec une telle protection sur papiers on se retrouve à un tel état désastreux, il est à signaler que les autorités algériennes doivent intervenir en urgence pour mettre point à cette dégradation qui se développe sans cesser.



Figure 60 L'impact de l'action marine sur ces ruines (2024)



Figure 61 Les problèmes géotechniques engendrés (2024)

3.3 Etude et la submersion marine

Cette étude sera menée seulement sur la partie Est de la baie de Bousmail couvrant que trois emplacements des infrastructures stratégiques à cause de la non disponibilité de la donnée. Cette partie a pour objectif d'évaluer les conséquences de l'élévation du niveau de la mer sur les risques de submersion marine affectant les zones urbanisées dans un contexte micro-tidal, en particulier près des cours d'eau.

La topographie fragile de la région d'étude, combinée à une urbanisation excessive et parfois anarchique, la rend particulièrement vulnérable à cette montée du niveau de la mer en Méditerranée et à l'intensification des phénomènes de submersion marine et d'érosion côtière.

3.3.1 Méthodologie suivie

Pour réaliser l'étude des scénarios de la submersion, trois étapes principales doivent être effectuées, la première est l'étude des événements extrêmes, dont le but est de trouver la direction la plus pénalisante qui peut engendrer des houles extrêmes, suivie par la modélisation numérique (génération du mesh et les simulations) à partir de laquelle la hauteur extrême des vagues au déferlement est calculée et enfin l'étude cartographique avec la génération des cartes d'occupation du sol pour les 03 zones d'intérêt Etude des événements extrêmes.

3.3.1.1 Evènements extrêmes

Les événements extrêmes sont des phénomènes marins avec de faibles probabilités d'occurrence. Ils peuvent causer des dommages et menacent aussi bien sur les vies humaines que sur les infrastructures côtières. En raison de leur imprévisibilité, il est essentiel de prendre des mesures pour s'en prémunir en minimisant leurs impacts. La théorie des valeurs extrêmes est une branche des statistiques qui décrit le comportement des plus grandes observations d'un jeu de données. Elle est utilisée pour prévoir et étudier les événements extrêmes, tels que les catastrophes naturelles, les crues, les tempêtes, et les feux de forêt. Les TVE sont particulièrement utiles pour anticiper les risques extrêmes en fonction du territoire, de la saison, des conditions météorologiques et du changement climatique (Naveau, 2014). La TVE utilise des méthodes statistiques pour modéliser la distribution de probabilités des événements extrêmes. Cela permet d'optimiser les valeurs des données observées et pourra ainsi aider à mieux prévoir les risques associés (Stuart, 2001).

Diverses approches ont été appliquées dans le calcul des houles extrêmes. La base de données utilisée contient des enregistrements de houles de 30 ans avec un pas de 3 h. Dans ce travail, l'échantillon est sélectionné par la méthode de dépassement de seuils.

3.3.1.1.1 Méthode de dépassement de seuils

La méthode de dépassements de seuils POT (Peaks Over Threshold) repose sur la conservation de toutes les observations qui excèdent un seuil défini (**Figure 62**), suivie d'un ajustement de la loi GPD (Generalized Pareto Distribution) à ces dépassements, dans le but de modéliser les événements extrêmes. Cette approche permet de préserver une quantité accrue d'information relative aux événements extrêmes et peut être appliquée même dans les cas où le nombre de données est relativement faible. (**Stander, 2015**).

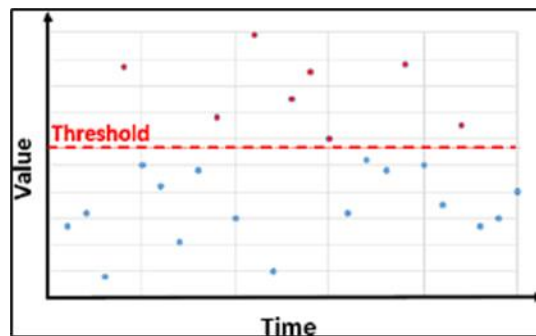


Figure 62 Représentation de la méthode POT

Cette méthode repose sur l'approximation de la distribution des valeurs dépassant un seuil prédéfini pour la loi GPD. (**Kh. Tilbi, 2018**). L'équation générale de la méthode POT est montrée dans l'équation ci-dessous où $F(x)$ est la fonction de distribution cumulative des valeurs excédant un certain seuil, x est la valeur et u fait référence au seuil.

$$f(x) = e^{-\left(1 + \frac{K(x-u)}{\sigma}\right)^{-\frac{1}{K}}}$$

Équation 1

3.3.1.1.2 Application de la distribution GPD

Pour définir le seuil, la bibliothèque `pyextremes` du langage Python est utilisée. L'objectif est de choisir le seuil optimal en observant la ligne droite de la moyenne résiduelle avant toute variation significative. Le seuil retenu est $u = 3.5 \text{ m}$. Cela est confirmé par le graphe représentant la stabilité des paramètres (**Figure 63**) où il est remarqué le début de l'instabilité après ce seuil. Le graphique de la moyenne résiduelle de la série des hauteurs omnidirectionnelles de l'enregistrement est illustré dans la **Figure 64**.

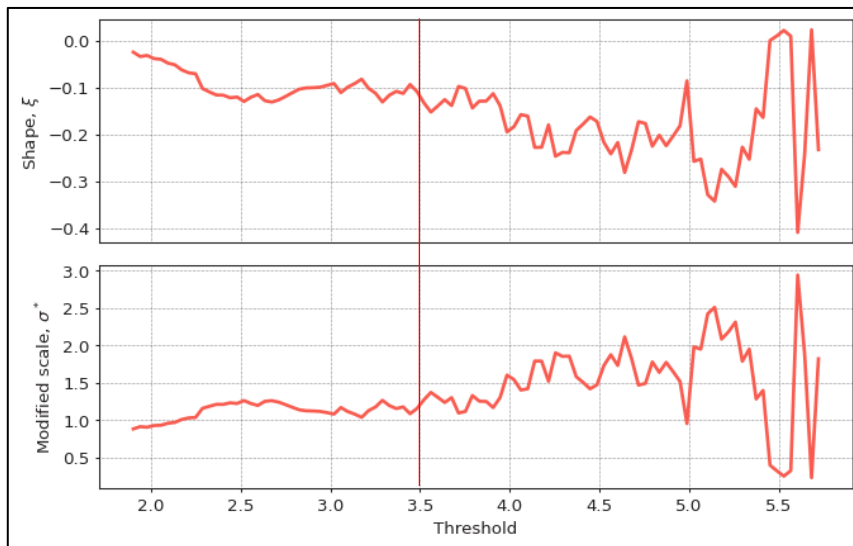


Figure 63 Moyenne résiduelle de la série des hauteurs omnidirectionnelles de l'enregistrement

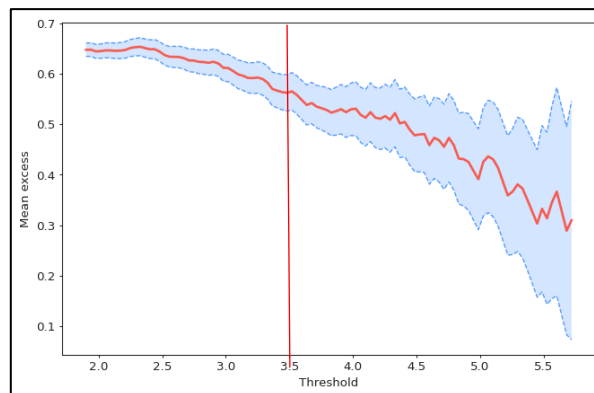


Figure 64 Choix du seuil par la stabilité des paramètres

La **Figure 65** illustre l'ensemble des points à utiliser pour le calcul après avoir fixé le seuil. Les hauteurs de houles à prendre en compte de l'ensemble des enregistrements sont extraites en utilisant la bibliothèque pyextremes du langage Python.

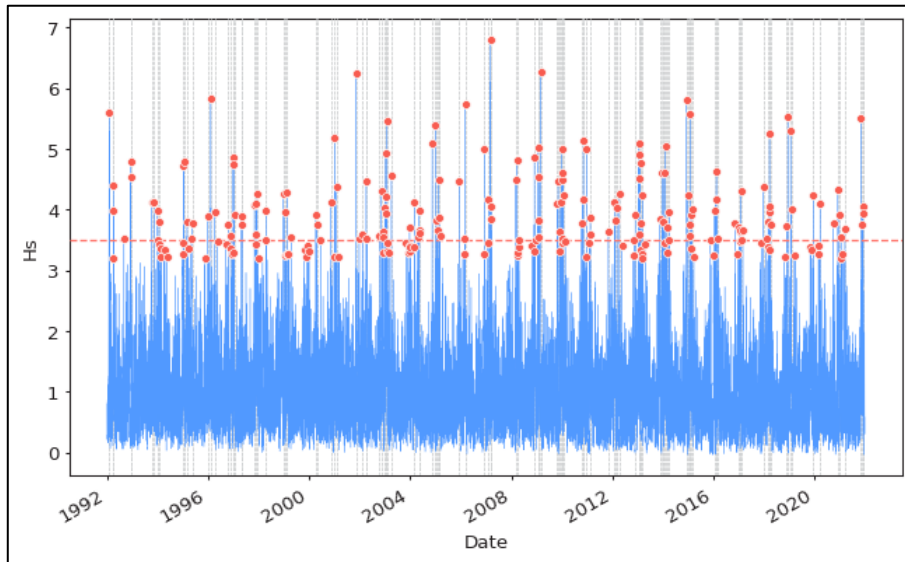


Figure 65 Représentation des valeurs dépassant le seuil par la méthode POT

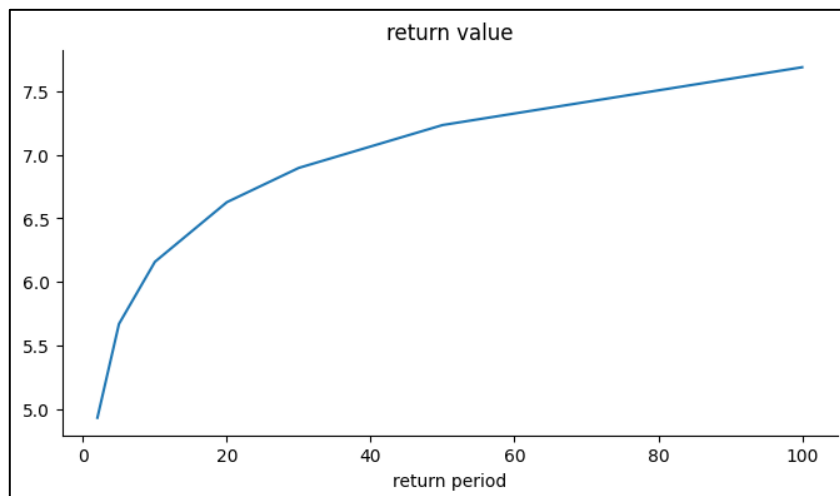


Figure 66 Estimation des événements extrêmes via la méthode POT pour l'omnidirectionnel

Pour connaître la direction la plus pénalisante qui peut engendrer une submersion maximale, 16 directions ont été étudiées, comme montré sur le Tableau 6 Il est constaté que la direction la plus pénalisante est le Nord.

Une décision est prise pour la simulation à faire pour la deuxième étape (modélisation numérique) : la direction à étudier est le Nord en choisissant 05 périodes de retour 2ans, 10ans, 20 ans, 50 ans et 100 ans.

Tableau 6 Résultat de l'estimation des événements extrêmes

--	Hauteur de Houle prédite par directions (m)								
Période de retour (ans)	N	NNE	NE	ENE	WNW	W	NW	NNW	Omni
2	3,42	3,63	2,70	1,38	3,80	4,37	3,70	3,87	3.53
10	5,14	5,08	3,53	1,95	4,99	5,55	5,02	5,24	5.32
20	6,20	5,63	3,84	2,16	5,43	6,01	5,52	5,76	6.23
50	8,07	6,34	4,24	2,44	6,01	6,59	6,17	6,43	8.12
100	9,97	6,87	4,55	2,65	6,45	7,03	6,66	6,94	10.09

3.3.1.2 Etude de la modélisation numérique

La modélisation numérique marine est cruciale pour la simulation et la prévision des phénomènes maritimes. Divers logiciels développés par des institutions académiques et des entreprises privées sont disponibles. (Ahn et al, 2019) ;(Symonds et al, 2017). En effet, les modèles numériques permettent la prédiction des marées, des courants et des processus côtiers. Ils évaluent également l'impact des infrastructures côtières et des changements environnementaux. La modélisation numérique est donc un outil précieux pour la prise de décisions éclairées dans la gestion des zones marines, la planification des infrastructures et la préservation des écosystèmes côtiers.

3.3.1.2.1 Présentation du modèle

Le MIKE 21 est une suite logicielle professionnelle de modélisation numérique 2D de l'hydraulique et des phénomènes associés dans les rivières, les lacs, les baies, les zones côtières et les océans, développée par l'institut hydraulique Danois DHI Water & Environnement. Le produit MIKE 21 est un ensemble modulaire de moteurs de simulation conçu pour répondre à divers besoins applicatifs. Ces moteurs incluent la modélisation de flux de marée, de vagues de tempête, du transport de sédiments, du transport de sable, des perturbations portuaires et des états de mer dans les domaines offshore et onshore. (DHI, 2014). Néanmoins, les simulations

nécessitent la création d'une maille (Mesh). Dans ce but, l'outil de génération de mailles (Mesh Generator) du logiciel Mike-Zero a été utilisé.

- Mesh Generator

Le Mesh Generator du Mike 21 est un outil conçu pour créer des maillages numériques flexibles et fixes pour les modèles MIKE Zéro avec une possibilité d'ajustement de la résolution de la maille. L'outil offre deux options d'interpolation pour les éléments triangulaires, le voisin naturel et l'interpolation linéaire, qui peuvent être utilisées indépendamment du type de maillage. De plus, la fonction d'imbrication de plusieurs maillages est disponible pour le maillage fixe. (DHI, 2014). Pour la création du Mesh **Figure 93**) avec le module 'Mesh Generator', pour cela :

1. Un système de projection adapté à notre zone d'étude : WGS_84_UTM_ZONE_31,
2. Le trait de côte et la bathymétrie de la zone a été obtenue par la digitalisation de la carte publiée par NAVIONICS Sonar Chart™, édition 2021 à l'échelle de 1/250000 avec une résolution qui varie entre 100 et 0,5m du large vers la côte, enregistrés dans un fichier (.xyz),
3. Un maillage flexible avec des tailles de maille différentes pour obtenir des résultats précis et réduire les temps de calcul du logiciel.

Ont été utilisés, ensuite, l'interpolation du Mesh, la bathymétrie de la même zone est obtenue.

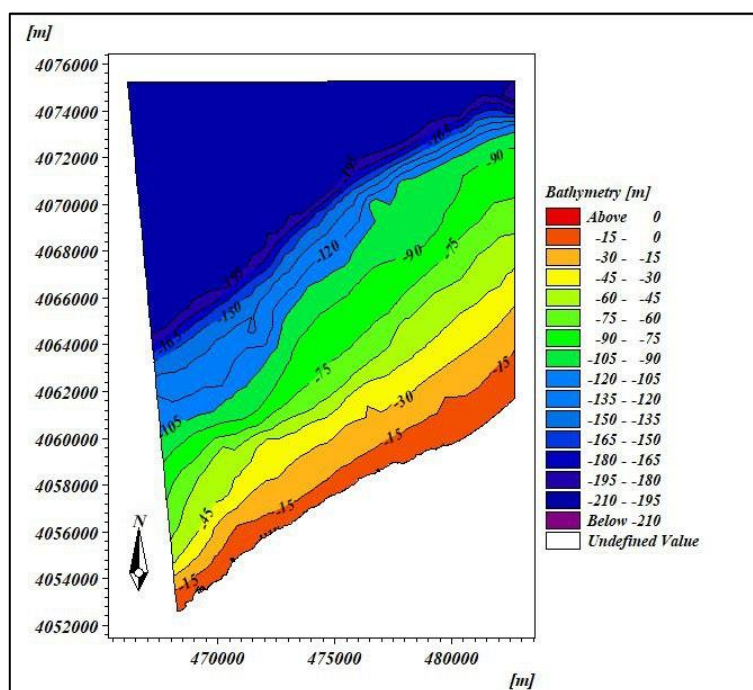


Figure 67 Bathymétrie d'une partie du côté Est de la baie de Bousmail

- MIKE 21 SW

C'est un modèle spectral de vague de 3ème génération simulant la croissance des vagues en présence du vent, l'interaction vague-vague non-linéaire, la dissipation par le déferlement et par la friction sur le fond, la réfraction par les changements de profondeur et l'interaction vague-courant. Les calculs du modèle MIKE21-SW utilisent une grille à maillage flexible non structuré. (DHI, 2014).

- MIKE 21 HD

Le module hydrodynamique (HD) résout les équations de la conservation des propriétés physiques, spécifie des conditions initiales et limites hydrographiques, inclut différents types de sources, puits et structures, résout les équations de Saint-Venant et tient compte de différents paramètres tels que le frottement sur le fond, l'effet des événements météorologiques, la force de Coriolis, la modélisation de la turbulence de l'écoulement et la variation de géométrie du domaine au cours du temps. Le module HD permet également de calculer les courants littoraux en prenant en compte les contraintes de radiation dues à la houle dans la zone de déferlement et fournit les conditions hydrodynamiques aux autres modules du système (DHI, 2014).

En utilisant le modèle SW, des résultats des hauteurs des vagues au déferlement ont été obtenus, pour cela une seule direction est prise en considération, c'est le Nord vu que c'est la direction la plus défavorable.

Les résultats obtenus sont illustrés ci-dessous.

- Période de retour de 2ans

Selon les résultats obtenus de la figure **Figure 68** il est à remarquer que la houle perd 95% de son énergie à l'approche de la côte commençant par 3,42m, à la zone de déferlement la hauteur est en moyenne de 2,08m. Au voisinage de la cote, les caractéristiques hydrodynamiques de la houle (la hauteur et la puissance initiale de 90 KW/m), diminuent progressivement en raison de la friction avec le fond qui freine l'onde de la houle et la dévie en raison de la diffraction et de la réfraction lorsqu'elle rencontre des obstacles, ce qui contribue à la perte progressive de son énergie.

- Période de retour de 10ans

A partir de la **Figure 69**, il est à dire que la houle suit le même enchainement du large vers la côte que pour la période de retour précédente, elle perd 92% de son énergie initiale (de 165KW/m) dans le large pour se retrouver à 3,32m à la zone de déferlement.

- Période de retour de 20ans

D'après les résultats obtenus (**Figure 70**), il est observé que les houles au large de la Baie m conservent plus de 92 % de leur hauteur initiale de 6.2m à 4.3m à la zone de déferlement, il est constaté qu'au voisinage de la cote, les caractéristiques hydrodynamiques la houle (la hauteur et la puissance initiale de 225 KW/m), diminuent progressivement en raison de la friction avec le fond qui contribue à la perte progressive de son énergie.

- Période de retour de 50ans

D'après la **Figure 71**, il est observé que les houles au large de la Baie conservent plus de 90 % de leur hauteur initiale de 8.07m, de même au voisinage de la cote, les caractéristiques hydrodynamiques de la houle (la hauteur et la puissance initiale de 350 KW/m), diminuent progressivement en raison de la friction avec le fond qui freine l'onde de la houle et la dévie en raison de la diffraction et de la réfraction lorsqu'elle rencontre des obstacles, ce qui contribue à la perte progressive de son énergie.

- Période de retour de 100ans

A partir de la **Figure 72**, il est à dire que la houle perd environs 88% de son énergie initiale au large, venant de 9.97m et se retrouvant à 6.58m au voisinage de la côte.

