

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DES SCIENCES DE LA MER ET DE
L'AMENAGEMENT DU LITTORAL



Thèse de Doctorat

Présenté en vue de l'obtention du grade de Docteur en Environnement Marin et Littoral

Domaine : sciences de la terre et de l'univers

Filière : géographie et aménagement de territoire

Spécialité : environnement marin et littoral

Thème

La télédétection et les systèmes d'information géographiques pour l'aide à la caractérisation des sources anthropiques : interactions paramétriques et conception des bases de données marines.

Présenté par : Mr. BELLOULOU Bilal

Soutenu le 29 / 02 /2024 devant le jury :

Mr. BOULAHIDID Mostefa	Professeur (E.N.S.S.M.A.L)	Président
Mr. MEZOUAR Khoudir	Professeur (E.N.S.S.M.A.L)	Examineur
Mr. BENDRAOUA Abdelaziz	Professeur (U.S.T.O)	Examineur
Mr. GUETTOUCHE Said	Professeur (U.S.T.H.B)	Examineur
Mr. OTMANI Housseyn	MCA (E.N.S.S.M.A.L)	Examineur
Mme HOUMA BACHARI Fouzia	Professeur	Directrice de thèse

Promotion 2014/2015

Avant-Propos



Ce mémoire de thèse représente le fruit de nombreuses années d'études, un voyage académique à la fois passionnant, parfois exigeant, mais indéniablement enrichissant. Au cours de ces années, j'ai acquis une solide compréhension du vaste et captivant domaine de l'aménagement du littoral, tout en nouant des liens inestimables avec des individus remarquables au fil du temps. Chacune de ces rencontres a constitué une source d'enrichissement à plusieurs niveaux et en diverses circonstances.

C'est avec une gratitude profonde que je saisis cette opportunité pour exprimer ma reconnaissance envers toutes les personnes qui ont contribué à m'accompagner jusqu'à cette étape de ma vie et à me façonner en la personne que je suis aujourd'hui. Je tiens à exprimer ma plus profonde gratitude envers **Madame Fouzia Houma BACHARI**, ma directrice de thèse, pour son engagement, son mentorat et son inestimable contribution à la réalisation de cette thèse.

Madame BACHARI, votre expertise, votre dévouement, et votre soutien infaillible ont été la pierre angulaire de ce travail de recherche. Votre patience, vos précieux conseils, et votre capacité à m'inspirer ont été des éléments clés de ma réussite dans ce projet.

Votre mentorat bienveillant, votre perspicacité intellectuelle et votre capacité à encourager la créativité m'ont permis de développer une compréhension plus profonde du sujet, et ont été cruciaux pour la réussite de ce travail. Votre confiance en mes capacités m'a motivé à aller au-delà de mes limites et à viser l'excellence.

Au-delà de votre rôle de directrice de thèse, vous avez été un modèle à suivre, démontrant l'importance de la persévérance, de l'intégrité et de la passion pour la recherche. Je suis reconnaissant d'avoir eu la chance de travailler sous votre direction et d'avoir appris de vous.

Je souhaite également vous remercier pour avoir partagé vos précieuses connaissances, votre enthousiasme pour la recherche, et pour avoir toujours été disponible pour discuter des idées, des défis et des avancées de ce projet. Votre présence bienveillante et votre expertise ont été des atouts inestimables tout au long de ce voyage académique.

En somme, **Madame Fouzia Houma BACHARI**, je vous suis profondément reconnaissant pour tout ce que vous avez fait pour moi en tant que directrice de thèse, mentor et modèle. Votre impact sur ma carrière académique et mon développement personnel est incommensurable.

Ce travail de thèse est le résultat de notre collaboration et de votre guidance exceptionnelle, et je suis honoré d'avoir eu l'opportunité de travailler avec vous. Merci du fond du cœur pour votre soutien indéfectible et pour avoir été le pilier de cette réussite.

Tout d'abord, je souhaite remercier chaleureusement **Monsieur Mostefa BOULAHIDID**, professeur et enseignant-chercheur à l'ENSSMAL, qui a accepté l'honneur de présider ma soutenance. Sa guidance et son soutien ont été essentiels dans la réalisation de cette thèse.

Je tiens également à exprimer ma profonde reconnaissance envers **Monsieur Khoudir MEZOUAR**, professeur et enseignant-chercheur à l'ENSSMAL, pour sa participation en tant que membre du jury. Ses précieux commentaires et ses conseils ont grandement contribué à l'amélioration de ce travail.

Je souhaite également adresser mes remerciements à **Monsieur Abdelaziz BENDRAOUA**, professeur et enseignant-chercheur à l'USTO d'Oran, ainsi qu'à **Monsieur Said GUETOCHE**, professeur et enseignant-chercheur à l'USTHB, pour avoir accepté la responsabilité d'examineurs. Leurs évaluations critiques et leurs suggestions constructives ont permis de renforcer la qualité de cette recherche.

Enfin, je tiens à exprimer ma gratitude envers **Monsieur Hosseyn OTMANI**, Maître de Conférences à l'ENSSMAL, pour sa précieuse contribution en tant qu'examineur. Sa participation a été d'une importance capitale pour l'évaluation de ce travail.

Je suis profondément reconnaissant envers chacun d'entre eux et je considère leur participation dans ce processus comme un privilège et une marque de confiance. Merci encore pour votre précieuse contribution à cette thèse.

Enfin, je dédie cette recherche à mes chers parents, mes frères et à ma femme qui m'ont accompagné et soutenu tout au long de ces années.

ملخص

تبلغ مساحة المنطقة الساحلية لولاية الطارف، التي تغطي مساحة 3,339 339 كم²، وتمتلك ساحلاً يبلغ طوله حوالي 114 كم، ويتكون أساساً من الشواطئ، مما يعني أن الواجهة البرية - البحرية مرتبطة ارتباطاً وثيقاً ومتراصة. أصبح استخدام الأراضي والنمو السكاني والأنشطة البشرية قضايا رئيسية في التنمية المستدامة. ولتوضيح هذه القضايا، يبدو أن البحث في أدوات دعم اتخاذ القرار هو الطريقة الأكثر فعالية لتحسين إدارة المناطق الساحلية.

مساهمة بيانات الأقمار الصناعية في التحليل البيئي على المستويات المحلية والإقليمية والدولية. فضلاً عن التطور السريع لنظم المعلومات الجغرافية (GIS)، ولهذا السبب يبدو أن الجمع بين الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية مهم جداً في دراسة توصيف المصادر البشرية المنشأ في ولاية الطارف.

ومن خلال هذه الدراسة حاولنا أن نبين دور وقدرة استخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد لتنفيذ قاعدة بيانات بحرية للمساعدة في اتخاذ القرارات، وكذلك إتاحة المعلومات المتعلقة بحالة المنطقة الساحلية لولاية الطارف للمستخدمين وصناع القرار.