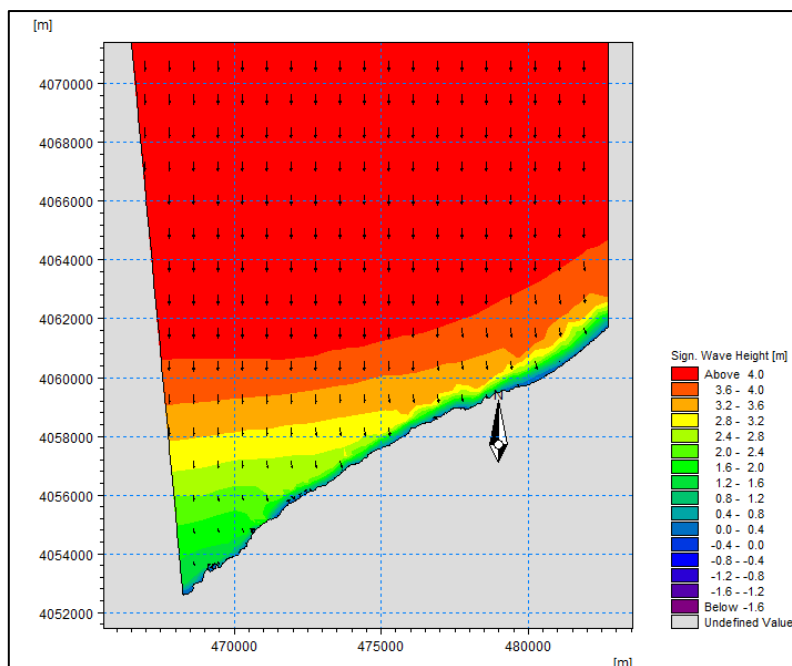


Figure 68 Simulation des houles extrêmes biennales

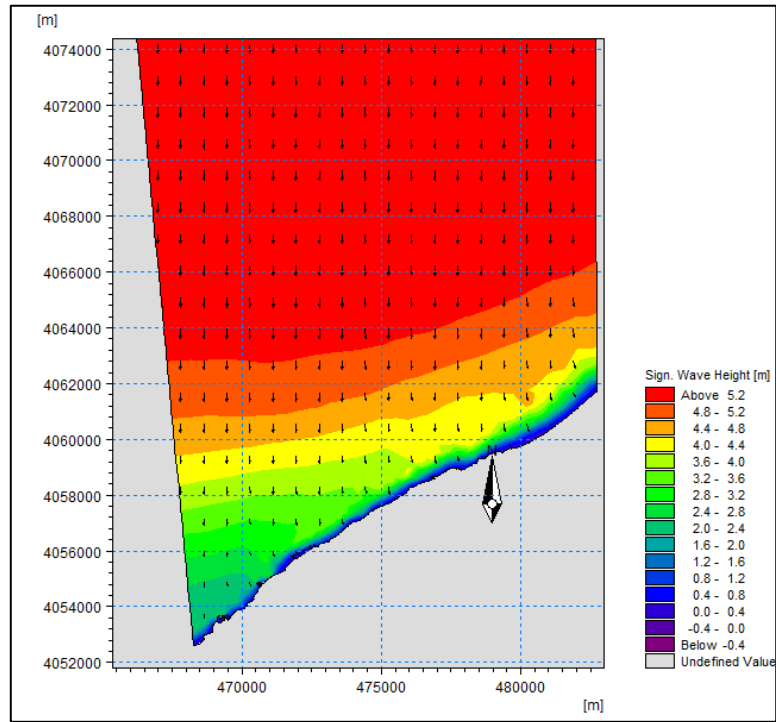


Figure 69 Simulation des houles extrêmes décennales

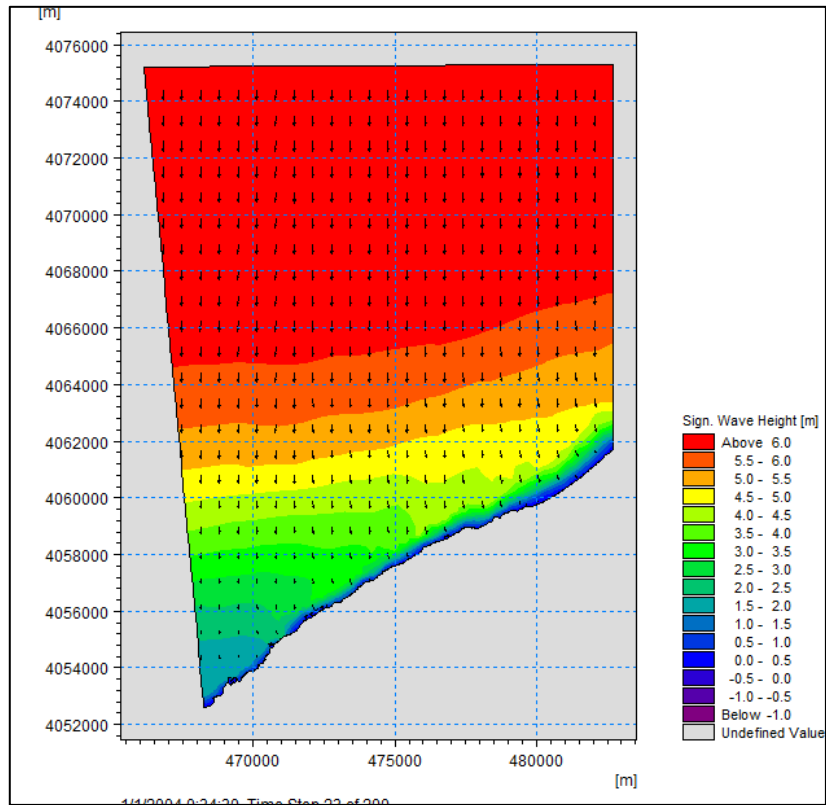


Figure 70 Simulation des houles extrêmes vingtennales

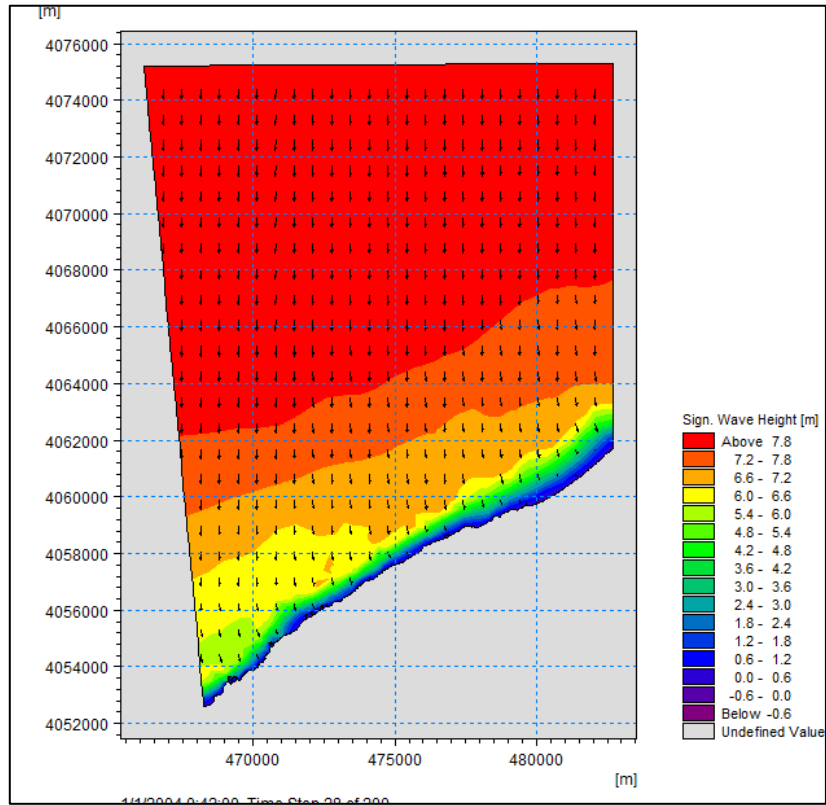


Figure 71 Simulation des houles extrêmes cinquantesimales

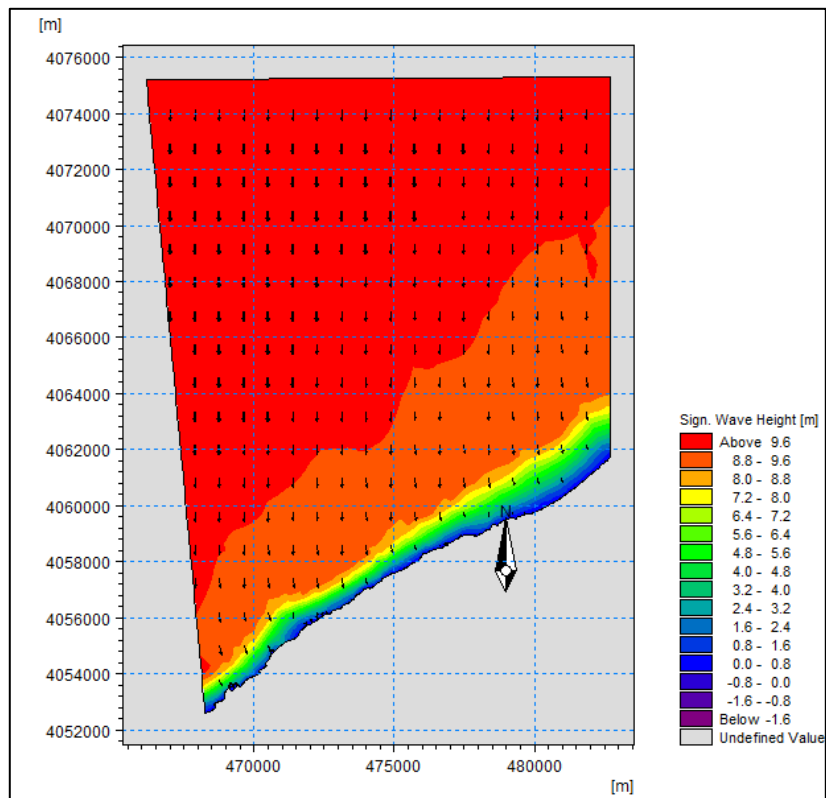


Figure 72 Simulation des houles extrêmes centennales

A partir des résultats de simulations obtenues, les moyennes des hauteurs extrêmes au déferlement ont été calculées et résumées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 7 Hauteurs moyennes des houles extrêmes au déferlement

Période de retour (ans)	2	10	20	50	100
Hauteurs moyennes des vagues (m)	2,08	3,32	4,30	4,48	6,58

Le niveau de la mer varie en fonction des fluctuations de la pression atmosphérique, un phénomène appelé effet barométrique inverse. Lorsque la pression atmosphérique diminue, le niveau de la mer augmente (surcote). Inversement, une hausse de pression entraîne une baisse du niveau marin (décote). Cette relation peut être approximée par la formule mathématique qui suit :

$$Z = 0,01(1013 - p) \quad \text{Équation 2}$$

Où :

P pression atmosphérique en hectopascal

1013hPa pression du niveau de la mer au repos

Cette relation montre qu'une baisse de pression de 1 hPa entraîne une hausse du niveau marin d'environ 1 cm. En Algérie, les pressions atmosphériques oscillent typiquement entre 950 hPa et 1050 hPa. En appliquant la formule, cela correspond à une variation du niveau de la mer entre -0,37 m (pour 950 hPa) et +0,63 m (pour 1050 hPa), soit une amplitude totale de 1 mètre due à l'effet barométrique inverse. Ce phénomène est donc loin d'être négligeable sur les côtes algériennes.

Dans le but d'avoir les hauteurs des vagues extrêmes au déferlement, le théorème d'Hoozmans (1993) a été utilisé,

$$D_{ft} = MHW + S_t + W_f + P_f \quad \text{Équation 3}$$

Tel que :

D_{ft} Différence des niveaux extrêmes d'inondation ;

MHW Niveau moyen des hautes mers ;

S_t Élévation relative du niveau de la mer ;

W_f Hauteur des houles de tempêtes responsables des inondations ;

P_f Elévation du niveau marin en fonction de la pression atmosphérique.

Tableau 8 Niveaux d'inondations extrêmes

Période de retour	MHW (m)	St (m)	Wf (m)	Pf (m)	Dft (m)
2	0.34	0.0028	2,08	0.63	3.0528
10	0.34	0.0028	3,32	0.63	4.2928
20	0.34	0.0028	4,30	0.63	5.2728
50	0.34	0.0028	5.48	0.63	6.4528
100	0.34	0.0028	6.58	0.63	7.5528

3.3.1.3 Etude cartographique

La cartographie est un outil nécessaire pour une meilleure visualisation de ces résultats. Dans ce but, une simulation sur ArcGIS du mnt (d'une résolution spatiale de 2m, une valeur maximale de 268,865m et minimale de 5,52159e-007m) est faite pour réaliser des cartes de submersions a différentes périodes de retour, et des cartes d'occupation du sol pour chacune des zones à intérêt stratégique et enfin la superposition de ces deux-là ont été réalisées (voir les figures ci-dessous).

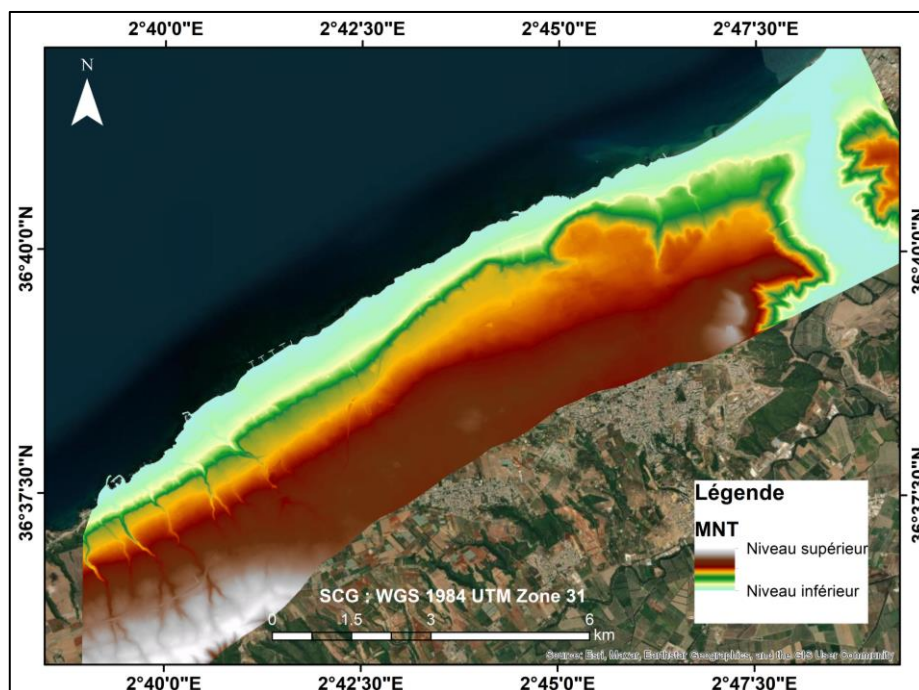


Figure 73 MNT de la zone d'étude

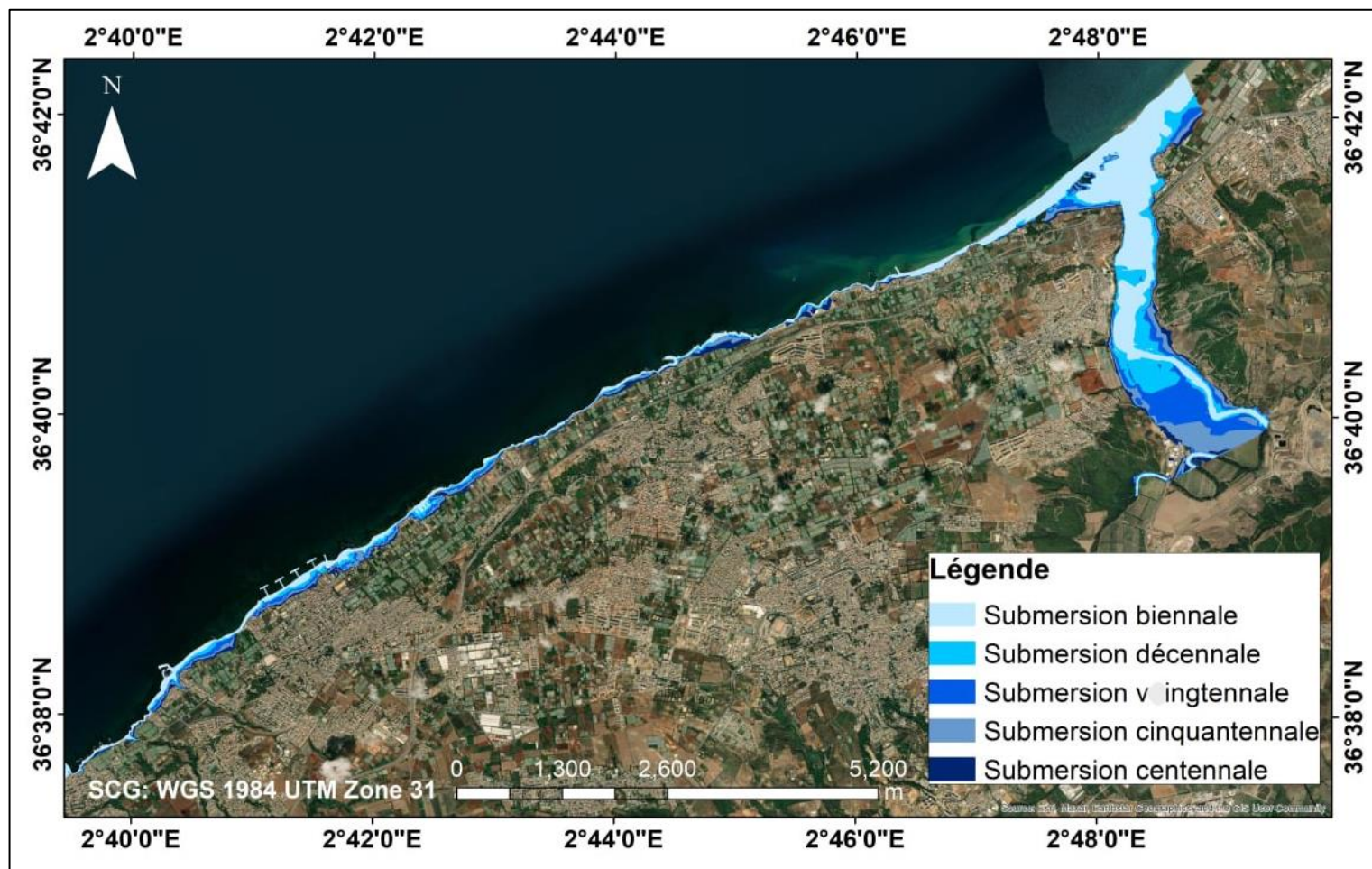


Figure 74 Carte des submersions à différentes périodes de retour sur toute la zone d'étude

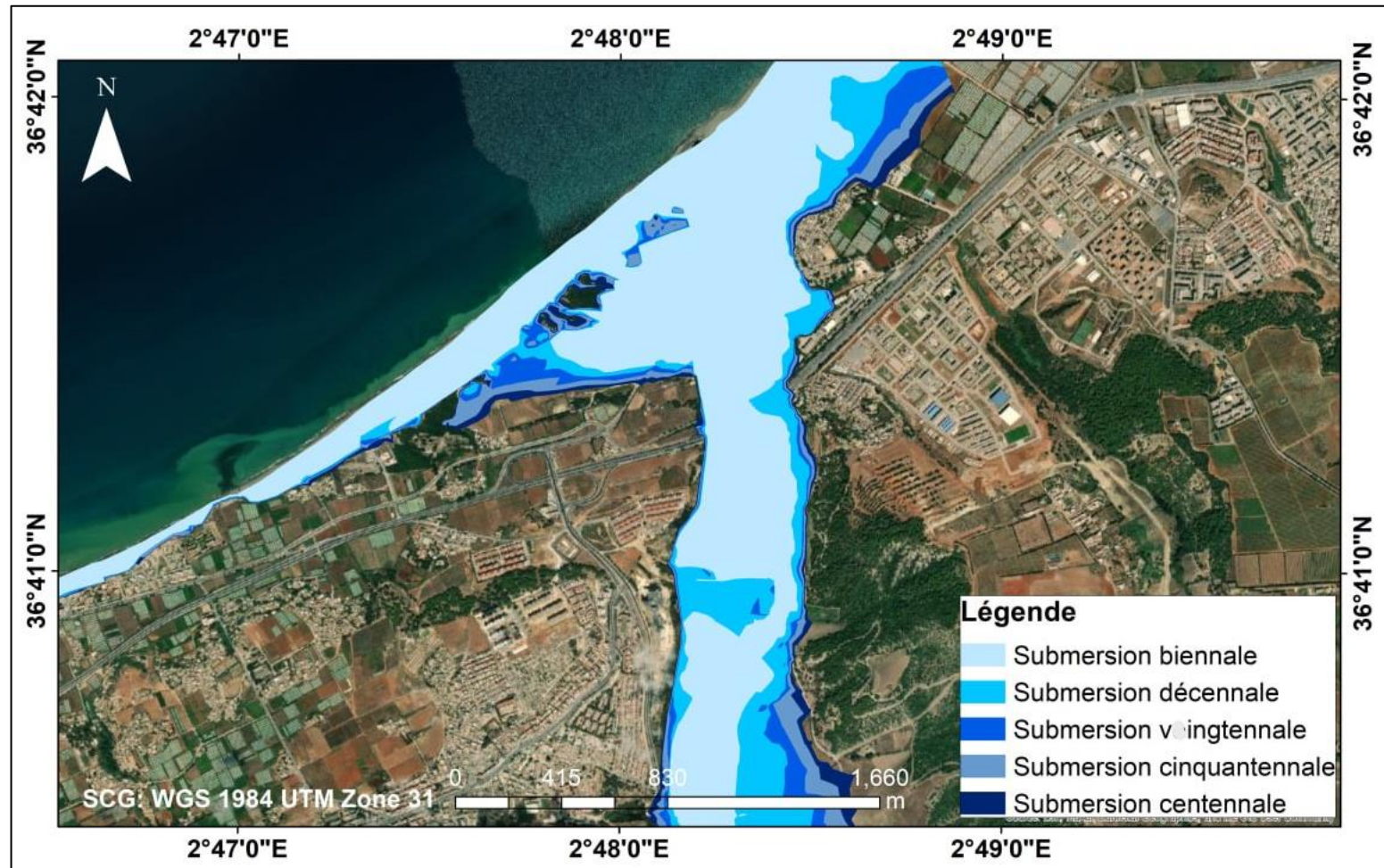


Figure 75 Carte des submersions à différentes périodes de retour des terres agricoles de Douaouda

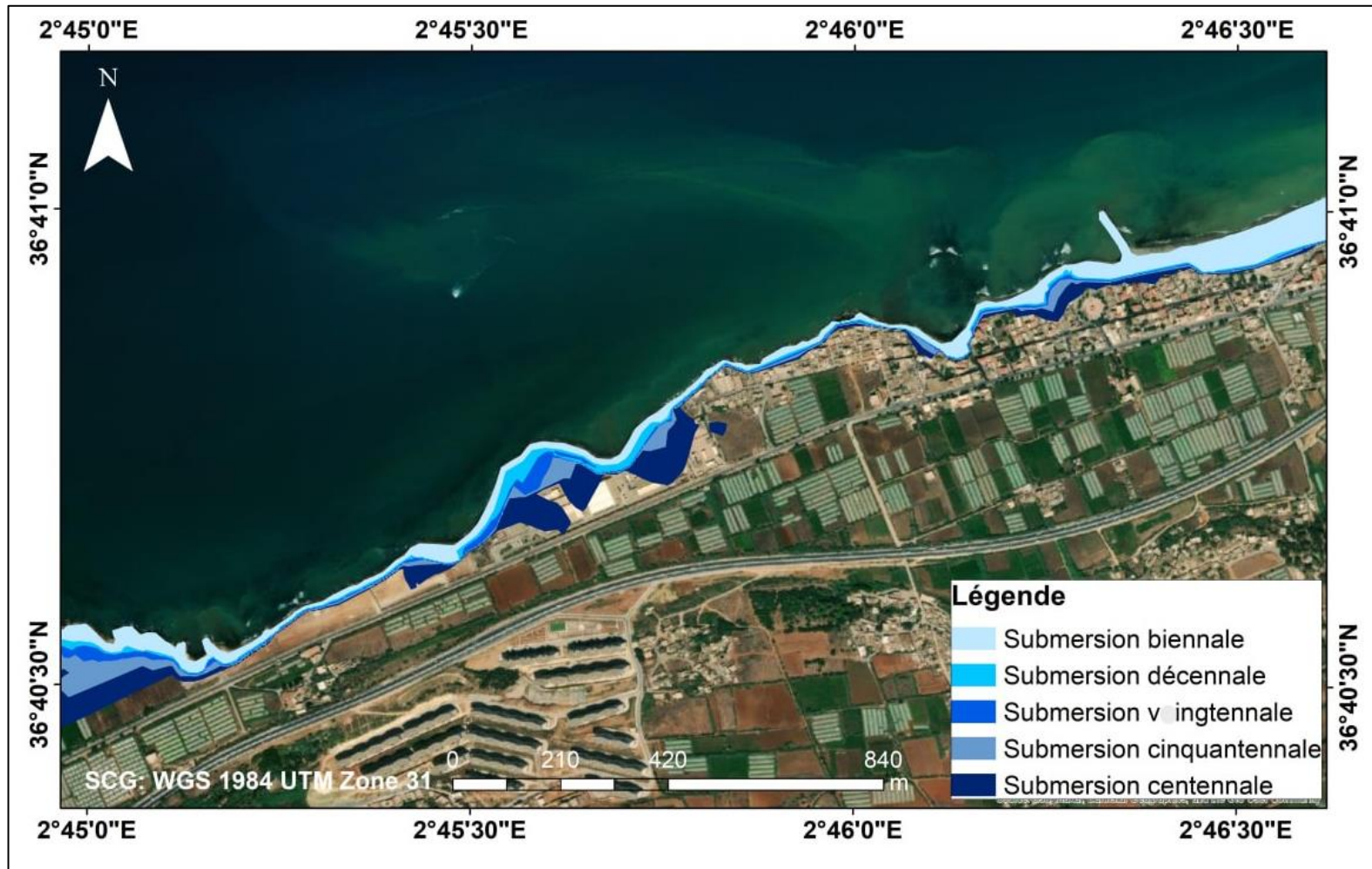


Figure 76 Carte des submersions à différentes périodes de retour de la station de dessalement de Fouka marine

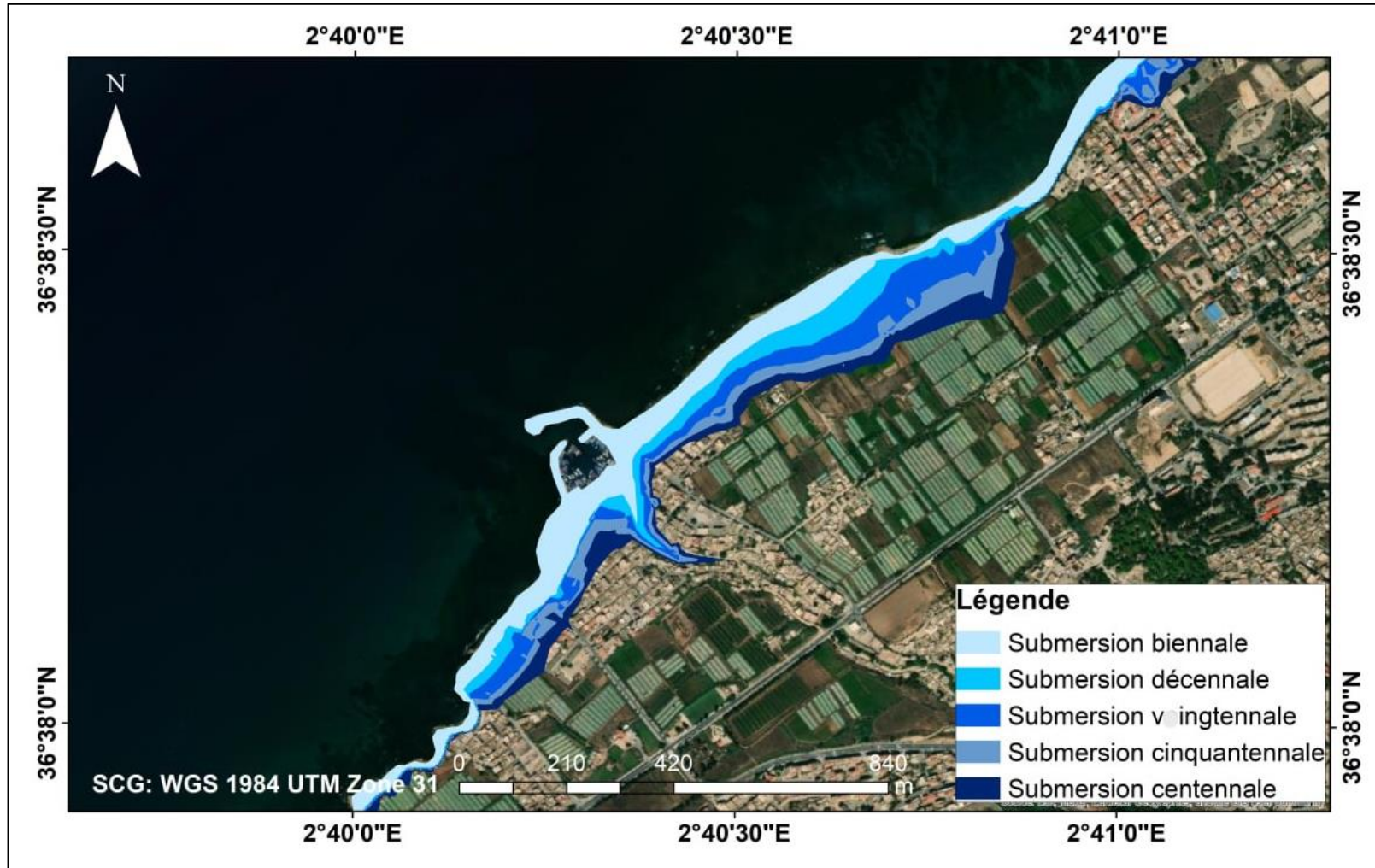


Figure 77 Carte des submersions à différentes périodes de retour du port de pêche de Khemisti