كلمات مفتاحية: الطارف؛ التحضر؛ التلوث؛ الخط الساحلي؛ طوق الكثبان الرملية؛ الإدارة المتكاملة للمناطق الساحلية

Résumé

La zone littorale de la Wilaya d'El Tarf qui s'étend sur une surface de 3.339 km² dispose d'un linéaire côtier d'environ 114 Km, composé majoritairement de plages, ce qui rend l'interface terre-mer fortement liés et interdépendants. L'occupation de sol, l'augmentation de population, les activités humaines... devient des enjeux important dans le développement durable. Donc pour clarifier ce problématique, la recherche des outils aide à la décision apparaissent comme la voie efficace pour une meilleur gestion d'une zone côtière.

L'apport des données satellitaires a l'analyse de l'environnement aux échelles locale, régional et international. Ainsi que le développement rapide des systèmes d'informations géographiques (SIG), c'est pourquoi la combinaison entre la télédétection et le SIG semblent très important dans l'étude des caractérisations des sources anthropique de la wilaya d'El_Tarf.

A travers cette étude nous avons essayé de montrer, le rôle et la capacité de l'utilisation de SIG et la télédétection pour la mise en œuvre d'une base des données marines aide à la décision et aussi de mettre à la disposition des utilisateurs et les décideurs, les informations relatives aux l'état de la zone côtiers de la wilaya d'El_Tarf.

Mots clés : El_tarf; urbanisation ; pollution; littoral; cordon dunaire; GIZC

Abstrat

The coastal zone of the Wilaya d'El Tarf, covering an area of 3,339 km², has a coastline of around 114 km, mainly made up of beaches, making the land-sea interface strongly linked and interdependent. Land use, population growth and human activities are becoming major issues in sustainable development. So, to clarify these issues, research into decision-support tools appears to be the most efficient way of improving coastal zone management.

The contribution of satellite data to environmental analysis at local, regional and international levels. As well as the rapid development of geographic information systems (GIS), this is why the combination of remote sensing and GIS seems very important in the study of the characterization of anthropogenic sources in the wilaya of El_Tarf.

Through this study, we have tried to show the role and capacity of GIS and remote sensing in the implementation of a marine database for decision support, and also to provide users and decision-makers with information on the state of the coastal zone of the wilaya of El_Tarf.

Key words : El_tarf; urbanisation; pollution; coastline; dune cordon; ICZM

Table des Matières

CHAPITRE 1 : Introduction et Cadre de Recherche

1.1. Présentation du contexte et de l'importance du sujet.....	1
1.2. Problématique et questions de recherche	3
1.3. Objectifs de la thèse	3

CHAIPTRE 2 : Approches méthodologiques et outils de collecte de données

Introduction	6
2.1. Méthodes de caractérisation des sources anthropiques	6
2.2. Collecte et traitement des données de télédétection et des données SIG	8
2.3. La conception de la base de données	8
2.4. Description de la zone d'étude.....	12
2.4.1. Présentation de la wilaya d'El Tarf.....	12
2.4.1.1. Localisation	12
2.4.2. Diagnostic de milieu physique	12
2.4.2.1. Géologie	12
2.4.2.2. Topo morphologie	15
2.4.2.3. Principaux ensembles topographiques	16
2.4.2.3.1. L'ensemble de la plaine de Ben M'Hidi et de ses vallées.....	16
2.4.2.3.2. L'ensemble montagneux	18
2.4.2.3.3. L'ensemble collinaire et des bas-reliefs frontaliers : ou domaine des lacs	18
2.4.2.4. Lithologie et sols	19
2.4.2.5. Hydrologie.....	21
2.4.2.5.1. Les oueds.....	21
2.4.2.5.2. Les lacs et marais	22
2.4.2.5.3. Les barrages et retenues collinaires.....	23
2.4.3. La climatologie :.....	25
2.4.4. Le littoral de la wilaya d'El tarf	26
2.4.4.1. Les aspects administratifs du littoral.....	27
2.4.4.2. La démographie de la zone littorale.	28
2.4.4.3. Urbanisation et artificialisation des communes du littoral	31

2.4.4.4. L'activité économique dans le littoral de la wilaya d'El Tarf.....	40
2.4.4.4.1. L'agriculture.....	40
2.4.4.4.1.1. Occupation des terres agricoles :.....	42
2.4.4.5. Industrie.....	44
2.4.4.6. Pêche	44
2.4.4.7. Tourisme et patrimoine culturel	46
2.4.4.7.1. Les infrastructures touristiques	49
2.4.4.8. Réseaux routiers	51
2.4.4.8.1. Infrastructure routière des communes littorales	52
2.4.4.8.2. Infrastructure ferroviaire	55
2.4.5. Contraintes et menaces	55
2.4.5.1. Assainissement	55
2.4.5.2. Gestion des déchets	56
2.4.5.2.1. Déchets ménagers et assimilés	56
2.4.5.2.2. Déchets spéciaux industriels	58
2.4.5.3.1. Les risques environnementaux	59
2.4.5.3.1.1. Menaces naturelles	59
2.4.5.3.2.2. Menaces anthropiques :	63

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques

3.1. La dégradation de l'écosystème dunaire de la wilaya d'El Tarf.....	66
3.1.1. Introduction	66
3.1.2. Matériel et méthode.....	68
3.1.3. Résultat.....	72
3.1.4. Discussions.....	78
3.1.5. Conclusion.....	87
3.2. Conurbation et la littoralisation de littoral de la wilaya d'El Tarf.....	90
3.2.1. Introduction	90
3.2.2. Méthodologie	91
3.2.2.1. Traitement des données de télédétection.....	93
3.2.2.2. Classification supervisée	94
3.2.2.3. Classe d'occupation de sol	94

3.2.2.4. Traitement post-classification et validation des résultats.....	95
3.2.2.5. Détection du changement.....	96
3.2.2.6. Résultat.....	96
3.2.2.6.1. Evaluation de la précision des classifications	96
3.2.2.6.2. Dynamique d'occupation de sol.....	98
3.2.2.6.3. Sur le domaine littoral	98
3.2.2.6.4. Sur les bandes littorales.....	102
3.2.2.7. Discussion :	105
3.2.2.8. Conclusion.....	109
3.3. L'érosion côtier	111
3.3.1. Introduction	111
3.3.2. Digitalisation du trait de côte – méthodologie	112
3.3.3. Indicateur choisi pour le trait de côte	112
3.3.4. Les marges d'erreurs	112
3.3.5. Les dates et sources d'images	113
3.3.6. Calculs statistiques sur Digital Shoreline Analysis System (DSAS).....	113
3.3.7. Les indices calculés.....	114
3.3.8. Résultats	114
3.3.8.1. Echatt.....	114
3.3.8.2. Sable d'or	124
3.3.8.3. El Mordjanne.....	131
3.3.8.4. Messida.....	137
3.4. Risques incendies des forets.....	143
3.4.1. Introduction	143
3.4.2. Méthodologie	145
3.4.3. Résultats	146
3.4.3.1. Indice de combustibilité de la végétation	146
3.4.3.2. Indice topo-morphologique	149
3.4.3.3. Indice humain	149
3.4.3.4. Carte de vulnérabilité aux incendies	151
3.4.4. Validation des résultats :	152
3.5. Risque des inondations.....	154
3.5.1. Introduction	154
3.5.2. Inondation dans la wilaya d'El Tarf.....	155