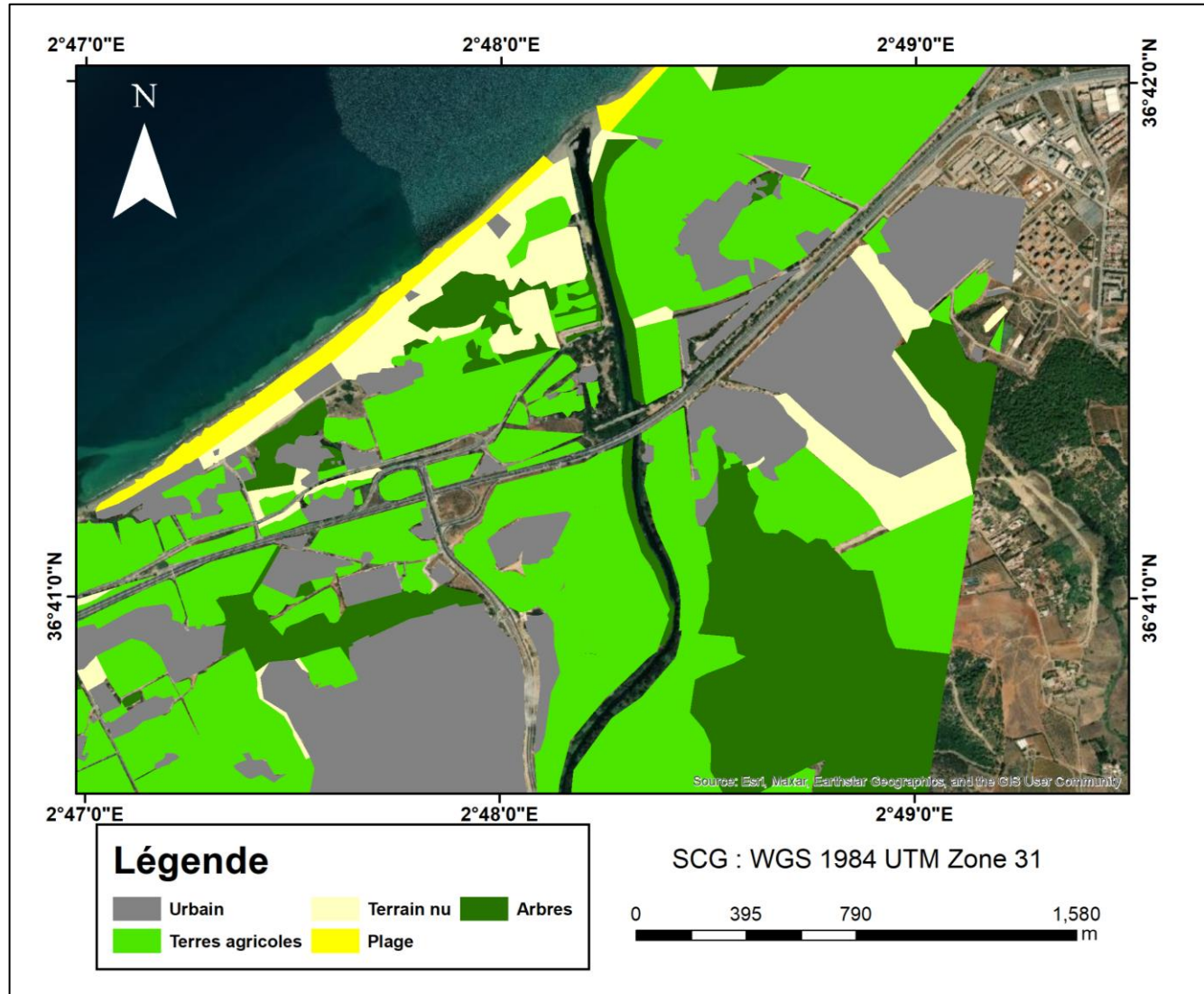


Figure 78 Carte d'occupation du sol des terres agricoles de Douaouda

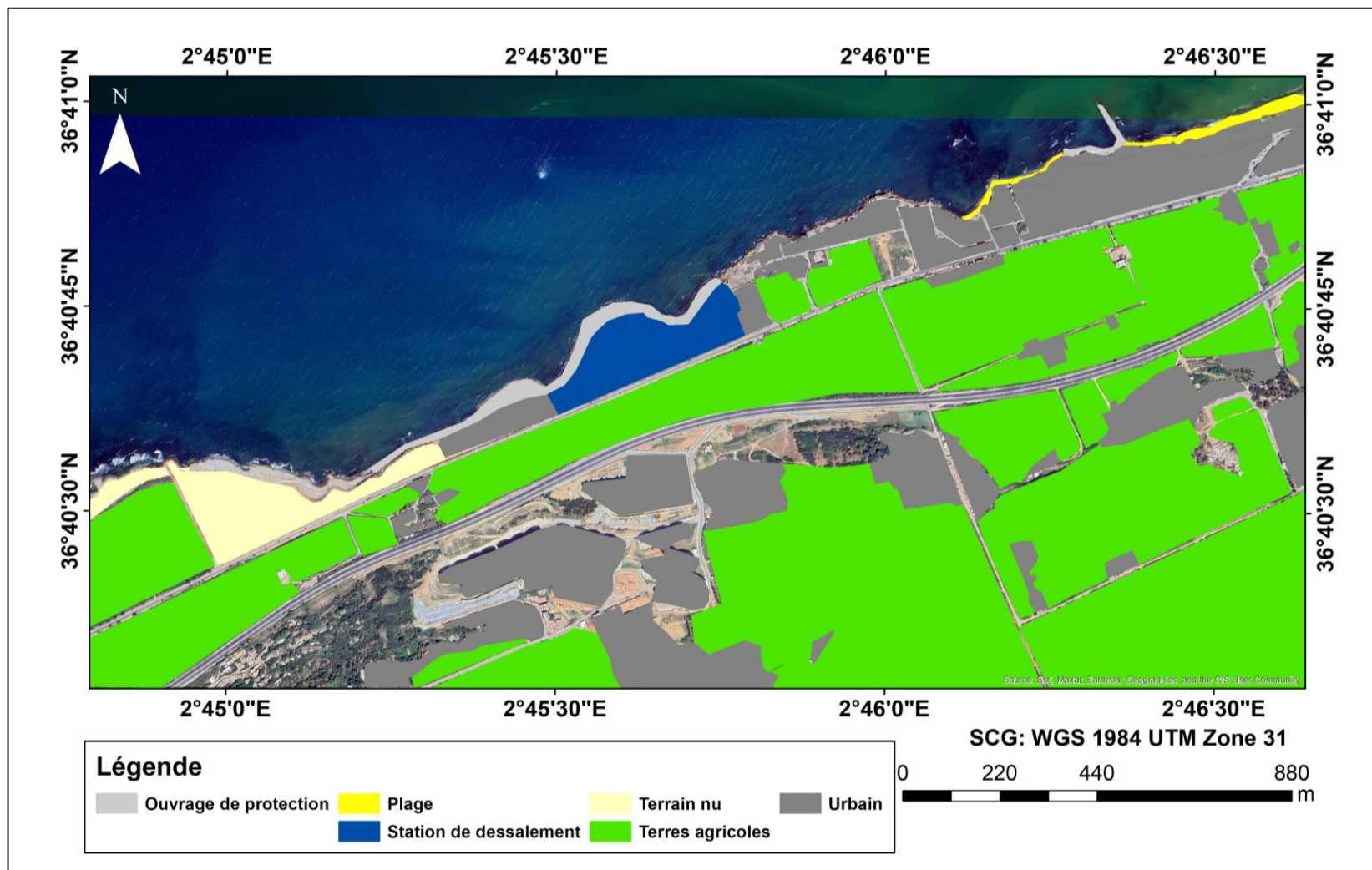


Figure 79 Carte d'occupation du sol de la station de dessalement de Fouka marine

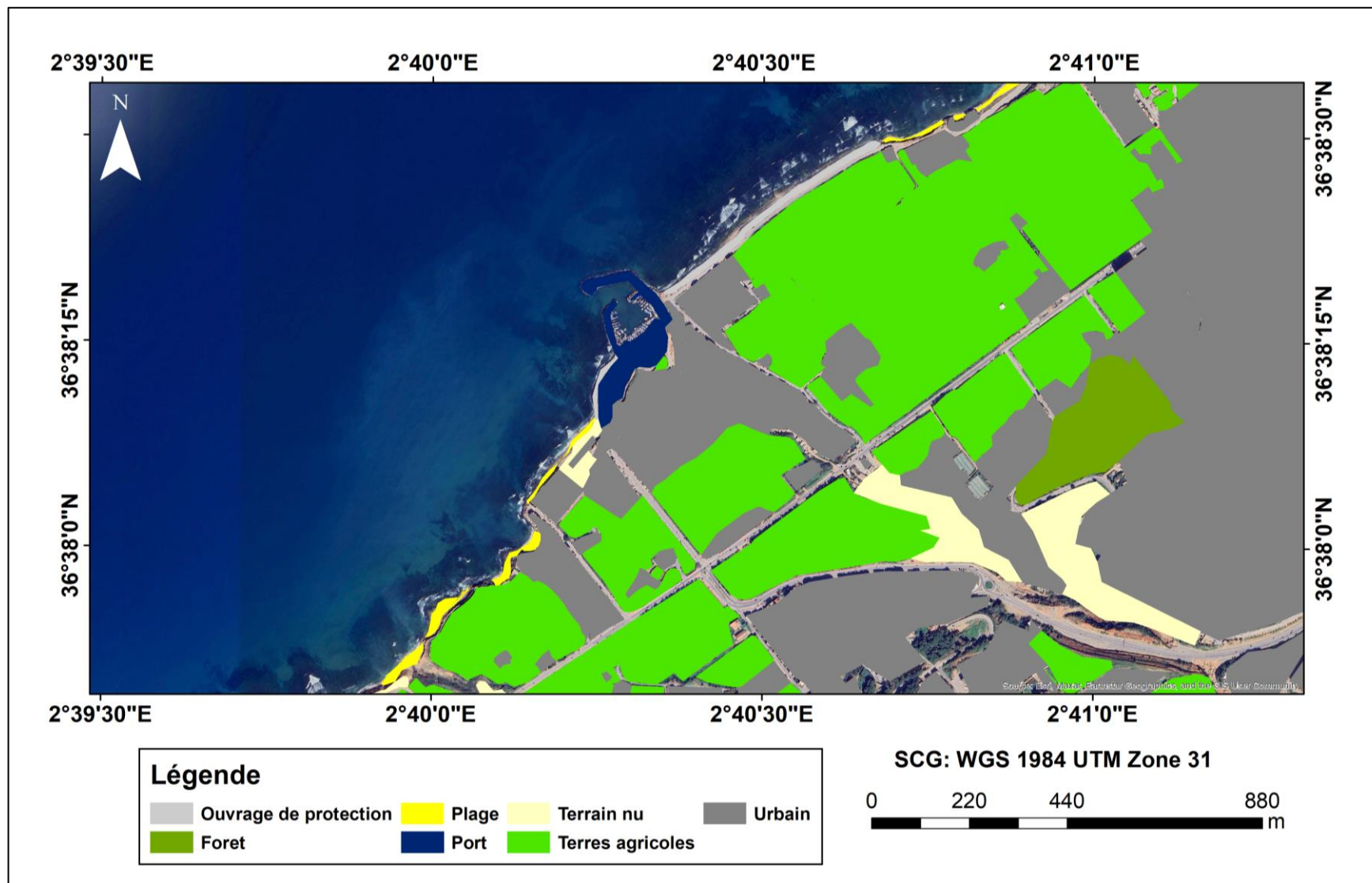


Figure 80 Carte d'occupation du sol du port de Khemisti

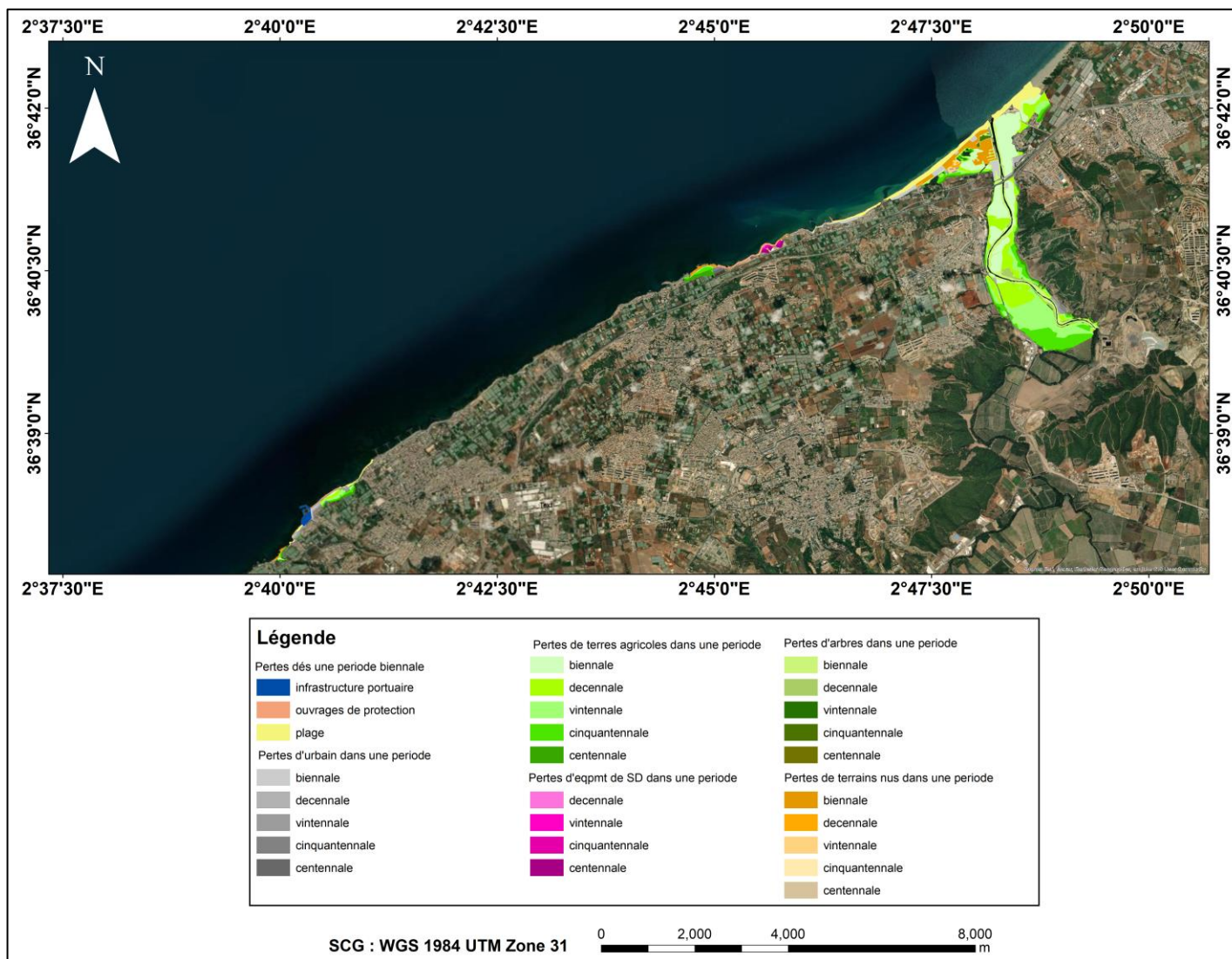


Figure 81 Les terres atteintes par la submersion à différentes périodes de retour sur toute la zone.

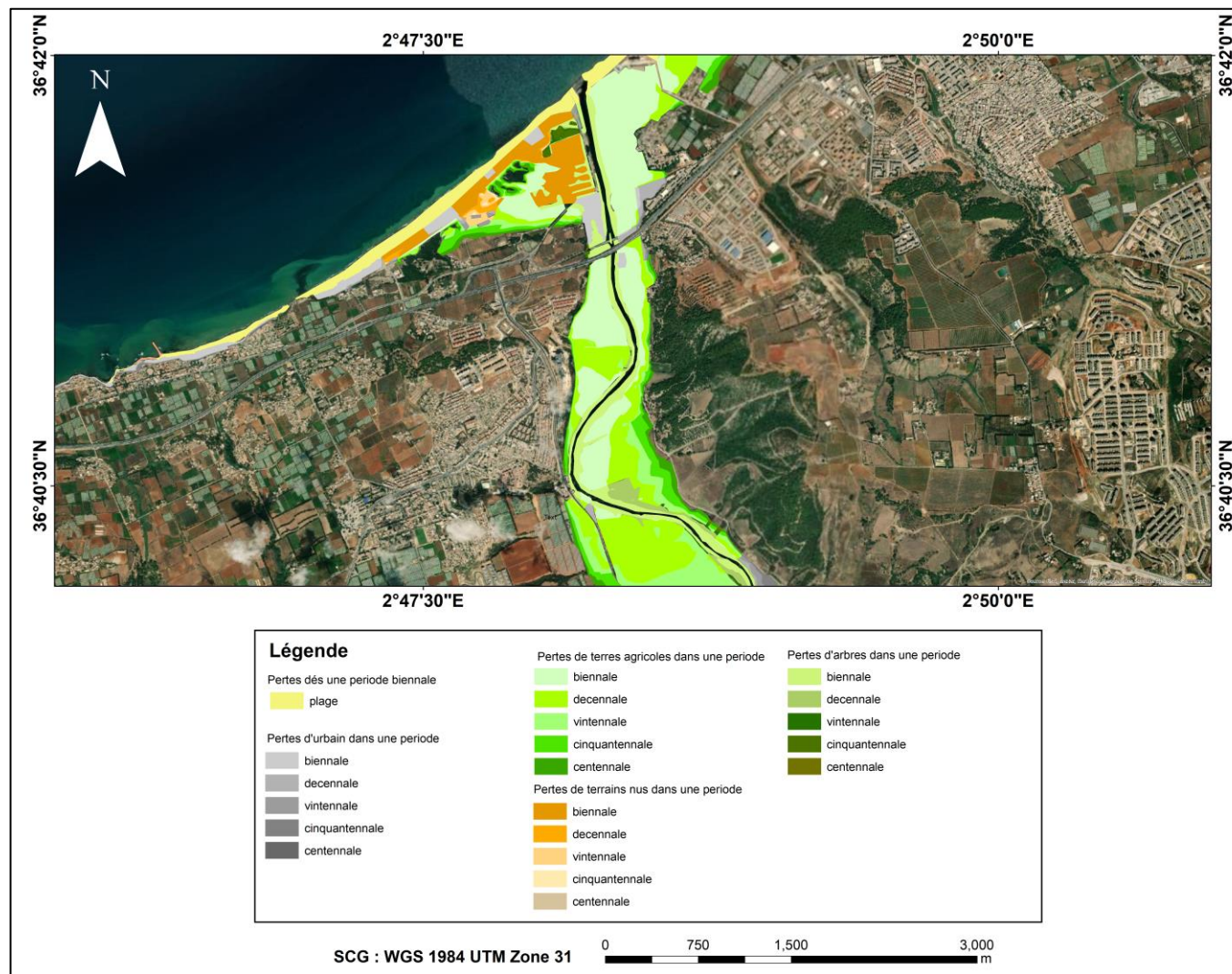


Figure 82 Les terres atteintes par la submersion à différentes périodes de retour sur les terres agricoles de Douaouda



Figure 83 Les terres atteintes par la submersion à différentes périodes de retour sur la station de dessalement de Fouka Marine



Figure 84 Les terres atteintes par la submersion à différentes périodes de retour sur le port de Khemisti

3.3.2 Résultats

Pour quantifier les superficies qui risquent d'être perdues à cause de ce géorisque, une superposition de ce dernier sur l'occupation du sol est réalisée sur ArcGIS le tableau ci-dessous en renseigne

Tableau 9 Quantification des terres à perdre

--	Période de retour (ans)	Urbain (ha)	Terres agricoles (ha)	Terrain nu (ha)	Plage (ha)	Ouvrages de protection (ha)	Infrastructure touchée	Arbres (ha)
Station de dessalement	2	1.97	0	5.27	8.49	2.50	Non	--
	10	2.58	0	5.27	8.49	2.50	Non	--
	20	5.66	0	5.27	8.49	2.50	Oui	--
	50	8.87	1.73	5.58	8.49	2.50	Oui	--
	100	9.82	4.71	6.10	8.49	2.50	Oui	--
Terres agricoles de douaouda	2	4.39	72.03	28.9	20.46	--	--	14.72
	10	7.11	124.21	30.34	20.46	--	--	18.25
	20	9.70	156.68	31.44	20.46	--	--	18.83
	50	11.87	169.79	31.44	20.46	--	--	19.782
	100	13.52	178.69	31.44	20.46	--	--	19.782
Port de Khemisti	2	0.81	0.44	0.21	1.06	0.96	Oui	--
	10	1.97	2.15	0.26	1.06	0.96	Oui	--
	20	3.71	4.4	0.28	1.06	0.96	Oui	--
	50	4.99	6.58	0.3	1.06	0.96	Oui	--
	100	6.24	10.82	0.49	1.06	0.96	Oui	--

3.3.3 Discussion des résultats

Le littoral algérien est caractérisé par un faible marnage, mais il demeure vulnérable aux risques de submersion marine, comme en témoignent les résultats obtenus à partir du Tableau 9. Pour les trois sites stratégiques étudiés, d'énormes pertes seront engendrées pour les différentes périodes de retour ;

La submersion n'affecte pas de la même manière tous les sites stratégiques.

Les pertes s'accroissent avec l'augmentation des périodes de retour, en raison des variations de la virulence et des hauteurs des houles extrêmes. L'envahissement des eaux marines vers l'arrière-pays est accentué par l'Oued Mazafran et la faible topographie de la région.

- Période biennale

Pour une période biennale, une perte totale de 164,44 ha est estimée, affectant principalement les plages, les infrastructures portuaires et les ouvrages de protection côtière en raison de leur emplacement. Pour le site des terres agricoles, une quantité importante (72 ha) est en risque en raison de sa proximité avec l'Oued Mazafran. Dans les zones urbaines proches de l'oued, le parc d'attraction de Mazafran, l'hôtel de l'Étoile de la Méditerranée situé près de la plage Colonel Abbas et la maison des jeunes de Fouka sont exposés à un risque d'élévation des houles extrêmes de 3 mètres.

- Période décennale

Pour une période décennale, les pertes quantifiées atteignent 227,85 ha, avec une superficie supplémentaire de 53,88 ha de terres agricoles affectées sur les trois sites. La station de dessalement, l'hôtel Sultan Tajmahal, la protection civile de Fouka et l'APC de Khemisti sont également soumis à un risque de submersion, tandis qu'une perte de 18,75 ha de d'arbres près de l'oued est observée.

- Période vingtennale

Pour une période vingtennale, en raison de l'augmentation des hauteurs des houles, les risques engendrés s'accroissent, avec une superficie de 271,67 ha de terres perdues, auxquelles s'ajoutent 34,72 ha de terres agricoles supplémentaires, la station de pompage de la station de dessalement sera atteinte.

- Période cinquantennale

Pour une période cinquantennale, suivant la tendance d'augmentation, une perte de 301 ha est estimée, le dessalinisateur de la station de dessalement de Fouka sera touché, les terres agricoles étant les plus vulnérables, ainsi que les zones urbaines, avec une surface de 25,74 ha d'urbain à risque et 178,1 ha, représentant ainsi 76,7% des pertes pour cette période

- Période centennale

Pour une période centennale, les houles d'occurrence centennales sont les plus dangereuses, avec un risque d'engendrer le taux le plus élevé de pertes, estimé à plus de 332,31 ha entre les différentes zones étudiées. Cela inclut une perte de 19,782 ha d'arbres, 29,29 ha d'urbain et 194,22 ha de terres agricoles, soit 58,45% des terres perdues. Il est à noter que les terres agricoles sont l'élément le plus vulnérable à la submersion marine dans cette région.

A noter que la submersion favorise la pénétration de l'eau salée dans les terres, entraînant une intrusion saline qui peut contaminer les eaux souterraines et appauvrir les sols. Les terres littorales, souvent riches en zones humides et en écosystèmes fragiles, subissent alors de plein fouet les conséquences de ces deux phénomènes, avec des impacts écologiques et économiques majeurs. Pour préserver ces espaces, il est crucial de mieux comprendre les interactions entre intrusion saline, submersion et terres côtières, afin de mettre en place des stratégies de gestion adaptées, alliant protection des milieux naturels, gestion durable des ressources en eau et aménagement du territoire résilient face au changement climatique.

Dans ce cas, il est essentiel de sensibiliser les autorités locales à ce géorisque qui ne cesse de se propager au fil du temps, et une stratégie de gestion de ces terres semble indispensable. Il est important de rappeler que la submersion est un résultat, entre autres, du changement climatique et que l'Algérie a ratifié plusieurs conventions internationales sur le changement climatique et la protection de l'environnement, dont :

- La Convention-Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, ratifiée par l'Algérie en 1993.
- Le Protocole de Kyoto, auquel l'Algérie a adhéré en 2004.
- L'Accord de Paris, auquel l'Algérie a adhéré en 2016
- L'Agenda 21, en 1992 lors du sommet de la terre à Rio.

Ceci témoigne de l'engagement de l'Algérie à contribuer aux efforts internationaux pour lutter contre le changement climatique et à mettre en œuvre des mesures visant à atténuer ses effets et à promouvoir la durabilité environnementale.

3.3.4 Conclusion

En somme, la vulnérabilité du littoral algérien à la submersion marine, malgré son faible marnage, est clairement démontrée par les résultats de l'étude menée sur les sites stratégiques. Les pertes prévues augmentent significativement avec les périodes de retour, principalement en raison des variations dans l'intensité et la hauteur des houles extrêmes, exacerbées par la topographie basse de la région et l'intrusion des eaux marines via l'Oued Mazafran. Les projections pour les différentes périodes de retour mettent en évidence des pertes considérables, en particulier pour les terres agricoles qui se révèlent être les plus exposées à ce risque. Il est impératif de sensibiliser les autorités locales à cette menace croissante et de mettre en place une stratégie de gestion adaptée pour prévenir les conséquences néfastes de la submersion marine.

Chapitre IV : Valorisation

4 Chapitre IV : Valorisation

La submersion marine peut provoquer des pertes économiques importantes en raison de la destruction de biens et des activités économiques situées en zone inondée. Les zones agricoles qui se retrouvent sous les eaux peuvent accuser des pertes importantes, notamment en termes de récoltes détruites. Dans les zones industrielles et commerciales, la montée des eaux provoque des destructions matérielles, tant des bâtiments que des moyens de production et des biens. De plus, la submersion marine peut également entraîner des pertes liées à un arrêt d'activité, car les entreprises et les artisans peuvent être paralysés jusqu'à ce que la décrue permette de nouveau l'accès aux zones de travail. Enfin, les infrastructures de transport, comme les ponts, peuvent également être endommagées, ce qui peut affecter la circulation et les échanges économiques locaux et régionaux (**EauFrance, (2021) ; DREAL Normandie, (2022)**). Cette conséquence économique est aussi manifestée dans le cas de la conversion des terres agricoles et des forêts en urbain (**Bon et al, 2023**).

4.1 Méthodologie

Dans un premier lieu dans les deux parties 3.1 et 3.3 le calcul des superficies perdues par l'urbanisation et à perdre par la submersion marine a été fait, ensuite dans cette partie une estimation des pertes en valeurs économique est faite.

4.2 Identification extraction et quantification des traces des sites à intérêt

Les sites à étudier sont les terres agricoles et les forêts converties en urbain cas des terres agricoles d'Ikhlifaine et d'El Beldj, les terres agricoles à perdre par la submersion marine cas des terres agricoles de Fouka, Douaouda et Khemisti, les infrastructures à inonder cas du port de Khemisti et la station De dessalement de Fouka marine.

4.2.1 Les pertes liées à l'anthropisation

Pour voir l'action de l'anthropisation sur les forêts et les terres agricoles (El Beldj / Ikhlifaine), une superposition de l'aléa de l'urbanisation sur ces sites est faite, comme le montre la **Figure 85** et la **Figure 86** une génération des calculs à partir des résultats est présentée sur le tableau **Tableau 10**.