3.5.2.1 Présentation des bassin versants.....	155
3.5.2.1.1. Le bassin de la mafragh.....	155
3.5.2.1.2. Le bassin de la calle	156
3.5.2.2. Genèse des inondations	156
3.5.2.3. Historique des crues ayant engendre des inondations importantes	157
3.5.3. Méthodologie :	158
3.5.4. Résultats	158
3.5.4.1. Communes d'Echatt et Ben M'hidi :.....	158
3.5.4.2. Communes de Berrihane, Lacs des Oiseaux et Bouteldja:.....	159
3.5.4.3. Communes d'El Tarf, El Kala et Ain El Assel :	159
3.5.4.4. Commune de Souarekh:	159
3.5.4.5. Simulation des inondations sur les zones humides	162
3.5.5. Conclusion sur les inondations.....	166
3.6. Le problème des déchets	167
3.6.1. Introduction	167
3.6.1.1. Définition et typologie des déchets	168
3.6.1.2. Les différents types de déchets.....	168
3.6.1.2.1. Les déchets inertes.....	168
3.6.1.2.2. Les déchets banals	169
3.6.1.2.3. Les déchets dangereux	169
3.6.1.2.4. Les déchets urbains comprennent.	169
3.6.1.2.5. Les déchets industriels	169
3.6.2. Problématiques des déchets.....	170
3.6.2.1. Les déchets solides ménagers dans la wilaya côtière d'El Tarf	170
3.6.2.2. Estimation du gisement de déchets solides urbains au niveau des communes côtières	170
3.6.2.3. Composition des ordures ménagères.....	170
3.6.2.4. Les déchets industriels	172
3.6.2.5. Destination finale des déchets ménagers et assimilés des communes côtières	172
3.6.3. Conclusion.....	172
3.6.4. Analyse de l'adéquation d'un site de décharge de déchets solides à l'aide d'un système d'information géographique (SIG) et de télédétection.	173
3.6.4.1. Méthodologie	174
3.6.4.2. Vérification de la cohérence.....	176
3.6.4.3. Agrégation des critères.....	177

3.6.4.4. Résultat.....	178
3.6.4.4.1. Adéquation de la pente.....	178
3.6.4.4.2. Adéquation de l'utilisation des terres/occupation du sol	179
3.6.4.4.3. Adéquation aux Oueds et lacs	180
3.6.4.4.4. Adéquation aux zones urbains.....	182
3.6.4.4.5. Distance appropriée entre les routes principales et le site de décharge des déchets solides.....	183
3.6.4.4.6. Résultat final	184
3.7. Problème des rejets.....	186
3.7.1. Les réseaux et ouvrages d'assainissement	186
3.7.1.1. Agglomération d'ECHATT.....	186
3.7.1.2. Agglomération de ben m'hidi.....	187
3.7.1.3. Agglomération de berrihane	188
3.7.1.4. Agglomération d'el kala.....	190
3.7.1.5. Agglomération de souareikh	191
3.7.2. Conclusion.....	192
3.7.3. Installation des STEP, sur le territoire de la zone d'étude.	193
3.7.3.1. Les principaux critères de sélection.	193
3.7.3.2. Méthodologie	194
3.7.3.3. Résultat.....	198
3.7.3.3.1. Commune d'El Kala.....	198
3.7.3.3.2. Commune de Souarekh	199
3.7.3.3.3. Commune de Berihanne	200
3.7.3.3.4. Commune d'Echatt.....	200
3.7.3.3.5. Commune de Benmhidi.....	201
3.7.3.4. Discussion	201
Conclusion globale sur la thèse	204

Liste des figures

Figure 2. 1 : architecture de la GDB (B.Belloulou 2022)	11
Figure 2. 2: localisation de la wilaya d'El tarf	12
Figure 2. 3: Carte géologique de la wilaya d'El-Tarf (Extrait de la carte géologique de l'Algérie échelle de 1/500.000 2 ^{ème} édition feuille CONSTANTINE NORD.	13
Figure 2. 4: Carte Topographique de la wilaya d'El-Tarf	15
Figure 2. 5: Principaux ensembles topographiques de la wilaya d'El-Tarf.(source PAC El Tarf)	16
Figure 2. 6: Profil topographique NO_SE (à partir l'Embochure de l'Oued Mafragh _Commune de BENMHIDI _vers Djebel Dir _Commune BOUHADJAR_) <i>source Google Earth pro.</i>	17
Figure 2. 7: Profil topographique N_S (à partir de la plage El Mordjanne Commune EL KALA vers Djebel Ghourah Commune de BOUGOUSS_) <i>source Google Earth pro.</i>	18
Figure 2. 8: Carte de sol de la wilaya d'El Tarf (extrait de la carte de sol de l'Algérie échelle 1/500.000 feuille Constantine)	20
Figure 2. 9: Carte des réseaux hydrographique de la wilaya d'El-Tarf.	22
Figure 2. 10: Catalogue des photos sur les lacs excitent dans la wilaya d'El-Tarf.	24
Figure 2. 11: Diagramme ombrothermique de la wilaya d'El tarf.	26
Figure 2. 12: carte de la délimitation du littorale de la wilaya d'El-Tarf (source PAC El Tarf)	27
Figure 2. 13: position des agglomérations de la commune d'Echatt	32
Figure 2. 14: carte des districts de la commune de Ben Mhidi	34
Figure 2. 15: carte des districts de la commune de Berihanne	36
Figure 2. 16: Districts de la Commune d'El Kala	37
Figure 2. 17: carte des discrets de la commune de Souarekh	38
Figure 2. 18: carte des réseaux routiers	52
Figure 2. 19: Glissement de terrain (commune d'El kala)	62
Figure 2. 20: Défrichage sur le cordon dunaire de la commune d'Echatt et Ben_Mhidi.(source google earth)	64
Figure 3. 1 : Le littoral de la wilaya d'El Tarf.	67
Figure 3. 2: schéma illustrer les principales étapes de l'étude	71
Figure 3. 3: évolution de la couverture végétale et le tissu urbain de cordon dunaire Echatt entre 1984 et 2021	73
Figure 3. 4: des photos montrant quelques projets dans la zone d'étude (B.bilal 5-12-2021). 75	75
Figure 3. 5 : évolution de la couverture végétale et le tissu urbain de cordon dunaire Hennaya entre 1984 et 2021	76
Figure 3. 6: Bâtiments pour des logements individuels et collectifs (B.bilal 17-10-2021).....	79
Figure 3. 7: changement d'occupation de sol entre 2009 et 2021(google earth pro).....	79
Figure 3. 8 : nettoyage mécanique des plages ((a) : plage Messida (b): plage Echatt)	80
Figure 3. 9: (a) plage autorisée à la baignade, (b) dégradation de la dune côtière, (c) érosion côtière, (d) extraction de sable (google earth en date de 4-2004)	82
Figure 3. 10: carte de zone d'expansion touristique MAFREGH OUEST (source DTA).....	83
Figure 3. 11: des étables pour abriter les animaux à l'intérieur de la dune côtière (B.bilal 17-10-2021)	83

Figure 3. 12: activité de pâturage. (B.bilal 5-12-2021).....	84
Figure 3. 13: (a) <i>Carpobrotus edulis</i> , (b) <i>Oenothera drumondii</i> (B.bilal 17_10_2021)	84
Figure 3. 14 : Courbe de la pression des pratiques agricoles sur le cordon dunaire	85
Figure 3. 15 : Dégradation de cordon dunaire due au pillage de sable (commune Souarekh) (B.Bilal 2017).....	89
Figure 3. 16: Bande délimitée par la loi 02-02 de 05 février 2002 (B.Belloulou 2022)	92
Figure 3. 17: Carte d'occupation de sol entre 1990, 2000, 2010et 2022 (B.belloulou).	100
Figure 3. 18: Centre d'électricité Kodyet El-Draouche commune de Berihanne (<i>source google earth</i>)	104
Figure 3. 19: la commune d'Echatt entre 1990 et 2022 (Google Earth pro).....	108
Figure 3. 20: Projets de construction des logements sur le cordon dunaire de la commune d'El Chatt.	108
Figure 3. 21: Projets des complexes touristiques sur le cordon dunaire de la commune d'Echatt	109
Figure 3. 22: Net Shoreline Movement (NSM) commune Echatt (entre 2008-2013) (B.Belloulou).....	116
Figure 3. 23 : End Point Rate (EPR) littorale de la commune d'Echatt (entre 2008-2013) (B.Bilal).....	117
Figure 3. 24 : Net Shoreline Movement – NSM (période 2013-2022_ littoral d'Echatt) (B.bilal)	119
Figure 3. 25 : End Point Rate (EPR) (période 2013-2022 _ littoral d'Echatt).....	120
Figure 3. 26: EPR littoral d'Echatt période 2008-2022	122
Figure 3. 27 : NSM et EPR littoral sable d'Or période 2008_2013	125
Figure 3. 28 : NSM et EPR littoral sable d'Or période 2013_2022	127
Figure 3. 29: NSM et EPR littoral sable d'Or période 2008_2022	130
Figure 3. 30: NSM et EPR littoral plage El Mordjanne période 2008_2013	132
Figure 3. 31: NSM et EPR littoral plage El Mordjanne période 2013_2022	134
Figure 3. 32: NSM et EPR littoral plage El Mordjanne période 2008_2022	136
Figure 3. 33 : NSM et EPR littoral plage Messida période 2008_2013.....	138
Figure 3. 34 : NSM et EPR littoral plage Messida période 2013_2022	140
Figure 3. 35 : NSM et EPR littoral plage Messida période 2008_2022.....	143
Figure 3. 36: carte de l'indice de combustibilité	147
Figure 3. 37: carte d'indice de Topo-morphologique.....	149
Figure 3. 38: carte de l'indice d'occupation humaine	150
Figure 3. 39 : indice de risque de feu de foret.....	153
Figure 3. 40: Bassin versant de la Mafragh	155
Figure 3. 41 : Bassin versant de la Calle (1)	156
Figure 3. 42: Organigramme de réalisation de la carte des risques d'inondation.	160
Figure 3. 43: Carte des zones inondables.	161
Figure 3. 44: Image montrant une simulation du débordement du lac El Mella.....	162
Figure 3. 45: Image montrant une simulation du débordement du lac OUBEIRA.....	163
Figure 3. 46 : Lac Tonga : Simulation d'une élévation du niveau d'eau	164
Figure 3. 47 : Carte de situation des plans d'eau de la zone amont de l'Oued Mafragh.....	164
Figure 3. 48 : Simulation d'un débordement de l'Oued El Kébir à l'amont de la Mafragh. .	165
Figure 3. 49: Simulation d'un débordement de l'oued Kébir à l'amont de la confluence.....	165
Figure 3. 50: Schéma de comparaison par paire au sein de l'AHP (SAATY 1984).....	176

Figure 3. 51: carte Adéquation de la pente.....	179
Figure 3. 52 : carte de l'Adéquation de l'utilisation des terres/occupation du sol.....	180
Figure 3. 53 : Distance des rives des lacs et zones de couverture des niveaux d'adéquation	181
Figure 3. 54 : Distance des oueds et zones de couverture des niveaux d'adéquation	181
Figure 3. 55 : carte Adéquation aux zones urbains	183
Figure 3. 56 : carte Adéquation aux routes	184
Figure 3. 57 : carte des zones le plus adéquate pour réaliser un centre d'enfouissement	185
Figure 3. 58: carte des réseaux d'assainissement de l'agglomération Echatt	187
Figure 3. 59 : carte des réseaux d'assainissement de l'agglomération Ben Mhidi	188
Figure 3. 60 : Les canalisations de l'agglomération Berihanne	189
Figure 3. 61: carte des réseaux d'assainissement de la commune d'El Kala	191
Figure 3. 62: carte des réseaux d'assainissement de la commune de Souarekh.....	192
Figure 3. 63 : capteur d'ecran sur Integration et realisation BD sur logiciel Arc Gis.....	197
Figure 3. 64 : carte de vent.....	198
Figure 3. 65 : choix de localisations des sites pour réaliser une STEP cas commune d'El Kala (B.Belloulou).....	199
Figure 3. 66 : choix de localisations des sites pour réaliser une STEP cas commune Souerekh (B.Belloulou).....	199
Figure 3. 67: choix de localisations des sites pour réaliser une STEP cas commune Berihanne (B.Belloulou).....	200
Figure 3. 68: choix de localisations des sites pour réaliser une STEP cas commune d'Echatt (B.Belloulou).....	200
Figure 3. 69 : choix de localisations des sites pour réaliser une STEP cas commune BenMhidi (B.Belloulou).....	201