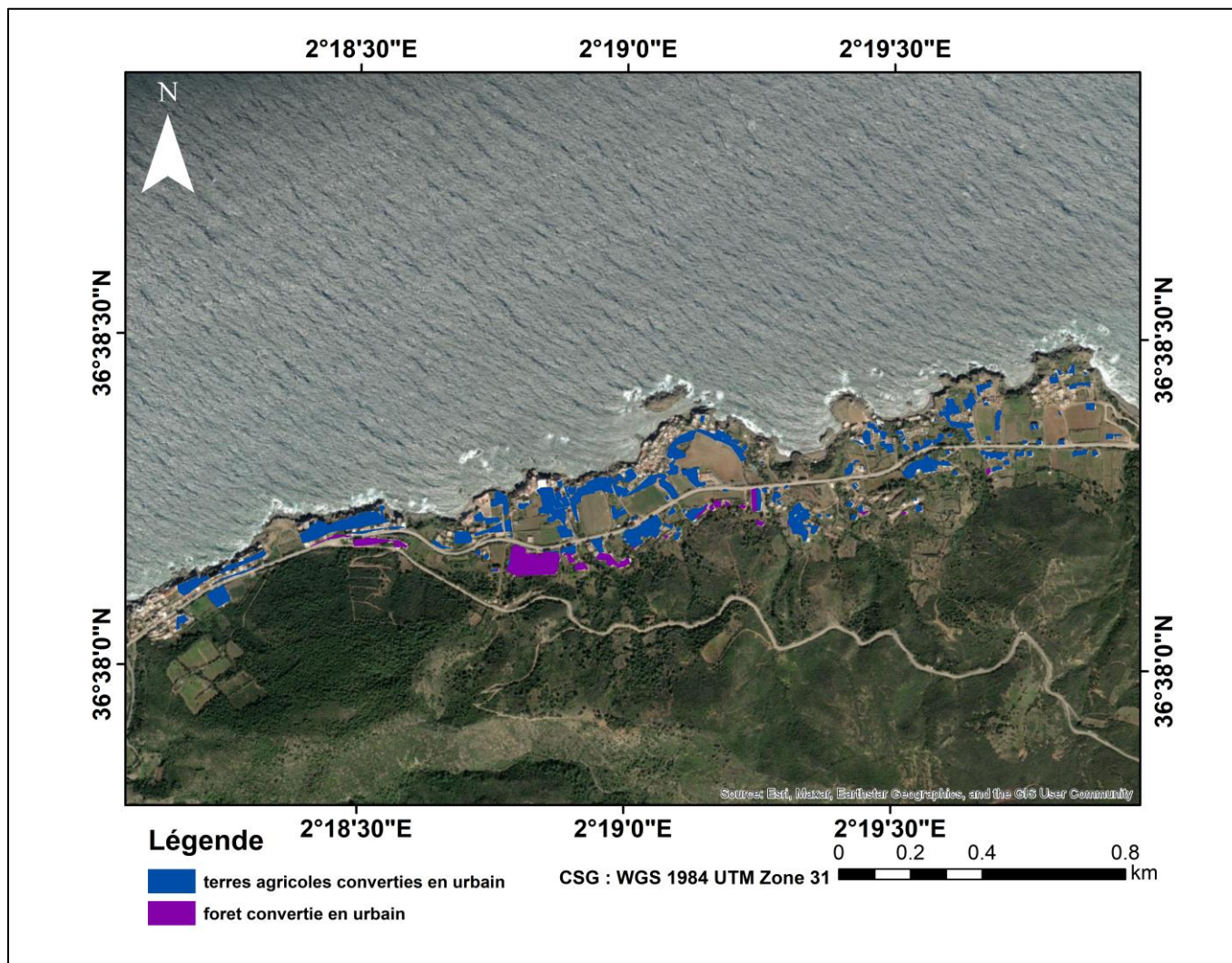


Figure 85 Carte de projection de l'Aléa de l'urbanisation sur la région d'El Beldj

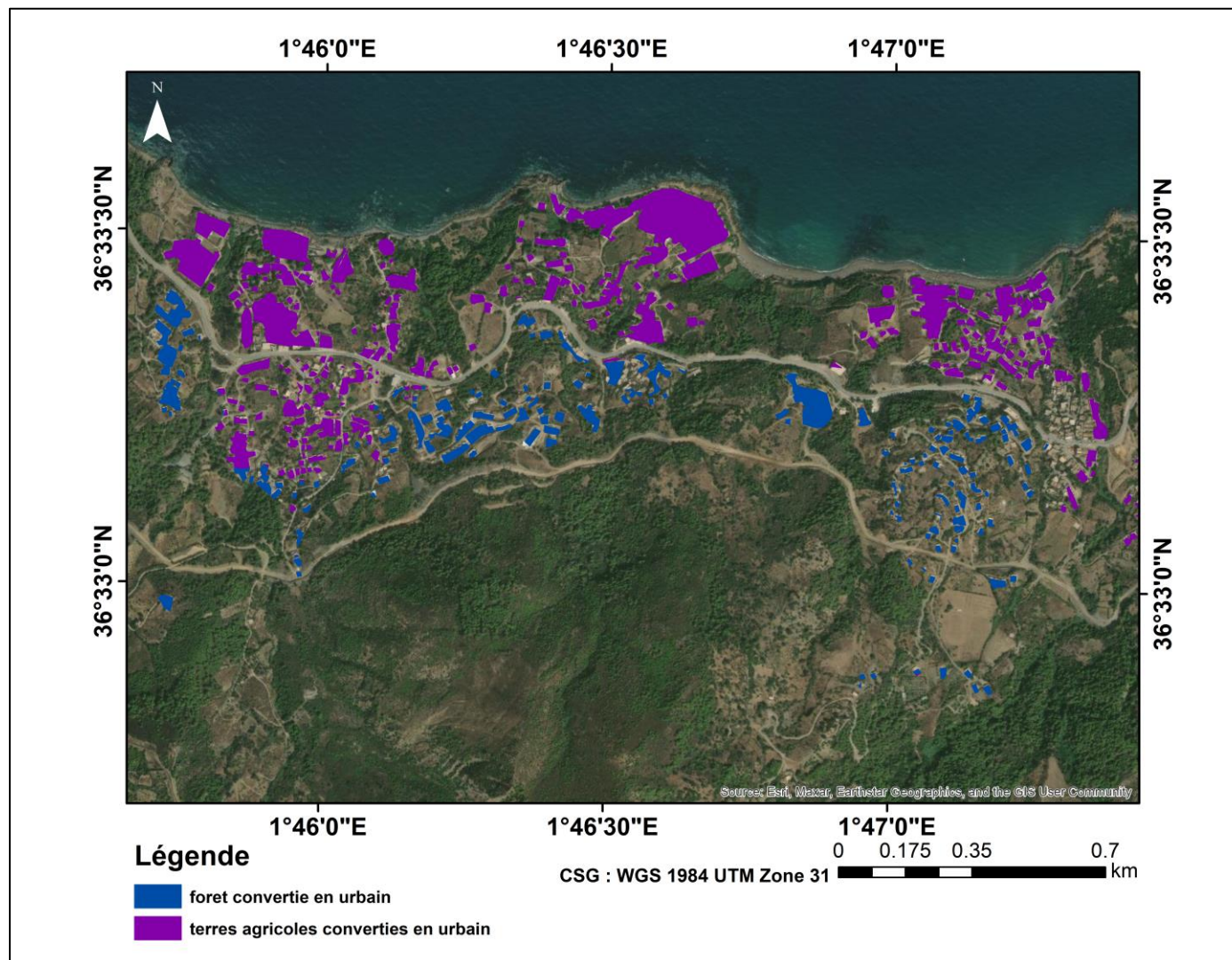


Figure 86 Carte de projection de l'Aléa de l'urbanisation sur la région d'Ikhelifaine

Tableau 10 les superficies perdues par conversion en urbain pendant une période de 20ans

La zone à étudier	La superficie perdue (ha)
Les terres agricoles d'Ikhlifaine	18,35
Les terres agricoles d'El Beldj	7,83
La forêt d'Ikhlifaine	07,04
La forêt d'El Beldj	1,49

4.2.2 Les pertes liées à la submersion marine

Comme obtenu dans le Tableau 9, les résultats sont cartographiés en superposant l'aléa de submersion sur les différentes régions d'études.

Pour une meilleure visualisation des pertes pendant une période vingtennale et cinquantennale, le tableau et les figures ci-dessous montrent les résultats à valoriser économiquement.

Tableau 11 Les pertes par la submersion marine à différentes périodes de retour.

Période de retour	Terres agricoles	Ouvrage de protection	Plages	Station de dessalement	Port
Vingtennale	190.48	3.81	32.95	Station de pompage	Toutes les infrastructures
Cinquantennale	237.96	3.81	32.95	Station de pompage + Désalinisateur	Toutes les infrastructures

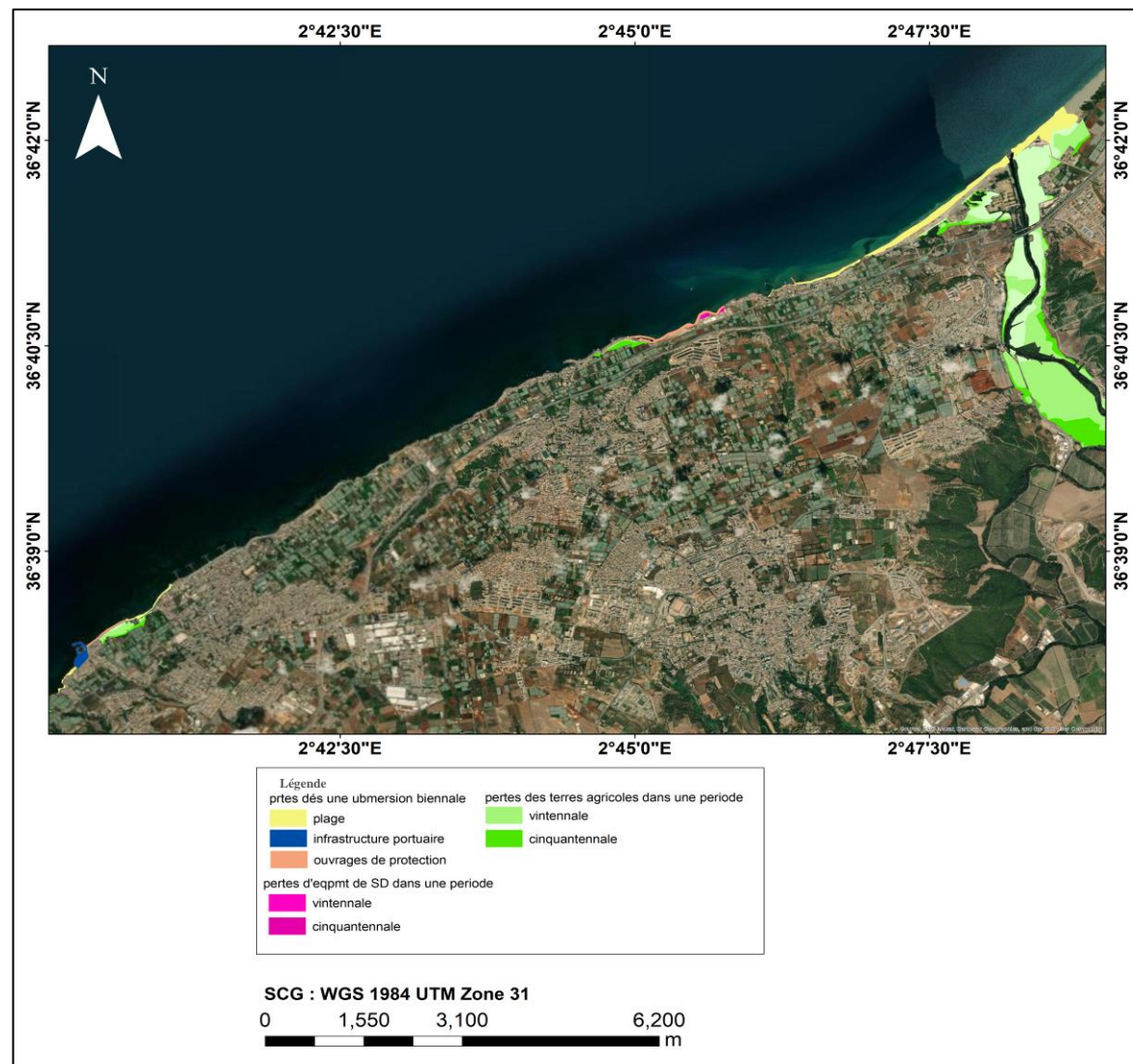


Figure 87 Les pertes par la submersion marine à deux périodes de retour sur toute la zone étudiée

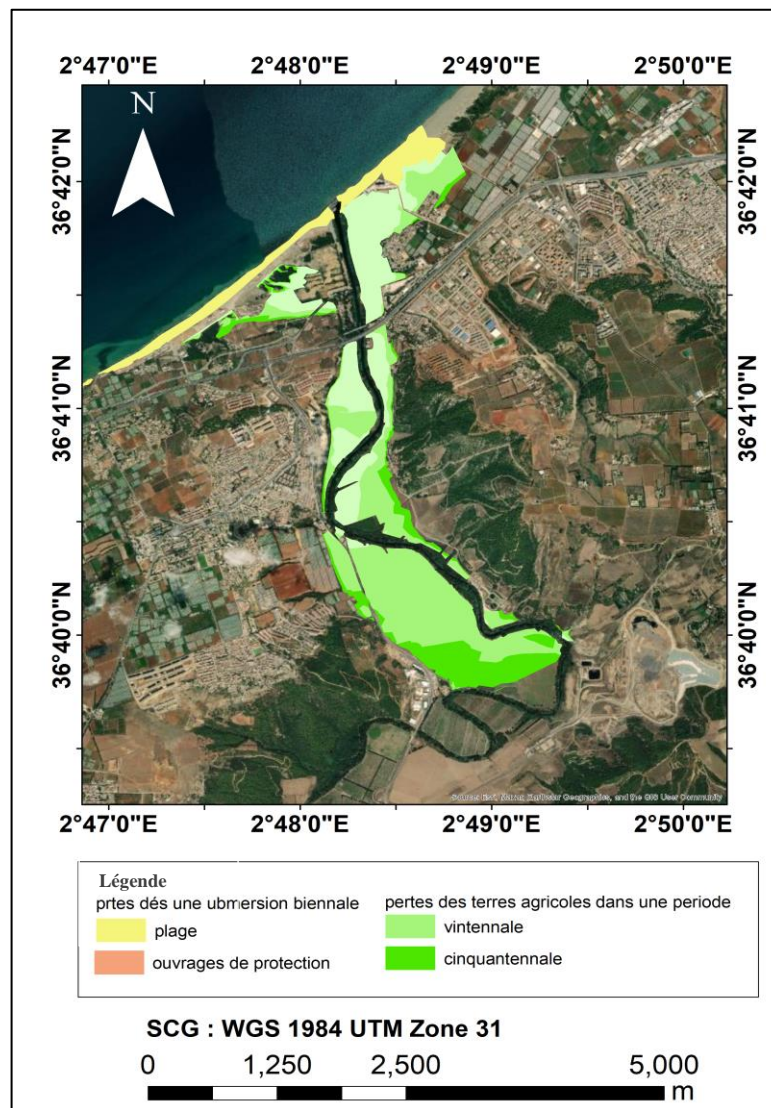


Figure 88 Les pertes par la submersion marine à deux périodes de retour sur les terres agricoles de Douaouda

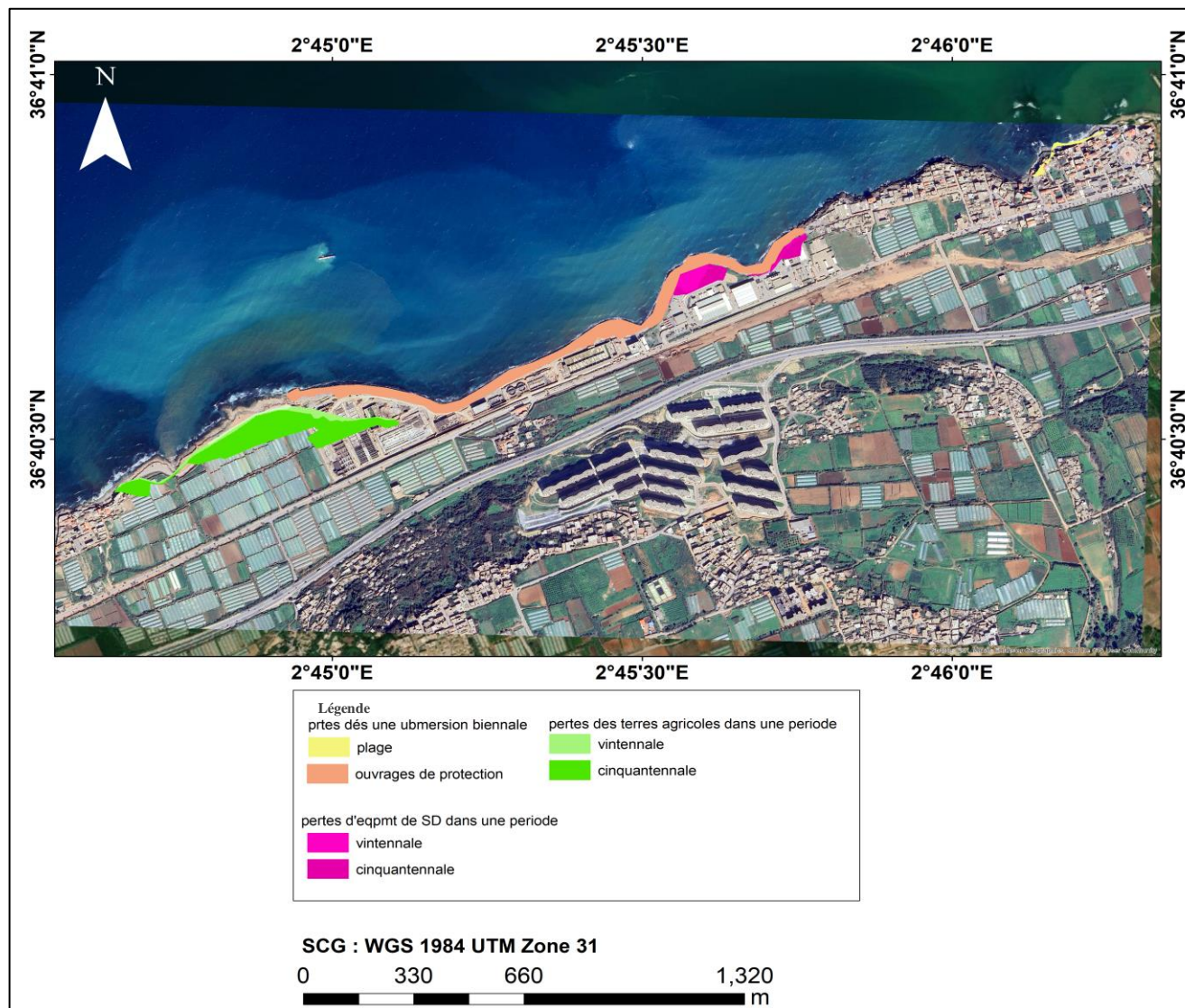


Figure 89 Les pertes par la submersion marine à deux périodes de retour sur la station de dessalement de Fouka Marine



Figure 90 Les pertes par la submersion marine à deux périodes de retour sur le port de Khemisti

4.3 Valorisation technico-économique

Dans cette étape chaque élément sera valorisé selon des critères spécifiques.

4.3.1 Les terres agricoles

Selon Otmani et al, (2022), pour la valorisation des terres agricoles, il peut être basé sur deux approches de valorisation. La première vise à estimer de manière immuable (ou figée) la valeur des espaces terrestres actuellement disparus. La seconde, dynamique, fait office d'une possibilité d'évolution du coût avec le temps, et porte plutôt sur la valeur de la production annuelle des terres disparues.

Pour cette étude une seule approche sera prise, c'est la première ; selon une investigation sur terrain, il a été estimé qu'un mètre carré de terres agricoles à Douaouda et ses environs coûte 125000 DA, à Tipaza (El Beldj) 150000 DA et à Lerhat (Ikhlifaine) est à 80000 DA.

Tableau 12 Montant Dinars algériens (Da) des terres agricoles converties en urbain pour une considération urbanistique.

Zone d'étude	El Beldj	Ikhlifaine
Coût unitaire (DA/m ²)	150 000	80 000
Superficie en m ²	78300	183500
Coût total (DA)	11 745 000 000	14 680 000 000
TOTAL (DA)	26 425 000 000	

Il ressort que pour les terres agricoles perdues par conversion en urbain une perte de 26425000000 DA.

Tableau 13 Montant Dinars algériens (Da) des pertes de terres agricoles par submersion vingtennale en urbain pour une considération urbanistique.

Coût unitaire (DA/m ²)	125 000
Superficie en m ²	1904800
Coût total (DA)	238 100 000 000

Tableau 14 Montant Dinars algériens (Da) des pertes de terres agricoles par submersion Cinquantennale en urbain pour une considération urbanistique.

Coût unitaire (DA/m²)	125 000
Superficie en m²	2739600
Coût total (DA)	342 450 000 000

4.3.2 Les forêts

Selon le site internet <https://www.le-prix-des-terres.fr/>, les Safer (société anonyme, sans but lucratif, avec des missions d'intérêt général sous tutelle des ministères de l'agriculture de finance ne France) ont estimé un coût de 4750€ pour 1 ha de forêt, ce qui est équivalent de 689993,44DA.

Tableau 15 Montant Dinars algériens (Da) des pertes de foret convertie en urbain

Superficie perdue ha	8,53
Coût unitaire (DA/ha)	689993,44
Coût total DA	5885644,04

4.3.3 Les plages

L'approche utilisée pour valoriser économiquement les plages est de donner la valeur du foncier sableux, selon la plateforme web CYPE Ingenieros, (2021), le coût d'un mètre cube de sable est estimé à 1187,14 DA.

Tableau 16 Valorisation économique de la quantité du sable perdue par la submersion

Volume perdu m³	329500
Coût total (DA)	3911626,3

4.3.4 Station de dessalement de Fouka Marine

Comme obtenu dans la partie 4.2.2 les pertes seront valoriser par équipement perdu, les coûts sont extraits de la plateforme

Tableau 17 Montant Dinars algériens (Da) des pertes économiques d'équipements de la station de dessalement dû à une submersion vingtennale

Equipements	Coût (DA)
Station de pompage	252086,77
Coût total (DA)	252086,77

Tableau 18 Montant en DA des pertes économiques d'équipements de la station de dessalement dû à une submersion cinquanteennale

Equipements	Coût (DA)
Station de pompage	252086,77
Déssalinisateur	5268576
Coût total	5520662,77

4.3.5 Port de Khemisti

Pour donner une valeur économique, a cette perte, il est choisi de considérer que sa capacité d'accueil de sa flottille de pêche, selon SGPP SPA, (2019), le port de Khemisti a la capacité d'accueillir 38 sardiniers et 57 petits-métiers.