Liste des tableaux

Tableau 2. 1: Tableau climatique de la wilaya d'El Tarf.	25
Tableau 2. 2: Surfaces relatives des communes par rapport à celle de la wilaya d'El Tarf.....	28
Tableau 2. 3: Evolution de la population par zone entre 1988-2008	28
Tableau 2. 4: Populations et accroissements	30
Tableau 2. 5: répartition de la population entre les agglomérations	31
Tableau 2. 6: Evolution des agglomérations et extensions urbaines de la commune d'Echatt.....	31
Tableau 2. 7: données sur les districts de la commune d'Echatt.....	33
Tableau 2. 8: l'évolution des différentes agglomérations de la commune de Ben Mhidi.....	34
Tableau 2. 9: les caractéristiques associées aux districts de la commune de Ben Mhidi.....	35
Tableau 2. 10: Données des districts- Commune de Berrihane	37
Tableau 2. 11: Données sur les districts commune d'El kala.....	39
Tableau 2. 12: Données sur les districts commune de Souarekh	40
Tableau 2. 13: Les zones homogènes identifiées	40
Tableau 2. 14: Répartition générale des terres (ha).....	42
Tableau 2. 15: Répartition de la SAU par groupes de cultures dans la wilaya	42
Tableau 2. 16: Répartition de la SAU par groupes de cultures et par commune littorales	43
Tableau 2. 17: évolution de la flotte de 2010--2016 :.....	45
Tableau 2. 18: Caractéristiques des sites de forêts récréatives.....	47
Tableau 2. 19: caractéristiques des ZET	49
Tableau 2. 20: Parc hôtelier au niveau des communes littorales	50
Tableau 2. 21: Situation des auberges de jeunes	50
Tableau 2. 22: les campings	51
Tableau 2. 23: besoin en eau et rejets dans les communes littorales.....	55
Tableau 2. 24: STEP en Exploitation	56
Tableau 2. 25: Estimation du tonnage de déchets solides urbains des communes côtières en 2015.....	57
Tableau 2. 26: Destination finale des déchets solides urbains des communes côtières.	57
Tableau 3. 1: Principales caractéristiques des dunes.....	68
Tableau 3. 2 : les données utilisées dans l'étude.....	71
Tableau 3. 3: caractéristiques des images Landsat utilisées.....	72
Tableau 3. 4: Le pourcentage de la couverture végétale et urbain par rapport au surface totale de la dune côtier	72
Tableau 3. 5: surface urbanisée et la couverture végétale entre 1984-2021.....	74
Tableau 3. 6: le taux d'urbanisation pour chaque période	74
Tableau 3. 7: le taux de défrichement de la couverture végétale pour chaque période.....	74
Tableau 3. 8: Le pourcentage de la couverture végétale et urbain par rapport au surface totale de la dune côtier hennaya	77
Tableau 3. 9 : le taux d'urbanisation pour chaque période	77
.Tableau 3. 10: le taux de défrichement de la couverture végétale pour chaque période.....	78
Tableau 3. 11: la répartition de la SAU par groupe de culture.....	86
Tableau 3. 12 : les caractéristiques des images LANDSAT utilisées	93

Tableau 3. 13: Matrice de confusion des classifications des images Landsat pour les dates de 1990, 2000, 2010 et 2022	97
Tableau 3. 14: superficie en hectares et en pourcentage des classes d'occupation de sol	99
Tableau 3. 15: Taux d'évolution annuel et taux de changement global.....	101
Tableau 3. 16: Matrice de transition de l'occupation de sol entre 1990 et 2022.....	103
Tableau 3. 17: Occupation de sol sur les différentes bandes littorales entre 1990, 2000, 2010 et 2022	103
Tableau 3. 18: Pondération des paramètres utilisés pour déterminer les zones exposées au risque d'incendie.....	146
Tableau 3. 19: Notes de combustibilité des principales espèces dominantes de la végétation méditerranéenne (Source CEMAGREF).....	148
Tableau 3. 20 : pourcentage de risque	151
Tableau 3. 21: Estimation du tonnage de déchets solides urbains des communes côtières ...	170
Tableau 3. 22: Les principales matières des ordures ménagères en pourcentage de poids....	170
Tableau 3. 23: Les principales décharges sauvages identifiées sur les Communes littorales	171
Tableau 3. 24: Destination finale des déchets solides urbains des communes côtières.	172
Tableau 3. 25: Échelle proposée par SAATY (1984).....	175
Tableau 3. 26: Matrice de comparaison de poids	176
Tableau 3. 27: Indice aléatoire en fonction du nombre de critères	177
Tableau 3. 28 : Classe de pente avec niveaux d'aptitude respectifs.....	178
Tableau 3. 29: pourcentage de l'occupation de sol dans les communes littorales	179
Tableau 3. 30: les classes et poids des critères de sélection.....	182
Tableau 3. 33: La répartition des longueurs par matériau commune de berihanne.....	189
Tableau 3. 34: la répartition des longueurs par diamètre commune de berihanne.....	189
Tableau 3. 35 : La répartition des longueurs par matériau commune d'Elkala.....	190
Tableau 3. 36: répartition des longueurs par diamètre commune d'El kala.....	190
Tableau 3. 37: Les ouvrages d'assainissement commune d'El kala	190
Tableau 3. 38 : le poids de chaque critère	196

CHAPITRE 1

Introduction et Cadre de Recherche

Ce premier chapitre constitue une introduction essentielle pour cadrer la recherche, expliquer son importance, définir ses objectifs, et énoncer les questions qui seront abordées dans la suite de la thèse.

Présentation du contexte et de l'importance du sujet
Problématique et questions de recherche
Objectifs de la thèse

Introduction

1.1. Présentation du contexte et de l'importance du sujet

La zone côtière, un espace limité, se distingue par son linéaire étendu et fait face à une forte pression démographique. Elle est le lieu d'enjeux multiples sur les plans environnementaux, économiques et sociaux. Récemment, on observe une "maritimisation" accrue du littoral, marquée par une concentration croissante (**Gourmelon & Robin, 2005**). Cette situation entraîne des conflits d'utilisation et d'accès aux ressources, qui sont difficiles à gérer en raison d'une approche sectorielle des problèmes et d'une juxtaposition de statuts et de compétences administratives et juridiques. À l'échelle mondiale, les zones côtières se révèlent être des espaces vulnérables où les phénomènes météo-marins se conjuguent avec les pressions exercées par des activités humaines parfois conflictuelles, créant ainsi des risques d'origine naturelle et/ou anthropique. Cette combinaison complexe de facteurs rend la gestion des zones côtières encore plus délicate, nécessitant une approche holistique et intégrée pour minimiser les impacts négatifs sur l'environnement et la société.

Les sociétés humaines ont toujours entretenu des relations particulières avec le littoral. Lieu d'échange et de convoitise, il a, par le passé comme aujourd'hui, souvent été le lieu de revendications, d'échanges entre différentes sociétés et diverses cultures, sources de multiples conflits d'usage (**Lefevre, 1992**).

En particulier, les zones côtières, à l'interface entre terre et mer, étaient reconnues comme des espaces extrêmement sensibles où les effets perturbateurs de l'homme sont conséquents (**Gourmelon, 2003**). Qu'ils s'agissent des pays en voie de développement ou des pays industrialisés, leurs littoraux subissent depuis plusieurs décennies un accroissement rapide de la population provoquant des mutations territoriales de grande ampleur, des dégradations environnementales et des conflits d'usage.

L'accroissement de la population a conduit à une urbanisation intensive le long des littoraux ; les villes côtières sont devenues des centres économiques et des pôles d'attraction pour les habitants en quête d'opportunités. Cela a entraîné une pression énorme sur les terres disponibles, avec une conversion rapide des zones côtières naturelles en zones urbaines densément peuplées. Cette urbanisation non planifiée a souvent conduit à une utilisation inefficace des ressources, à une augmentation de la pollution et à une détérioration des écosystèmes côtiers fragiles.

En outre, l'expansion démographique a également entraîné une demande croissante en ressources naturelles le long des littoraux. Les activités industrielles, telles que l'extraction minière, l'exploitation pétrolière et gazière, ainsi que la pêche intensive, ont provoqué des dégradations environnementales significatives. Les écosystèmes marins et côtiers sont surexploités, entraînant une diminution des populations de poissons, la destruction des habitats côtiers tels que les récifs coralliens et les mangroves, et une augmentation de la pollution marine (**Burke et al., 2011**).

La caractérisation des sources anthropiques fait référence à l'identification et à la description des activités humaines qui contribuent aux émissions de polluants ou à d'autres impacts environnementaux. Cela permet de comprendre les sources spécifiques de ces problèmes environnementaux afin de pouvoir les atténuer ou les réglementer de manière appropriée. Cela peut être réalisé par le biais de différentes approches, telles que des enquêtes sur le terrain, des modèles de dispersion atmosphérique, des analyses chimiques et des techniques de télédétection. Ces méthodes permettent de déterminer les profils d'émission des différentes sources et d'estimer leur contribution relative à la pollution totale.

Une meilleure caractérisation des sources anthropiques offre de nombreux avantages. Tout d'abord, elle permet d'évaluer l'efficacité des politiques et des réglementations environnementales en identifiant les sources les plus problématiques et en ciblant les mesures de réduction appropriées. De plus, elle aide à sensibiliser le public et les décideurs politiques sur les sources de pollution et les solutions possibles, favorisant ainsi une prise de décision éclairée.

Notre travail de recherche se concentre sur l'utilisation de la télédétection et des systèmes d'information géographique (SIG) pour caractériser les sources anthropiques, en vue de la création d'une base de données marine visant à faciliter la gestion durable de notre zone côtière.

La télédétection fait référence à l'acquisition d'informations sur la Terre à distance, à l'aide de capteurs montés sur des plateformes aériennes ou satellitaires. Ces capteurs peuvent mesurer différentes caractéristiques de la surface terrestre, comme la réflectance de la lumière dans différentes longueurs d'onde, la température de surface, la composition chimique, etc. **(Campbell, 1996; Drury, 1998; Regrain, 1981)**

Les systèmes d'information géographique sont des outils informatiques qui permettent de capturer, stocker, gérer, analyser et présenter des données géographiques. Ils intègrent des données provenant de diverses sources, notamment la télédétection, les relevés sur le terrain et d'autres sources de données géospatiales. **(Devilleers, 2004; Longley et al., 2015; Pornon, 2015)**

Dans le domaine de la caractérisation des sources anthropiques, ces technologies jouent un rôle déterminant. Les sources anthropiques font référence aux activités humaines qui contribuent à la pollution ou à d'autres impacts sur l'environnement marin, tels que les rejets industriels, les déversements de produits chimiques, les déchets, etc. **(Chabi et al., 2023; Guo et al., 2021; Houma & Bachari, 2012; Jensen, 2009; Shrestha, 2021)**

L'utilisation de la télédétection permet de détecter et de surveiller les sources anthropiques à grande échelle. Par exemple, les images satellitaires peuvent révéler les zones de déversement d'hydrocarbures ou les efflorescences d'algues toxiques. Les données télédéteectées peuvent être utilisées pour évaluer l'étendue spatiale des sources, suivre leur évolution dans le temps et établir des liens avec d'autres données environnementales.

Les systèmes d'information géographique facilitent la collecte, l'organisation et l'analyse des données géospatiales liées aux sources anthropiques. Ils permettent de visualiser les informations sur des cartes, de réaliser des analyses spatiales pour évaluer les interactions entre

différentes sources et d'autres facteurs environnementaux, et de concevoir des bases de données marines pour stocker et gérer ces informations.

1.2. Problématique et questions de recherche

Les questions de recherche qui sont abordées dans cette étude sont les suivantes :

Comment la télédétection peut-elle être utilisée pour détecter et caractériser les sources anthropiques dans les environnements marins ? Quels sont les types de données télédétections qui peuvent être utilisées et quels paramètres peuvent être extraits de ces données pour identifier les sources de pollution d'origine humaine ?

Quel est le rôle des systèmes d'information géographiques (SIG) dans la caractérisation des sources anthropiques marines ? Comment les SIG peuvent-ils être utilisés pour intégrer, analyser et visualiser les données télédétections et les informations géospatiales pertinentes pour la caractérisation des sources ?

Quelles sont les interactions paramétriques entre les données télédétections, les informations géospatiales et les caractéristiques des sources anthropiques marines ? Comment ces paramètres peuvent-ils être utilisés pour mieux comprendre et quantifier les émissions et les impacts des sources de pollution d'origine humaine dans les environnements marins ?

Quels sont les défis et les limitations liés à l'utilisation de la télédétection et des SIG pour la caractérisation des sources anthropiques marines ? Quelles sont les stratégies et les méthodes innovantes qui peuvent être développées pour surmonter ces défis et améliorer la précision et la fiabilité des résultats de caractérisation ?

Comment concevoir et mettre en place des bases de données marines appropriées pour la caractérisation des sources anthropiques ? Quels sont les types de données nécessaires, les formats de données adaptés et les structures de bases de données efficaces pour stocker et gérer les informations télédétections et géospatiales dans le contexte spécifique de la caractérisation des sources anthropiques marines ?

1.3. Objectifs de la thèse

La zone côtière de la wilaya d'El Tarf est un écosystème fragile et précieux qui abrite une biodiversité marine diversifiée et des écosystèmes côtiers uniques tels que les récifs coralliens, le cordon dunaires et les zones humides. Cependant, en raison des activités humaines et de l'urbanisation croissante, cette zone est confrontée à de nombreux défis environnementaux.

Notre recherche se concentre sur la caractérisation des sources anthropiques présentes dans la wilaya d'El Tarf en Algérie. La wilaya d'El Tarf est située sur la côte est de l'Algérie et est bordée par la mer Méditerranée. Elle est caractérisée par une activité humaine importante, ce qui peut entraîner une pollution marine et côtière.