Tableau 19 Montant en DA des pertes économiques d'embarcations du port de Khemisti dû à la submersion

Embarcations	Nombre	Coût unitaire (DA)	Coût total (DA)
Sardiniers	38	1300000	49400000
Petits-métiers	57	1100000	62700000
Total	95	--	112100000

4.3.6 Ouvrage de protection

Afin de pouvoir estimer le cout de la totalité des ouvrages de protection atteints dans la submersion (il est à rappeler que pour une submersion vingtennale ou cinquanteennale c'est la

même superficie d'ouvrage qui va être touchée), il été basé sur des prix unitaires récents pratiques par des entreprises des réalisations nationales. Le prix estimé est de 1060761450 DA.

4.3.7 Les ruines de Tipaza

Il est nécessaire de déclarer l'inaptitude du calcul de la superficie des ruines perdues par l'anthropisation ou par submersion en raison de la non disponibilité de la donnée, ce qui a empêché d'avoir une réponse à cette requête.

Afin de résumer et de faciliter la compréhension des différentes approches le schéma suivant a été réalisé.

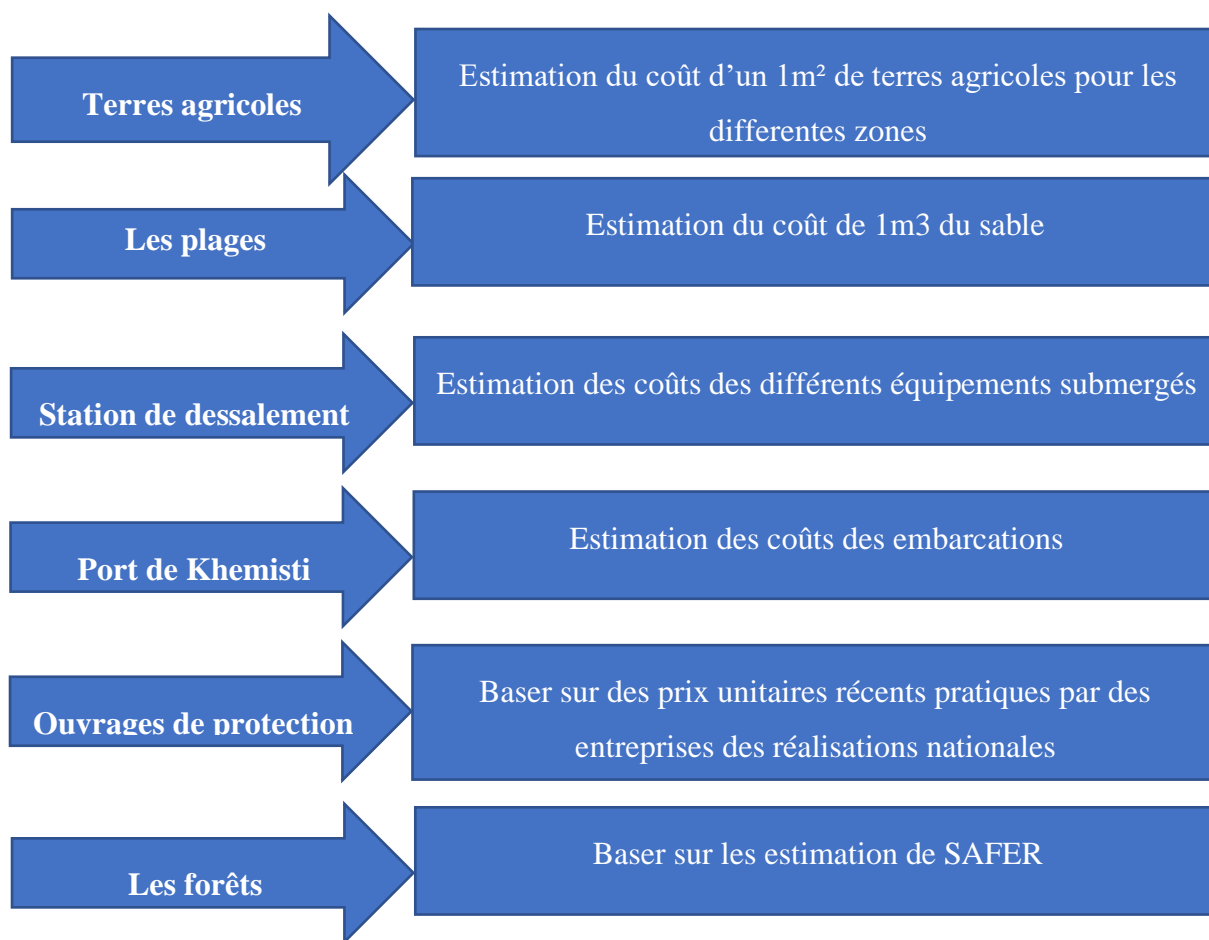


Figure 91 Résumé des approches de valorisation

4.4 Discussion

En premier lieu, il est important de dire que tous les résultats obtenus en 4.3 ne représentent que des estimations, plusieurs approches peuvent être prises en compte lors de la valorisation technico-économique, de différents aspects peuvent être utiles, mais ils ne sont pas

comptabilisés en raison de la non disponibilité de la donnée. Cela mène à dire que la valorisation des sites stratégiques est très complexe et est multidimensionnelle.

Il est à remarquer que les pertes économiques engendrées par l'aléa de la submersion entre les deux périodes de retour prises en compte, les pertes sont d'environ de **343 632 000 000 DA** pour une période de retour de 50ans et sont estimées à environ de **238 216 000 000 DA** pour une période de retour de 20ans, tandis qu'elles dépassent les **26 430 885 644 DA** dans le cas de conversion des terres agricoles et forêts en urbain, ce sont des pertes énormes, sont considérées comme étant des pertes catastrophiques pour l'économie du pays, sachant que selon l'UNO, (2020), ces pertes peuvent représenter 14% du PIB du pays. Donc il existe une liaison directe entre les géorisques et l'économie du pays, ce qui implique que les conséquences de ces aléas ne se résument pas seulement en destruction environnementale mais en problèmes socio-économiques aussi.

Il est très important de mettre l'accent sur l'irréversibilité de certaines des pertes malgré la suffisance économique. Cela rend à dire que d'un côté il ne faut pas négliger les conséquences du réchauffement climatiques, et d'un autre côté il faut prendre au sérieux les lois réglementaires et respecter le milieu environnemental en premier degré.

4.5 Conclusion

Il est à souligner que les approches utilisées pour la détection de la valeur économique des pertes manquent de plus de perspective, il été voulu avoir un modèle économique permettant de prendre en considération les différents volets de chaque site stratégique.

Les résultats obtenus, ne représentent que des estimations minimales des pertes, pour la submersion ce ne sont que des prédictions pour deux différents scénarios, tandis que pour les terres converties en urbain, ce sont des estimations de ce qui a été perdu.

A dire qu'au début, l'intention était d'estimer aussi les pertes en ruines économiquement, mais à cause de la non disponibilité de la donnée, cette partie n'est pas réalisée, néanmoins, il est formel de dire que le patrimoine archéologique, culturel et historique est beaucoup plus important que d'être estimé par de l'argent, sa valeur est considérée comme exceptionnelle et universelle, qui nécessite une protection et une conservation appropriées. il est aussi important de mettre l'accent sur Des mesures de préservation sont édictées pour protéger ces sites contre les menaces de dégâts, de pillage et de vol, ainsi que contre les nouvelles constructions à proximité (**Merrad, (2024)**)

Conclusion

Conclusion

L'objectif principale de cette étude est d'estimer les pertes économiques engendrées par les géorisques et l'urbanisation sur les milieux côtiers déjà exploités, il en résulte que l'anthropisation a affecté d'une manière anarchique les espaces verts étudiés, une perte de 26,18 ha de terres agricoles et 8,53 ha des forêts dans une période de 20 ans a été estimée, le trait de côte de la plupart des zones étudiées est en recul évolutif et la submersion marine réagit d'une manière différente d'une zone à une autre et d'une période de retour à une autre mais cela ne l'empêche pas d'engendrer des dégâts catastrophiques à dire que pour une période de retour des 50 ans elle peut engendrer une perte de plus de 300 ha des terres entre les 3 sites étudiés. Les pertes économiques sont très lourdes dans les deux cas, il est estimé une perte de plus de 38472 milliard de Centimes pour une submersion cinquantennale et pour la conversion en urbain des terres la perte est estimée à plus de 3665 Millard de Centimes.

Il est à noter que les objectifs sont atteints à un pourcentage de 80%. Il était voulu d'une part entamer une étude de la valorisation du patrimoine, mais en raison de la non disponibilité de la donnée elle n'était pas menée. D'une autre part faire une étude de la submersion marine sur les 6 sites étudiés mais en revenant à la même cause ça n'a pas été effectué, la difficulté est résumée dans l'originalité du thème qui a mis en cause la non disponibilité des données essentielles pour élaborer tous les points du travail.

Bibliographie

Bibliographie

Abdelhadi, A. (2012). Vulnérabilité à l'Envasement des Barrages (cas du bassin Hydrographique des Côtiers Algérois). Biskra. Université Mohamed Khider.

BOUDERBALA, A. (2014). GEOELECTRICAL INVESTIGATION OF SEAWATER INTRUSION IN THE COASTAL AQUIFER OF NADOR (TIPAZA, ALGERIA) . Colloque International sur la Géologie du Sahara, p. 5.

Abdelkader, H. (2016). Etude de l'intrusion marine dans les aquifères côtiers. Cas de l'aquifère côtier de l'Oued Nador. Tipaza: Ecole Nationale Supérieure Agronomique .

AHS. (2008). SYSTÈME D'OBSERVATION DES RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINE (SORES). Alger: Agence de Bassin Hydrographique Algérois – Hodna – Soummam.

ALIOUA, W. (2023). Etude de protection de la frange littorale de projet de la nouvelle station de dessalement de Fouka marine : Wilaya de Tipaza. Dely Brahim: ENSSMAL.

ANIREF. (2021). MONOGRAPHIE WILAYA DE TIPAZA. Tipaza: Agence Nationale d'Intermédiation et de Régulation Foncière.

Bellabad, F., (2020), Etude de l'évolution surfacique et volumétrique du cordon dunaire d'El Kadous (commune de Heraoua) ,Mémoire d'ingénieur, Gestion et Protection de littoral ,Dely ibrahim : ENSSMAL URL <https://virtuallibrary,enssmal,edu,dz>,

Bérénice, B. (2023). Conversions ordinaires des usages des sols liées à l'urbanisation dans les Suds. France: Comité technique « Foncier & développement ».

Berkani, M. Merzougui, S, W. (2021). Etude et valorisation des terres perdues par la submersion marine dans la région Ouest d'Alger. ADely brahim: ENSSMAL.

Brahmi, D, B. (1999). TIC et GRH: Quels changements de stratégie pour l'entreprise? Oran: Université d'Oran.

CIFOR. (2002, 06 03). Evaluation économique des forêts: de la science-fiction à l'argent sur la table? [en ligne]. [Consulté le 25/05/2022]. Disponible sur le web: [forestsnews: https://forestsnews.cifor.org/998/evaluation-economique-des-forets-de-la-science-fiction-a-largent-sur-la-table?fnl=en](https://forestsnews.cifor.org/998/evaluation-economique-des-forets-de-la-science-fiction-a-largent-sur-la-table?fnl=en)

CIRIA, CUR, & CETMEF. (2009). Guide Enrochement - L'utilisation des enrochements dans les ouvrages hydrauliques - version française du rock manuel. Compiègne: CETMEF. P.P. 495-793,P.P. 8-44

Côte, M., (1994), L'urbanisation en Algérie : idées reçues et réalités, Travaux de l'Institut de Géographie de Reims 85, p,p, 59–72, <https://doi.org/10,3406/tigr>,

DHI., (2014). MIKE 21/3 Couple Model FM.

DHI., (2014). MIKE 21 Spectral Wave Module.

DHI., (2014). MIKE ZERO: Creating 2D Bathymetries. Bathymetry Editor & Mesh Generator.

Eiffel, L. (2017, 01). ISN – Informatique et Sciences du Numérique. [en ligne]. [Consulté le 12/03/2024]. Disponible sur le web: [lewebpedagogique.com: https://lewebpedagogique.com/isneiffel/files/2017/01/1-Python-Pr%C3%A9sentation-1.pdf](https://lewebpedagogique.com/isneiffel/files/2017/01/1-Python-Pr%C3%A9sentation-1.pdf)

Bibliographie

Élodie, B. (2010, 03). Estimer la valeur économique de la biodiversité en forêt, difficultés et méthodes. [en ligne]. [Consulté le 22/05/2024] Disponible sur le web: cairn.info: <https://www.cairn.info/revue-sciences-eaux-et-territoires-2010-3-page-16.htm>

Farida1, L. (2019). LA GESTION INTEGREE DES ZONES COTIERES, QUELLE PERSPECTIVE POUR LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT ? Oran: Revue Algérienne d'Economie de gestion.

BENBITAT, F. (2012). UNE URBANISATION LINÉAIRE, DYNAMIQUE DEMOGRAPHIQUE ET MUTATIONS SPATIALES DANS LA PERIPHERIE LITTORALE ALGEROISE : CAS DE LA COMMUNE DE HEURAOUA. Les cahiers du CREAD , p. 18.

FRASER, B. (2015, 02 12). Valeur économique des forêts : n'oubliez-pas la biodiversité dans le calcul ! [en ligne]. [Consulté le 22/05/2024]. Disponible sur le web: forestsnews: <https://forestsnews.cifor.org/26806/la-biodiversite-est-souvent-exclue-du-calcul-de-la-valeur-economique-des-forets?fnl=en%25>

Freshwater, D. (2009). La conversion des terres agricoles Dimension spatiale des politiques agricoles et d'aménagement du territoire. [en ligne]. [Consulté le 25/04/2024]. Disponible sur le web: n931.be: <https://n931.be/images/Pdf/Documents/44112060.pdf>

Gaborit, B. (2021, 01 06). Francis Hallé veut recréer la forêt de nos ancêtres. [en ligne]. [Consulté le 03/06/2024]. Disponible sur le web: radioclassique: <https://www.radioclassique.fr/environnement/francis-halle-veut-recreeer-la-foret-de-nos-ancetres/>

Générateur de Prix. (s.d.). [en ligne]. [Consulté le 27/05/2024]. Disponible sur le web: CYPE Ingenieros: http://www.algerie.prix-construction.info/renovation/calculaprecio.asp?Valor=0%7C0%7C2%7CAAP020%7Cuab_020:_99_299_1_0_0_1c18_0

Gornitz. V. (1991). Palaeogeography, Palaeoclimatoloikkology, Palaeoecology (Global and Planetary Change Section), 89 (1991) 379-398. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam

Groupe Intergouvernemental, D., (2023). 'Experts Sur L'Évolution Du Climat (2023). Bilan.

Hoozemans, F.M.J et al., (1993). Sea level rise: A global vulnerability assessment vulnerability assessments for population, coastal wetlands and rice production on a global scale. H1588.

Kassel, R. (2021, 02 22). Matplotlib : Tout savoir sur la bibliothèque Python de Dataviz. [en ligne]. [Consulté le 12/04/2024]. Disponible sur le web: datascientest: <https://datascientest.com/matplotlib-tout-savoir>

Kassel, R. (2021, 04 20). NumPy : la bibliothèque Python la plus utilisée en Data Science. [en ligne]. [Consulté le 25/01/2023]. Disponible sur le web: datascientest: <https://datascientest.com/numpy>

Khettab, S. (2020). LE SENS DU LIEU DANS LA GESTION DU PAYSAGE URBAIN : CAS DE TIPAZA. Tipaza: HAL open science.

KHODJA, K. (2012). PROBLÈMES ENVIRONNEMENTAUX ENALGÉRIE : DIMENSION ET GRAVITÉ. مجلة العلوم الإنسانية و الإجتماعية, 16.

Bibliographie

KOOR.fr, T. d. (2014). Présentation de l'IDE Spyder. [en ligne]. [Consulté le 12/04/2024]. Disponible sur le web: KOOR.fr: https://koor.fr/Python/Tutorial/python_ide_spyder.wp#google_vignette

LA GESTION DURABLE DE LA FORÊT. (s.d.). [En ligne]. [Consulté le 01/06/2023]. Disponible sur le web: GARDIEN DE L'EQUILIBRE FORESTIER: <https://www.pefc-france.org/la-gestion-durable-de-la-foret/>

LAKAHAL, F., & SALEM, A. (2009). PROBLEMATIQUE DE L'ENVIRONNEMENT MARIN : CAS DU LITTORAL OUEST ALGERIEN. Oran: Université d'Oran 2.

Loi n° 98-04, (1998). Relative à la protection du patrimoine culturel

Loi n° 02-02, (2002). Relative à la protection et à la valorisation du littoral.

Loi n° 23-21, (2023). Relative aux forêts et aux richesses forestières.

MADR (2017). Rapport de production agricole. <http://www.ons.dz/IMG/pdf/ProdAgrico2016-2017.pdf>

MATE, g. P. (2014). LA MISE EN OEUVRE DE LA CONVENTION SUR LA DIVERSITE BIOLOGIQUE AU NIVEAU NATIONAL. Algérie: MINISTERE DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE ET DE L'ENVIRONNEMENT.

MEGHFOUR, K. (2008). DES RECOMMANDATIONS POUR L'INTEGRATION DES SPECIFICITES DU LITTORAL DANS LES INSTRUMENTS D'URBANISME EN ALGERIE. Sciences & Technologie D, 12.

Méral, P. (2006, 11). La valorisation économique des forêts : entre filière et territoire. [en ligne]. [Consulté le 01/06/2024]. Disponible sur le web: ResearchGATE: https://www.researchgate.net/publication/38452050_La_valorisation_economique_des_forets_entre_filiere_et_territoire

Meyer, P et al. (1988). Coastal erosion: response and management. Vol 70. Berlin.

Mezouar, K. (2020). Rapport sur l'évaluation de la situation initiale de l'indicateur commun 15 d'IMAP "Localisation et étendue des habitats potentiellement affectés par les altérations hydrographiques" pour les zones côtières. Alger: Ministère de l'environnement.

NIANG, A. J., & ASCOURA, I. (2020). L'urbanisation des zones côtières: utilisation des sols, implications morphologiques et environnementales. Le cas de la ville de Jeddah. Jeddah: University, Cairo, Egypt.

ONS (2023). Statistiques de l'Office National des Statistiques, Tipaza. <http://www.ons.dz/-Habitat-.htm>

OTMANI, H. et al, (2019). DÉGRADATION DES DUNES CÔTIÈRES ALGÉROISES ENTRE PRESSION DE L'URBANISATION ET CONSÉQUENCES SUR L'ÉVOLUTION DE LA LIGNE DE RIVAGE. Geo-Eco-Marina , 15.

Otmani, H. et al, (2022). Valorisation économique des terres agricoles perdues par l'érosion, cas des falaises marines de la région de Ain Taya (Alger). Geo-Eco-Marina, 12.

OUADHA, A. (2019). ALGERIAN FISHING PORTS: ANALYSIS AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT. Oran: Universidad de Cadiz.

PAM. (2015). STRATÉGIE NATIONALE DE GESTION INTÉGRÉE DES ZONES CÔTIÈRES. Algérie: Ministère des ressources eu eau er de l'environnement.

Bibliographie

PAM. (2023). STRATÉGIE MÉDITERRANÉENNE POUR LE DÉVELOPPEMENT DURABLE. Alger: PNUE.

Paskoff, R., (2010). Les littoraux: impact des aménagements sur leur évolution. Armand Colin.

Paskoff, R., Troussel, P., (1992). L'ancienne baie d'Utique : du témoignage des textes à celui des images satellitaires. Mappemonde 1.P.P. 30–34.

PASKOFF, Roland. (1998). Conséquences possibles sur les milieux littoraux de l'élévation du niveau de la mer prévue pour les prochaines décennies. Annales de Géographie, JSTOR.P.P. 233– 248.

PLANTON, P., (2012). Changement climatique et niveau de la mer : de la planète aux côtes méditerranéenne (Rapport d'activité.). Paris.

PNUE/PAM. (2006). PROGRAMME D'AMENAGEMENT COTIER (PAC) DE LA «ZONE COTIERE ALGEROISE» . Alger: Programme des Nations Unies pour l'environnement .

Puertos del Estado. [en ligne]. [Consulté le 09/02/2024]. Disponible sur le web: puertos.es: <https://www.puertos.es/en-us/oceanografia/Pages/portus.aspx>

RAAB, M. (2019). Marketing de l'offre touristique Cas d'une agence de voyage. FACULTE DES SCIENCES ECONOMIQUES, COMMERCIALES ET DES SCIENCES DE GESTION .

Rabah, H. (2022). L'Analyse Diachronique de l'évolution Spatiotemporelle de la ville D'Alger -Application des Images satellitaires Landsat 5 et 8. Biskra: Université Mohamed Khider de Biskra.

Ramsar. (2011). Gestion des zones côtières. Alger: Ramsar.

Rey Valette, B. (2016, Apr 27). Enjeux, valeurs des plages et adaptation des territoires littoraux à la submersion marine. [en ligne]. [Consulté le 01/06/2024]. Disponible sur le web: HAL open science: <https://hal.science/hal-01307998>

Risques de submersion marine. (2023, 10 06). [en ligne]. [Consulté le 14/05/2024]. Disponible sur le web: [normandie.developpement-durable.gouv.fr/risques-de-submersion-marine-a4518.html?lang=fr](https://www.normandie.developpement-durable.gouv.fr/risques-de-submersion-marine-a4518.html?lang=fr)

Robert, J. (2022, 01 10). Pandas : la bibliothèque Python dédiée à la Data Science. [en ligne]. [Consulté le 12/03/2024] Disponible sur le web: [datascientest: https://datascientest.com/pandas-python-data-science](https://datascientest.com/pandas-python-data-science)

Robert, J. (2023, 09 05). Spyder : tout savoir sur l'IDE Python pour la Data Science. [en ligne]. [Consulté le 12/03/2024]. Disponible sur le web: [spyder: https://datascientest.com/spyder-tout-savoir](https://datascientest.com/spyder-tout-savoir)

Sarah, M. (2018). Etude sismologique dans la région du chenoua. Alger: USTHB.

Skaricic, Z. (2006). Programme d'Aménagement Côtier (PAC) "Zone côtière algéroise". Alger:Centre d'Activités Régionales.

Stuart, C. (2001). An Introduction to Statistical Modeling of Extreme Values. London: Springer Series in Statistics, P.P. 45-58

Stander, C. (2015). Analysis of Extreme Events in the Coastal Engineering Environment. Mémoire d'ingénieur. Applied Mathematics. Stellenbosch : University de Stellenbosch. P. 27

Bibliographie

Smart GISChat GPS Tracking Convert GIS Shape to Interactive Open Source HTML JS KML Web GIS GPS App. (2023). [en ligne]. [Consulté le 25/01/2023]. Disponible sur le web: freesmartgis: <https://freesmartgis.blogspot.com/>

TAD, (2016). Rapport 1 Délimitation de la zone d'étude (Tipaza).

TAD, (2016). Rapport 2 Bilan diagnostique (Tipaza).

TAD, (2016). Rapport 3 Identification des zones côtières sensibles (Tipaza).

Tioguin, I., Delcaillau, D. (2018). Modélisation d'extrêmes de séries temporelles une étude empirique. Bretagne: Université de Bretagne, P.P. 14-19

Thompson, P., Reve, D. et al. (2009). Automated threshold selection methods for extreme wave analysis. Coastal Engineering. doi: 10.1016/j.coastaleng.2009.06.003. Disponible sur le web : <https://www.researchgate.net/publication/223739782>

TOUAT, N. (2016). DIFFUSION D'URBANISATION ET TENDANCE A LA CONURBATION CAS DE TIPASA ; ALGERIE. Sciences & Technologie, 10.

Tadrist, N. (2016). Impact de l'érosion sur l'envasement des barrages, la recharge des nappes phréatiques côtières et les intrusions marines dans la zone semi-aride méditerranéenne : cas du barrage de Boukourdane (Algérie). [en ligne]. [Consulté le 12/05/2024]. Disponible sur le web: LIEGE UNIVERSITE: <https://popups.uliege.be/1780-4507/index.php/base/issue/index.php?id=13281>

ulco, c. L. (2005). Présentation des différents techniques: avantage, inconvénients et couts. France: Fondation de France.

Xavier, A. (s.d.). Modèles et simulations spatio-temporels comme « objets intermédiaires » : le cas de l'étalement urbain à la Réunion. [en ligne]. [Consulté le 11/02/2024]. Disponible sur le web: books.openedition: <https://books.openedition.org/quaef/28445?lang=fr>

Yasmine, R. (2012). Cinématique des déformations récentes dans l'Atlas Tellien central (Algérie du nord) associées aux séismes de fortes magnitudes . Alger: USTHB.

Annexes

Annexes

Annexe 1 : scriptes utilisés dans les évènements extrêmes

Explication du script illustré ci-dessous :

L'environnement utilisé est Google Colab.

Installer la bibliothèque pyextremes : qui est utilisée pour l'analyse des événements extrêmes

Importation des bibliothèques : Cette étape consiste à importer les bibliothèques nécessaires pour le script.

- Pandas et numpy sont utilisés pour la manipulation et l'analyse des données.
- Google.colab est utilisé pour monter le lecteur Google Drive dans Google Colab.
- Pyextremes est utilisé pour l'analyse des événements extrêmes.
- Matplotlib.pyplot est utilisé pour la visualisation des données

Monter le lecteur Google Drive : Cette étape permet de monter le lecteur Google Drive dans Google Colab pour accéder aux fichiers locaux.

Charger les données : Cette étape consiste à charger les données à partir d'un fichier CSV dans un objet pandas.Series. Les données sont indexées par la date et sont ajustées pour tenir compte de la variation de la valeur de référence au fil du temps.

Visualiser les données : Cette étape consiste à visualiser les données en utilisant la fonction plot_mean_residual_life de la bibliothèque pyextremes.

Détecter les événements extrêmes : Cette étape consiste à détecter les événements extrêmes dans les données en utilisant la fonction get_extremes de la bibliothèque pyextremes. Les événements extrêmes sont détectés en utilisant la méthode POT (Peaks Over Threshold) et un seuil de 3.5.

Visualiser les événements extrêmes : Cette étape consiste à visualiser les événements extrêmes en utilisant la fonction plot_extremes de la bibliothèque pyextremes.

Créer un modèle EVA : Cette étape consiste à créer un modèle EVA (Extreme Value Analysis) en utilisant la fonction EVA de la bibliothèque pyextremes.

Estimer les paramètres du modèle : Cette étape consiste à estimer les paramètres du modèle EVA en utilisant la fonction fit_model de la bibliothèque pyextremes.

Résumer les résultats : Cette étape consiste à résumer les résultats de l'analyse en utilisant la fonction `get_summary` de la bibliothèque `pyextremes`. Les résultats sont résumés pour une gamme de périodes de retour et un niveau de confiance donné.

```

pip install pyextremes
import pandas as pd
import numpy as np
from google.colab import drive
from pyextremes import get_extremes
from pyextremes.plotting import plot_extremes
from pyextremes import plot_mean_residual_life
import matplotlib.pyplot as plt
drive.mount('/content/drive')
data = pd.read_csv("/content/drive/MyDrive/Evenements_extremes/omnidirection.csv", index_col=0, parse_dates=True, squeeze())
data = data.loc[pd.to_datetime("1/1/1992"):pd.to_datetime("12/31/2021")]
data = data - (data.index.array - pd.to_datetime("1992")) / pd.to_timedelta("365.2425D") * 2.87e-3
plot_mean_residual_life(data)
get_extremes(
    ts=data,
    method="POT",
    extremes_type="high",
    threshold=3.5,
    r="24H",)
extremes = get_extremes(data, "POT", threshold=3.2, r="24H")
plot_extremes(
    ts=data,
    extremes=extremes,
    extremes_method="POT",
    extremes_type="high",
    threshold=3.7,
    r="24H",)
from pyextremes import EVA
model = EVA(data)
model.get_extremes(method="POT", block_size="365.2425D")
model.fit_model()
summary = model.get_summary(
    return_period=[2, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000 ],
    alpha=0.85,
    n_samples=242,)
print(summary)

```

Figure 92 Exemple du script utilisé (pour l'omonidirectionnelle)

Annexe 2 : Modélisation numérique

Le Mesh généré à partir du Mike21 contient 3247 d'éléments triangulaires et 1966 nœuds représentée dans la figure ci-dessous.

Annexes

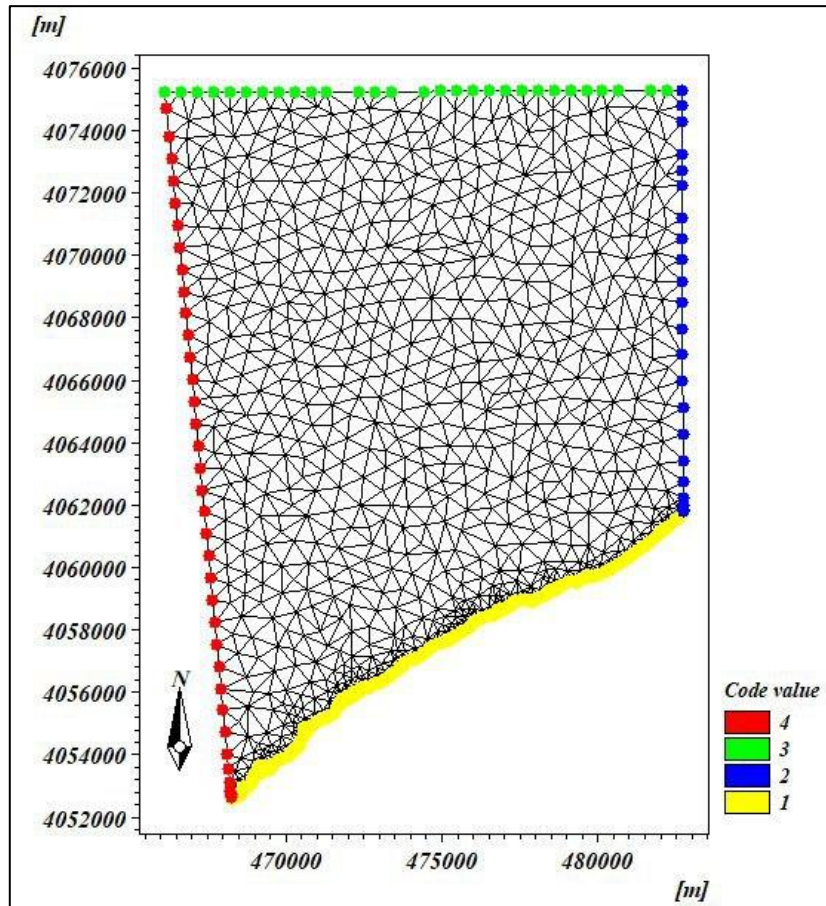


Figure 93 Maillage du Mesh de la zone étudiée.

La donnée d'entrée pour les différentes simulations lancées est résumée sur le tableau ci-dessous.

Tableau 20 Les Input des simulations lancées sur le Mike21

Période de retour	2	10	20	50	100
U10	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68
U10 dir	360	360	360	360	360
Hs	3.42	5.14	6.2	8.07	9.97
tp	7.22	9.34	10.51	12.41	14.18

Annexe 3 : le Business Model Canvas

Premier axe : Présentation du projet

1 L'idée du projet (solution proposée)

Le domaine de la micro-entreprise proposée est le voyage et tourisme, portant le code d'activité 605012.

En faisant un stage pratique au sein du Commissariat National du Littoral à Bejaia, les ingénieurs ont parlé de la non sensibilisation de la population aux problèmes du littoral et de leur ignorance de pouvoir contribuer à sa protection ou sa destruction et dans le but de pouvoir faire face à ce problème, je pense que la solution adéquate est de les informer sur ce côté ignoré et du fait que le meilleur moment de pouvoir atteindre cet objectif est lorsque les gens sont en détente, et dans le bais du décrit exécutif du 1275, une idée de création d'une agence de voyage balnéaire dont le but est la sensibilisation environnementale littorale sur els différent défit qu'ils soient naturels ou anthropique dont le littoral est sujet, m'est venue en tête.

2 Les valeurs proposées

Cette agence de voyage balnéaire propose aux clients les valeurs suivantes :

- Découverte : Offrir des expériences de voyage permettant de découvrir la richesse des écosystèmes côtiers et leur fragilité.
- Authenticité : Promouvoir des séjours immersifs au cœur des communautés côtières pour une expérience authentique.
- Aventure éco-responsable : Proposer des activités d'aventure respectueuses de l'environnement, comme le kayak de mer ou la randonnée côtière.
- Bien-être : Mettre en avant le bienfait du bord de mer pour le bien-être physique et mental.
- Connectivité : Encourager une reconnexion avec la nature et une déconnexion numérique temporaire.
- Apprentissage : Offrir des opportunités d'apprentissage sur les écosystèmes côtiers et les enjeux environnementaux.
- Engagement : Impliquer les clients dans des actions concrètes de protection de l'environnement côtier.
- Héritage : Sensibiliser les clients à la préservation des littoraux pour les générations futures.

Annexes

- Réduction des prix : garantir un meilleur rapport prix / qualité.

3 Equipe de travail

Notre équipe de travail est composée des étudiants suivants :

- Moussaoui Meriem étudiante en 5^{ème} année en Gestion et protection du littoral qui a eu l'idée du projet et à participer à son développement.
- Mers Safaa étudiante en 5^{ème} année en Gestion et protection du littoral, qui a fait l'étude du marcher.
- Ait Hamma Massinissa étudiant en 5^{ème} année en Gestion et protection du littoral qui s'est occupé du plan financier.
- Benmhammed Djilali étudiant en 5^{ème} année en Gestion et protection du littoral a revu le plan de production et d'organisation.

4 Objectif du projet

Notre objectif est de pouvoir protéger le littoral en rassasiant la raison implicite des gens d'acquérir de l'information sur le domaine littoral et marin, afin de pouvoir mettre l'accent sur leurs chances de contribuer à la valorisation des écosystèmes marins et à leur bienveillance. Tout en développant la culture environnementale bleue et verte.

5 Calendrier de réalisation du projet

Le tableau ci-dessous renseigne sur la l'organisation temporelle de la création de notre projet.

Tableau 21 Organisation temporelle de la création du peojt

Les taches réalisées selon les mois	1	2	3	4
Choix du local et la préparation des documents nécessaires pour avoir l'agrément	×	×		
Commande des équipements et l'achat des matériaux nécessaires			×	
Commencement du projet				×

Deuxième axe : Aspect innovant

1 La nature de l'innovation

Dans le cas de cette agence, les aspects innovants dont le modèle d'affaires centré sur la sensibilisation environnementale, les forfaits de voyages éco-responsables, les activités immersives et éducatives, constituent une nouvelle proposition de valeur sur le marché du tourisme balnéaire traditionnel.

Même si certaines technologies innovantes éco-responsables peuvent être utilisées (innovation technologique), l'essentiel de l'innovation réside dans la création d'une nouvelle offre de services touristiques orientée vers la durabilité et la sensibilisation littorale ; ce qui correspond bien à la définition des "innovations du marché".

2 Domaine d'innovation

Le principal domaine d'innovation pour notre projet est le nouveau modèle.

En effet, la proposition semble modifier de manière significative le modèle d'affaires traditionnel des agences de voyages balnéaires en adoptant un nouveau système de création de valeur centré sur :

- La sensibilisation et l'éducation des clients aux enjeux environnementaux côtiers
- La promotion d'un tourisme durable et éco-responsable
- L'offre d'expériences transformatrices alliant découverte, bien-être et engagement écologique

Cela implique une modification profonde du modèle d'affaires, passant d'un modèle classique de vente de séjours balnéaires à une approche holistique incluant des objectifs environnementaux et éducatifs au cœur de la proposition de valeur.

Troisième axe : Analyse stratégique du marché

1 Le segment du marché

Notre marché cible serait les personnes ou institutions déjà sensibilisées et engagées dans la protection de l'environnement littoral en Algérie, des clubs scientifiques des universités locales, des familles (l'âge exigé est plus de 5ans), des individus algériens soucieux de l'état de précarité du littoral, organisme éducatifs privés, des voyageurs en enquête d'authenticité

d'immersion culturelle, de bien-être ou simplement curieux de découvrir un nouveau mode de tourisme durable.

Nous avons choisi un marché cible des eco-conscients car il représente un segment de clientèle naturellement réceptif à notre proposition de valeur centrée sur l'éducation environnementale et les pratiques durables. Cependant, pour assurer la croissance, nous viserons également à conquérir le marché potentiel plus large en éveillant leur intérêt via notre offre innovante.

La raison est double : d'une part fidéliser une base de clientèle déjà alignée sur nos valeurs, et d'autre part séduire de nouveaux publics pour les sensibiliser à l'importance de préserver les littoraux tout en leur faisant découvrir ce nouveau tourisme immersif et transformateur.

2 Mesure de l'intensité de la concurrence

Pour une meilleure visualisation du pourcentage d'apparition de notre micro-entreprise dans le marché, une analyse des concurrents directs et indirects semble indispensable,

2-1 Concurrents directs

Agences de voyage et de tourisme en Algérie : Il existe environ 168 agences de tourisme et de voyage à Alger, selon une étude de l'ASJP. Ces agences offrent des services de voyage et de tourisme, notamment des forfaits touristiques, des réservations d'hôtels, des transports, et des activités de loisirs.

2-2 Concurrents indirects

Gouvernement et institutions publiques : telles que l'Office national du tourisme (ONT), peuvent être des concurrents indirects. Ils peuvent offrir des services et des infrastructures touristiques qui peuvent influencer les choix des touristes et les offres de services de les nôtres.

3 Forces et faiblesses des concurrents

Forces

- Les agences de voyage et de tourisme à Alger ont une longue expérience et une bonne connaissance du marché.
- Le gouvernement et les institutions publiques ont des ressources financières et des infrastructures touristiques importantes.

Faiblesses

- Les agences de voyage et de tourisme à Alger peuvent être limitées par leur taille et leur capacité à répondre aux besoins spécifiques des touristes.
- Le gouvernement et les institutions publiques peuvent être limités par leur capacité à répondre aux besoins spécifiques des touristes et à offrir des services touristiques de qualité.

4 La stratégie marketing

4-1 Relation clientèle

La relation client est au cœur de notre modèle d'affaires. Nous mettons un point d'honneur à accompagner chaque voyageur de manière personnalisée, de la conception de leur séjour jusqu'au retour, en passant par le déroulement du voyage. Notre équipe est à l'écoute des besoins et attentes spécifiques de chaque client afin de leur proposer une expérience sur-mesure, qui allie découverte du littoral et sensibilisation aux enjeux environnementaux. Nous les guidons dans le choix des activités, des hébergements et des transports les plus éco-responsables, en fonction de leurs centres d'intérêt et de leur budget. Pendant le séjour, nous restons joignables pour répondre à toutes leurs questions et gérer d'éventuels imprévus. Au retour, nous prenons soin de recueillir leur avis et leurs suggestions pour améliorer en continu notre offre.

Au-delà de cet accompagnement individualisé, nous souhaitons créer une véritable communauté de voyageurs éco-responsables, soucieux de préserver l'environnement littoral. Nous organiserons régulièrement des événements de sensibilisation, des ateliers participatifs et des actions de terrain pour impliquer nos clients dans la protection du littoral. Cela permettra de tisser des liens entre eux et de les fédérer autour d'une cause commune. Nous mettrons également en place un programme de fidélité pour récompenser les voyageurs les plus engagés et les plus fidèles. Ils pourront ainsi bénéficier de réductions sur leurs prochains séjours, de cadeaux éco-responsables et d'un accès privilégié à des activités exclusives.

En plaçant la relation client au cœur de notre stratégie, nous souhaitons créer une expérience touristique unique, qui dépasse le simple séjour pour devenir un véritable engagement en faveur de l'environnement. Nos clients seront ainsi des acteurs à part entière de notre mission de sensibilisation et de préservation du littoral.