La thèse s'intéresse à la caractérisation des sources anthropiques, en particulier à l'utilisation de la télédétection et des systèmes d'information géographiques (SIG) pour identifier et cartographier les sources de pollution. Elle vise également à évaluer les impacts environnementaux et socio-économiques de ces sources de pollution et à proposer des solutions pour minimiser leur impact sur l'environnement et la santé des populations locales. **En outre,**

cette thèse vise à élaborer un SIG dédié à la gestion environnementale et à l'atténuation de ces sources de pollution. Pour atteindre cet objectif, la thèse visera à :

- Identifier les paramètres pertinents pour caractériser les sources anthropiques dans les zones marines à partir de données de télédétection et de SIG ;
- Développer des méthodologies pour combiner les données de télédétection et de SIG afin d'optimiser la caractérisation des sources anthropiques ;
- Concevoir une base de données marine adaptée pour stocker et gérer les données nécessaires à la caractérisation des sources anthropiques ;
- Évaluer la fiabilité et la précision des résultats obtenus à partir de l'analyse des données de télédétection et de SIG ;

Cette thèse vise à exploiter le potentiel de la télédétection et des SIG pour une gestion plus efficace et durable des zones côtières en caractérisant les sources anthropiques de pollution. Les avantages résident dans une meilleure compréhension des facteurs de pollution, une planification stratégique et des décisions informées visant à préserver les précieux écosystèmes côtiers

CHAPITRE 2

Approches méthodologiques et outils de collecte de données

Méthodes de caractérisation des sources anthropiques

Collecte et traitement des données de télédétection et des données SIG

Conception de la base de données

Description des sites d'étude

Dans ce chapitre de thèse, nous avons abordé en détail les méthodes de caractérisation des sources anthropiques, une démarche essentielle pour comprendre l'impact de l'activité humaine sur l'environnement. Plus précisément, nous avons exploré les quatre piliers fondamentaux de cette démarche :

Nous avons examiné les différentes approches et techniques utilisées pour identifier, quantifier et caractériser les sources d'influence humaine sur un environnement donné. Cela inclut l'identification de diverses activités humaines telles que l'urbanisation, l'agriculture, l'industrie et l'exploitation des ressources naturelles.

Nous avons mis en évidence l'importance de la télédétection pour acquérir des données à partir de sources telles que les images satellites, les photographies aériennes. Nous avons également discuté de l'utilisation des systèmes d'information géographique (SIG) pour stocker, analyser et visualiser ces données de manière spatiale. Ces outils ont été présentés comme des éléments clés pour une analyse approfondie.

Nous avons examiné la création d'une base de données spécifiquement adaptée à la caractérisation des sources anthropiques. Cela inclut la structuration des données, la création de schémas, et la gestion de ces informations. Une base de données solide est essentielle pour stocker efficacement de grandes quantités de données spatiales et attributaires.

Nous avons souligné l'importance de décrire en détail les sites d'étude, en mettant en évidence leur contexte géographique, leurs caractéristiques physiques, et les facteurs environnementaux spécifiques qui les affectent. Cette description fournit un cadre essentiel pour l'interprétation des données collectées.

Dans l'ensemble, ce chapitre a mis en évidence l'importance de ces méthodes pour comprendre les impacts de l'activité humaine sur l'environnement et a établi une base solide pour la recherche à venir dans le domaine de la gestion des ressources naturelles et de l'aménagement du territoire.

Introduction

Au cours des années, la compréhension et la caractérisation des sources anthropiques de pollution ont connu une évolution substantielle, en réponse à la nécessité grandissante de faire face aux conséquences préjudiciables de nos activités sur l'écosystème et la santé humaine. Cette dynamique a engendré une diversité de méthodes spécifiques, conçues pour identifier, quantifier et décrire de manière précise les actions humaines qui engendrent l'émission de substances polluantes et qui induisent des répercussions sur notre environnement. Dans cette introduction, nous nous aventurons à travers les différentes approches employées pour caractériser les sources anthropiques de pollution, et nous plongeons en profondeur dans l'importance cruciale de collecter et de traiter les données provenant de la télédétection et des systèmes d'information géographique (SIG), tout en mettant en lumière la conception soignée des bases de données, fondamentale pour mener à bien cette tâche capitale.

2.1. Méthodes de caractérisation des sources anthropiques

Des études ont été menées pour développer des méthodes spécifiques de caractérisation des sources anthropiques de pollution. Par exemple, une étude a proposé une méthodologie pour la recherche de l'origine de contaminations ou pollutions, naturelles ou anthropiques, par polluants minéraux ou organiques dans les sols ou les eaux souterraines (**Idoughi, 2015**). Une autre étude a exploré l'apport des méthodes géophysiques pour la caractérisation des sites potentiellement pollués, en détectant les sources de pollution et en délimitant les zones contaminées par des composés organiques (**Assan, 2017**). Une étude a également proposé une méthode de caractérisation de polluants atmosphériques à haute résolution spatiale par télédétection optique (**Callier L., 2002**). En somme, ces études montrent que la caractérisation des sources anthropiques de pollution est un domaine de recherche en constante évolution, avec de nouvelles méthodes et technologies émergentes pour mieux comprendre les impacts environnementaux et sanitaires de ces sources.

Les méthodes de caractérisation des sources anthropiques visent à identifier et à décrire les activités humaines qui contribuent aux émissions de substances ou aux impacts environnementaux. Voici quelques méthodes couramment utilisées pour caractériser ces sources :

- **Inventaires d'émissions** : Ces méthodes impliquent la collecte de données sur les activités humaines, telles que l'industrie, le transport, l'agriculture, etc., ainsi que les quantités de polluants qu'elles émettent dans l'air, l'eau ou le sol. Ces inventaires sont souvent compilés au niveau régional ou national pour évaluer l'ampleur de chaque source.
- **Analyse des données statistiques** : L'analyse de données historiques, telles que la production industrielle, les données de circulation routière, les données de consommation d'énergie, etc., peut aider à estimer les émissions potentielles associées à différentes sources.
- **Modélisation mathématique** : Les modèles mathématiques, tels que les modèles atmosphériques ou hydrologiques, peuvent être utilisés pour simuler la dispersion des

polluants dans l'environnement à partir de différentes sources. Ces modèles aident à prévoir comment les émissions d'une source particulière pourraient se propager et affecter la qualité de l'air, de l'eau ou du sol.