4-2 Canaux de diffusion

Afin de toucher notre cible de voyageurs soucieux de l'environnement, nous avons choisi d'utiliser une combinaison de canaux digitaux et physiques. Tout d'abord, nous allons développer un site web dédié qui met en avant notre mission de sensibilisation et notre offre de séjours éco-responsables. Ce site sera optimisé pour le référencement naturel (SEO) afin d'être facilement trouvé par notre public cible. Nous serons également très actifs sur les réseaux sociaux, notamment Facebook, Instagram et LinkedIn, pour créer du contenu engageant, interagir avec notre communauté et promouvoir nos activités.

En parallèle, nous comptons nouer des partenariats stratégiques avec des agences de voyage, des tour-opérateurs et des médias spécialisés dans le tourisme durable. Cela nous permettra d'accéder à un bassin de clientèle plus large et de bénéficier de leur expertise et de leur visibilité. Nous participerons également à des salons et événements dédiés au tourisme et à l'environnement, tels que le Salon du Tourisme Responsable ou le Salon des Énergies Renouvelables. Ces événements seront l'occasion de rencontrer directement nos clients potentiels, de présenter notre offre et de tisser de nouveaux liens.

Enfin, nous envisageons de développer des collaborations avec des associations de protection de l'environnement et des collectivités locales. Cela nous permettra non seulement de sensibiliser un public plus large, mais aussi de nous impliquer concrètement dans des actions de préservation du littoral. En multipliant les canaux de communication et de distribution, nous souhaitons ainsi toucher efficacement notre cible, tout en renforçant notre image d'acteur engagé et responsable dans le secteur du tourisme.

Quatrième axe : Plan de production et d'organisation

1 Approvisionnement

Pour assurer le bon fonctionnement de notre agence de voyage et de tourisme balnéaire, nous mettons en place une politique d'achat adaptée à nos besoins spécifiques. Nous achetons des matières premières telles que du papier, de l'encre et du matériel de bureau pour la conception de brochures, dépliants et autres supports de communication. Nous utilisons également des matériaux et des fournitures spécifiques pour les activités de préservation du littoral, comme des gants, des sacs poubelles et des pinces. Pour équiper nos locaux, nous achetons les équipements suivants des ordinateurs, des imprimantes et du mobilier de bureau. Nous travaillons avec des fournisseurs, les plus importants ; des fournisseurs de matériel de bureau et de papeterie, des associations de protection de l'environnement pour le prêt de matériel

Annexes

de nettoyage, des entreprises de location de véhicules pour les excursions et activités sur le littoral, et des hébergements éco-responsables pour la réservation des séjours. Nous allons également établir une politique de paiement et des délais de réception pour chaque fournisseur, en fonction de leurs besoins spécifiques. Par exemple, nous payons à 30 jours pour les fournisseurs de matériel de bureau et d'imprimerie, à la commande pour les associations de protection de l'environnement et les entreprises de location de véhicules, et nous recevons les matériaux de bureau et les supports de communication dans les 5 à 10 jours ouvrés, tandis que nous recevons immédiatement le matériel de nettoyage et les hébergements réservés.

2 La main d'œuvre

Notre projet de micro entreprise créera environ 05 postes clés pour assurer son bon fonctionnement. Nous aurons besoin d'un gestionnaire d'agence diplômé en tourisme qui sera partenaire avec nous, avec une expérience solide dans le secteur, qui sera basé dans notre bureau. Pour la vente de nos voyages et activités, nous en serons responsable. De 04 guides touristiques diplômé en protection de l'environnement marin et côtier que nous pouvant prendre place vue que le but est de sensibiliser les gens sur les problèmes du littoral algérien. Nous pourrons également faire appel à des manutentionnaires pour nous aider dans certaines activités de préservation du littoral comme le nettoyage des plages. En réunissant cette équipe expérimentée et motivée, nous serons en mesure de mener à bien notre mission de sensibilisation et de préservation du littoral.

3 Les principaux partenaires

Pour réussir la mise en place de notre projet, nous comptons nous appuyer sur un écosystème d'acteurs variés qui pourront nous apporter leur soutien, leur expertise et leur accompagnement. Tout d'abord, nous travaillerons avec des fournisseurs engagés dans une démarche éco-responsable, comme des entreprises spécialisées dans le matériel de nettoyage et les équipements écologiques pour nos activités de préservation du littoral, des sociétés de transport touristique pour faciliter les déplacements de nos voyageurs, et des hébergements qui respectent des critères environnementaux stricts. Au niveau local, nous nouerons des partenariats avec les collectivités, les associations de protection de l'environnement pour obtenir les autorisations nécessaires, bénéficier d'un soutien logistique et promouvoir nos activités auprès des touristes et des habitants. Nous nous appuierons également sur l'expertise de laboratoires spécialisés dans l'environnement et de centres de recherche en tourisme durable pour mieux évaluer l'impact de nos activités et adopter les meilleures pratiques en matière de

Annexes

tourisme responsable, les clubs de plongé locaux, les écoles privées, les hôtels locaux, les entreprises de transport locales, les traiteurs locaux. En fédérant cet écosystème d'acteurs autour de notre projet, nous serons en mesure de mener à bien notre mission de sensibilisation et de préservation du littoral, en nous appuyant sur des compétences et des ressources complémentaires.

Cinquième axe : Plan financier

1 Stratégie de financement

Nous comptons financer notre agence de voyage et tourisme balnéaire à partir des aides de l'état.

1-1 Coût du capital social

Le cout de notre investissement est de **3 940 500** DA comme expliquer dans le tableau ci-dessous

Tableau 22 coût d'investissement

Besoin	Prix unitaires (DA)	Quantités	Prix total (DA)
Installation			
Loyer du local (50m ²)	12000/Mois	12	144 000
Matériels bureautiques			
Bureaux	21000	5	105 000
Chaises	6000	8	48 000
Armoires	25000	5	125 000
Fournitures			
Papiers	750	6 rames/an	4 500
Ancres	400	48	19 200
Stylo/ Marqueurs/registres	--	cartouches/an	12 000
		--	
Matériels informatiques			
PC	100000	5	500 000
Imprimante scanner	46000	1	46 000
Logiciels	0	--	0
Autres			
Loue des bus	7000	54/ an	378 000
Electricité/eau	--	--	En moyenne 25 000

Annexes

Besoin	Prix unitaires (DA)	Quantités	Prix total (DA)
Traiteur	500	2160	1 080 000
Hôtels	5000	120	600 000
Abonnement internet		20	25 000
Site web	--	1	200 000
Publicité et marketing	--	--	600 000
Total	--	--	2 940 500

2 Etude de rentabilité annuelle

Coûts des amortissements

Le tableau ci-dessous renseigne sur le calcul des amortissements qui est de **82 400 DA**

Tableau 23 Coût d'amortissement

Besoin	Prix unitaire	Quantité	Prix total	Prix total par an (DA/an)
Matériels bureautiques				
Bureaux	21000	5	105000/ 10an	10 500
Chaises	6000	8	48000/ 10an	4 800
Armoires	25000	5	125000/ 10an	12 500
Matériels informatiques				
PC	100000	5	500000/ 10an	50 000
Imprimante scanner	46000	1	46000/ 10an	4 600
Logiciels	0	--	0	0
Total (DA)	--	--	824 000	82 400

Le coût des charges annuelles

Le tableau ci-dessous renseigne sur le calcul des coûts des charges annuelles qui est de

3 170 100 DA

Annexes

Tableau 24 Coût de charges annuelles

Besoin	Prix unitaire	Quantité	Prix total par an (DA/an)
Amortissements	--	--	82400
Installation Loyer du local (50m ²)	12000/Mois	12	144 000
Fournitures			
Papiers	750	6 rames/an	4 500
Ancres	400	48 cartouches/an	19 200
Stylo/Marqueurs/registres	--	--	12 000
Autres			
Loue des bus	7000	54 /an	378 000
Electricité/eau	--	--	En moyenne 25 000
Traiteur	500	2160	1 080 000
Hôtels	5000	120	600 000
Abonnement internet	--	--	25 000
Site web	--	1	200 000
Publicité et marketing	--	--	600 000
Total	--	--	3 170 100

Le coût des revenus

Pour pouvoir générer des revenus on se base sur les sources suivantes

Tableau 25 Sources et coût des revenus

Service	Prix unitaire	Quantités	Prix total DA/an
Excursions (B to C)	3500	40/7jrs	6 720 000
Excursions (B to B)	2500	240/ an	600 000
Total	--	--	7 320 000

Le chiffre d'affaires est de **7 320 000 DA**

La recette du 1^{er} an sera de **7 320 000 - 3 170 100 = 4 150 000 DA.**

Sixième axe : Prototype expérimentale

Du fait que l'argument scientifique est le plus puissant à utiliser pour convaincre donc on compte donner des cartes pour nos clients renseignés sur l'état de dégradation de l'environnement, et les expliquées d'une manière simplifiée que ce soit pour les grands ou les petits ; dont les exemples suivants :

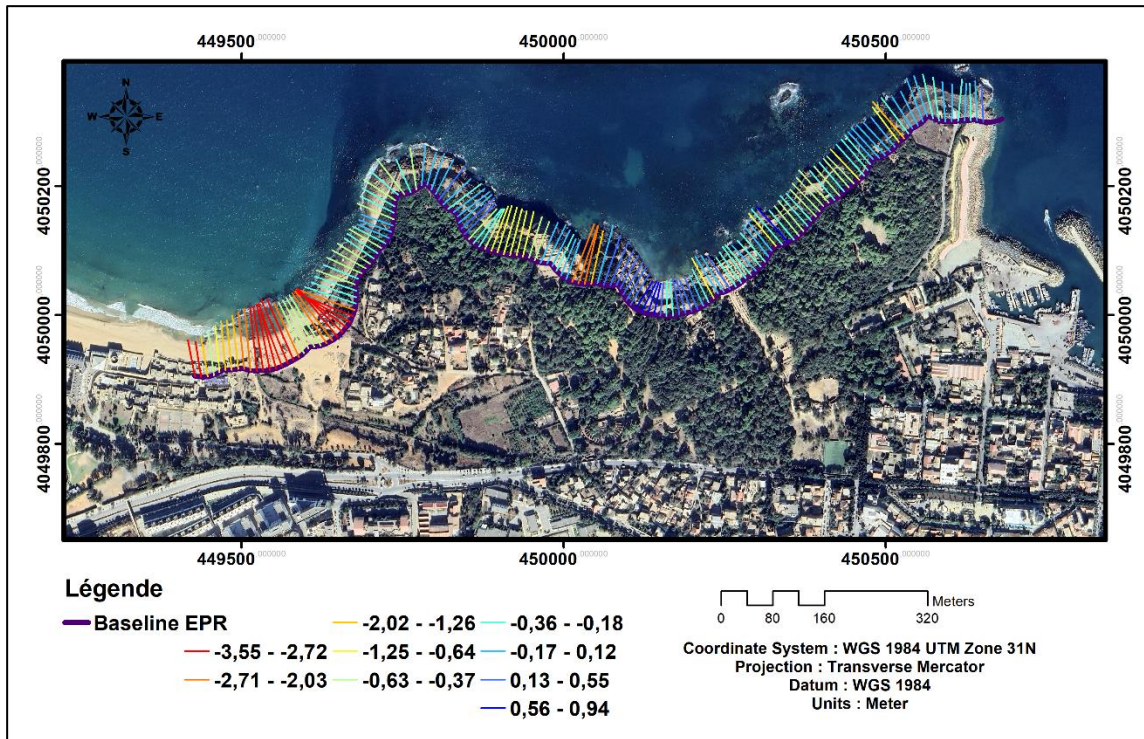


Figure 94 Résultat cartographique de la vitesse de l'érosion/accrétion au niveau des ruines romaine de Tipaza

Annexes

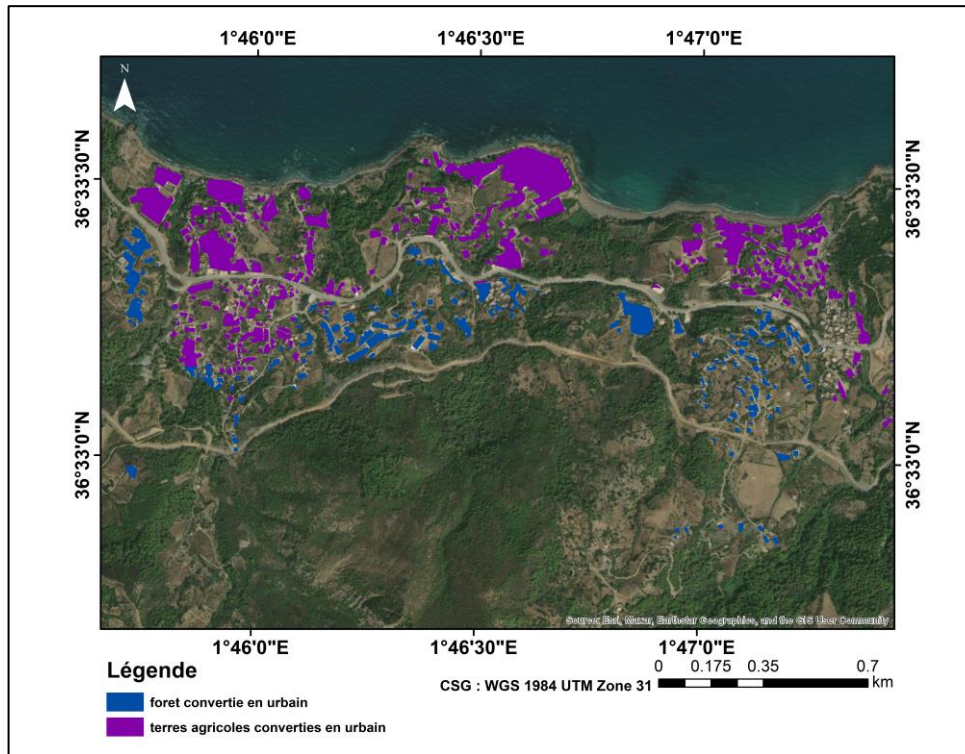


Figure 95 les terres perdues en conversion en urbain (Ikhlifaine entre 2004-2023)

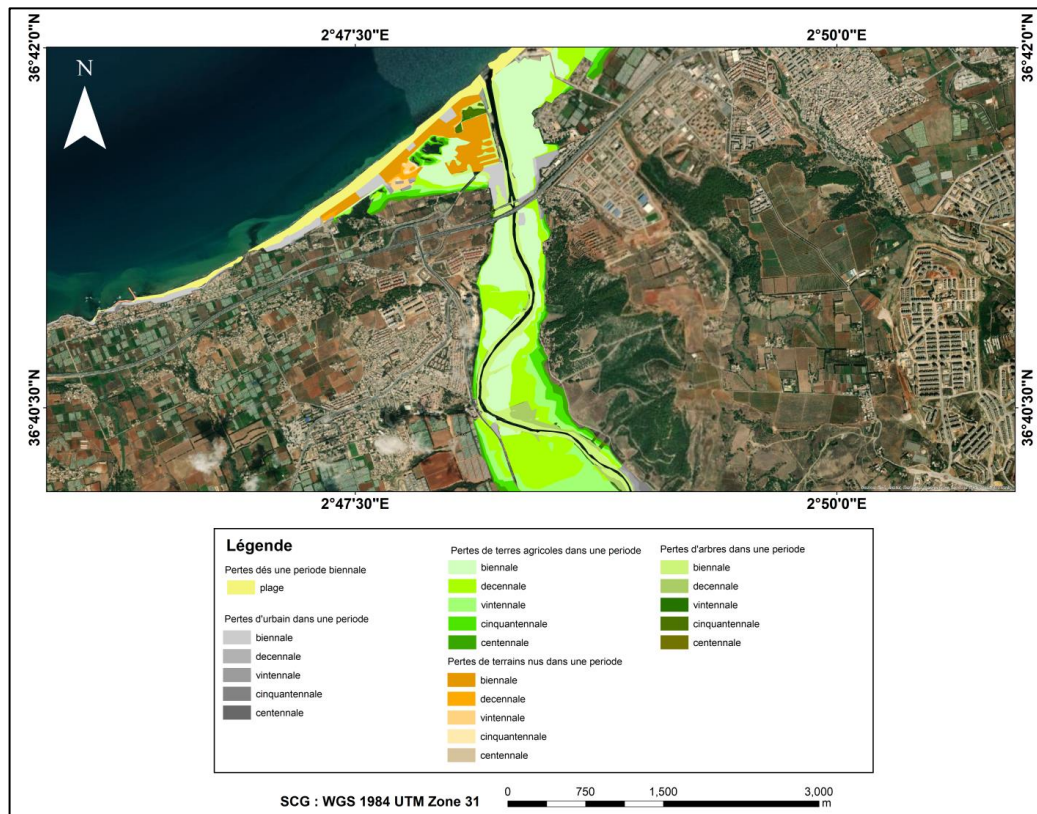


Figure 96 Les terres perdues par submersion (Douaouda)

Le modèle économique de notre projet est représenté ci-dessous.

<p><u>Partenaires clés</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -Les ecoles privés locales. -Les hotels locales. -Les entreprises du transports locales. -Organisation environnementales locales. -Clubs de plongé locaux. -Fournisseurs engagés dans une démarche éco-responsable. -Traiteurs -Agences de voyages 	<p><u>Activités Clés</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -Création de circuits et excursions éducatives. -Animation des activités de sensibilisation sur les sites. -Préparation de contenu pedagogique 	<p><u>Propositions de valeur</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Voyage combinat découverte et éducation environnementale cotiere. -Experiences immerssives sur terrains. -Sensibilisation ludique à l'environnement littoral. -Garantir un meilleur rapport prix / qualité 	<p><u>Relation Client</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -Acompagnement personnel avant/pendant/apres voyage. -Programme de fidélité (abaissement des prix). -Création d'une communauté de voyageurs eco-responsable. -Assurence du logement et nourriture <p><u>Canaux</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -Site web -Réseaux sociaux -Participation aux salons et événements dédiés au tourisme et à l'environnement 	<p><u>Clients</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -Individus (familles agés plus de 5ans). -Clubs scientifiques local -Elèves des ecoles privés en Algérie. - voyageurs en enquête d'authenticité d'immersion culturelle
<p><u>Coûts</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Location : 144 000DA Materiels bureautique : 27 800 DA Matériels informatique : 54 600 DA Fournitures : 35 700 DA Loue des bus: 378 000DA Electricité/eau: 25 000 DA Traiteur: 1 080 000 DA Hôtels: 600 000 DA Abonnement internet: 25 000 DA Site web: 200 000 DA Publicité et Marketings: 600 000 DA Total: 3 170 100 DA 		<p><u>Revenus</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Excursions (B to C): 6 720 000 DA Excursions (B to B): 600 000 DA Total : 7 320 000 DA 		

Figure 97 Modèle économique

Résumé

Les zones littorales sont menacées par différents risques et aléas, malgré leur protection par la loi 02-02 du littoral, ce qui est le cas de la wilaya de Tipaza, le présent travail vise à évaluer l'impact de ces risques et aléas sur certains sites stratégiques dans la wilaya de Tipaza afin de déterminer une valeur économique des pertes engendrées.

Mots clés : Tipaza, loi 02-02 du littoral, érosion côtière, anthropisation, submersion marine, valorisation économique.

Abstract

The coastal areas are threatened by various risks and hazards, despite their protection by the Coastal Law 02-02, which is the case of the Wilaya of Tipaza. This work aims to assess the impact of these risks and hazards on certain strategic sites in the Wilaya of Tipaza in order to determine an economic value of the resulting losses.

Key words: Tipaza, Coastal Law 02-02, coastal erosion, anthropization, marine submersion, economic valuation.

الملخص

هناك تهديدات مختلفة تواجه المناطق الساحلية على الرغم من حمايتها بموجب قانون الساحل 02-02، وهذا هو الحال بالنسبة لولاية تيبازة. يهدف هذا العمل إلى تقييم تأثير هذه المخاطر والمخاطر على بعض المواقع الاستراتيجية في ولاية تيبازة من أجل تحديد القيمة الاقتصادية للخسائر الناتجة.

الكلمات المفتاحية: تيبازة، قانون الساحل 02-02، تآكل الساحل، الغمر البحري، التقييم الاقتصادي.