- **Échantillonnage et analyses sur site** : Pour certaines sources spécifiques, des échantillonnages et des analyses directes sur place peuvent être effectués. Par exemple, pour caractériser les effluents industriels ou les déchets, des prélèvements sont effectués pour analyser la composition chimique, les concentrations de polluants, etc.
- **Enquêtes et questionnaires** : Des enquêtes auprès des entreprises, des industries ou d'autres entités peuvent fournir des informations sur les procédés de production, les matières premières utilisées, les pratiques de gestion des déchets, etc. Ces informations sont ensuite utilisées pour estimer les émissions potentielles.
- **Technologies de surveillance en temps réel** : Des technologies de surveillance en temps réel, telles que les capteurs environnementaux, peuvent être déployées pour mesurer directement les niveaux de polluants émis par différentes sources.
- **Analyse géospatiale** : L'analyse géospatiale combine des données géographiques avec des informations sur les activités humaines pour cartographier les sources potentielles de pollution. Cela peut inclure la localisation des industries, des zones urbaines denses, des zones agricoles, etc.

Les méthodes de caractérisation des sources anthropiques de pollution présentent certaines limites, notamment :

- **Manque de précision** : Les méthodes d'inventaire d'émissions peuvent manquer de précision en raison de l'absence de données précises sur les quantités de polluants émis par chaque source (**Callier L., 2002**).
- **Manque de représentativité** : Les enquêtes et questionnaires peuvent ne pas être représentatifs de toutes les sources de pollution, car certaines entreprises ou industries peuvent ne pas répondre ou fournir des informations incomplètes (**Callier L., 2002**).
- **Coût élevé** : Certaines méthodes, telles que l'échantillonnage et les analyses sur site, peuvent être coûteuses et nécessiter des équipements spécialisés (**Dacko & Simon, 2018; Favez, 2008**).
- **Limites techniques** : Les technologies de surveillance en temps réel peuvent présenter des limites techniques, telles que des erreurs de mesure ou des interférences avec d'autres sources de pollution (**Dacko & Simon, 2018**).
- **Limites géographiques** : L'analyse géospatiale peut être limitée par la disponibilité de données géographiques précises ou par la difficulté à cartographier certaines sources de pollution, telles que les sources diffuses.

Ces méthodes sont souvent utilisées conjointement pour obtenir une image plus complète des sources anthropiques et de leur impact sur l'environnement. L'objectif ultime est d'identifier les sources clés de pollution afin de prendre des mesures efficaces pour atténuer leurs effets nocifs.

2.2. Collecte et traitement des données de télédétection et des données SIG

L'importance de la collecte et du traitement des données de télédétection et des données SIG (Systèmes d'Information Géographique) s'étend bien au-delà de la simple manipulation de chiffres et de cartes. C'est une démarche qui ouvre la porte à une compréhension approfondie de notre planète et de la manière dont nous interagissons avec elle. Dans un monde où les défis environnementaux, sociaux et économiques sont de plus en plus complexes, l'analyse géospatiale joue un rôle décisif en offrant des perspectives inestimables pour orienter nos actions.

En combinant les données provenant de satellites, d'aéronefs et de sources terrestres avec les informations contextuelles fournies par les systèmes SIG, nous sommes en mesure de cartographier avec précision les caractéristiques du paysage, qu'il s'agisse de la végétation, des cours d'eau, des infrastructures urbaines ou des zones industrielles. Cette visualisation en couches d'informations nous permet de transcender les frontières géographiques et de déceler des tendances, des modèles et des relations spatiales qui, autrement, resteraient invisibles.

Cela ne se limite pas seulement à l'observation. Les données de télédétection et les systèmes SIG sont des outils puissants pour la prévision et la planification. Ils nous aident à anticiper les évolutions futures en évaluant les tendances passées, en analysant les modèles de déplacements urbains, en estimant les besoins en ressources et en élaborant des scénarios de développement durable. Par exemple, ils jouent un rôle essentiel dans la gestion des catastrophes naturelles en permettant une réponse rapide et ciblée grâce à la visualisation des zones touchées et à l'évaluation des dommages.

Le traitement des données de télédétection est un processus qui consiste à extraire des informations utiles à partir des images satellites ou aériennes. Ce processus peut inclure des étapes telles que la correction géométrique, la correction radiométrique, la classification d'image, etc. (Devillers, 2004). La collecte de données SIG et télédétection peut inclure des activités telles que la numérisation de cartes, la collecte de données sur le terrain, la collecte de données à partir de sources en ligne, etc.

L'intégration des données de télédétection dans un SIG permet de combiner des informations spatiales et temporelles pour une analyse plus approfondie. Cette intégration peut inclure des étapes telles que la géoréférencement, la mosaïque d'images, la classification d'image, etc.

2.3. La conception de la base de données

La conception de la base de données revêt une importance déterminante pour la gestion et l'exploitation efficaces des données géospatiales, en offrant une infrastructure solide pour stocker, gérer et récupérer des informations géographiques de manière systématique et rentable (Devillers, 2004).

La zone côtière de l'Algérie est un espace d'une grande importance écologique, économique et sociale. Elle abrite une diversité de milieux naturels, des écosystèmes fragiles et une multitude d'activités humaines. Afin de préserver et de gérer de manière efficace cette zone, il est essentiel de disposer d'un outil de gestion performant et adapté aux spécificités de la région.

La conception de la base de données revêt une importance déterminante pour la gestion et l'exploitation efficaces des données géospatiales, en offrant une infrastructure solide pour stocker, gérer et récupérer des informations géographiques de manière systématique et rentable (**Devillers, 2004**).

C'est dans cette optique que nous avons choisi de développer une base de données sur le logiciel SIG ArcGIS, en se basant sur la loi littorale de l'Algérie. Cette loi, qui encadre l'occupation et l'utilisation du territoire côtier, constitue un cadre réglementaire essentiel pour assurer une gestion durable de la zone côtière.

Notre démarche repose sur plusieurs arguments solides. Tout d'abord, l'utilisation d'un logiciel SIG tel que ArcGIS permet de regrouper et de visualiser de manière claire et précise les différentes informations relatives à la zone côtière. En structurant ces données selon des thématiques telles que **la réglementation, l'occupation du territoire, le milieu physique, le milieu naturel, les infractions et les menaces, (figure 2.1)** nous facilitons la compréhension et l'analyse de la situation.

De plus, en intégrant la loi littorale de l'Algérie dans notre base de données, nous nous assurons de respecter les dispositions légales en vigueur et de prendre en compte les spécificités locales. Cela permettra aux gestionnaires de la zone côtière de disposer d'un outil fiable et actualisé pour prendre des décisions éclairées et cohérentes.

Enfin, notre démarche vise également à favoriser la collaboration et l'échange d'informations entre les différents acteurs impliqués dans la gestion de la zone côtière. En centralisant les données sur une plateforme commune, nous encourageons la coordination et la concertation entre les autorités locales, les organismes de protection de l'environnement, les acteurs économiques et la société civile.

Donc nous avons suivi une approche méthodique, se déclinant en plusieurs étapes clés.

La première étape a consisté à définir les objectifs spécifiques pour chaque type de pression anthropique dans la zone d'étude. Cela a impliqué une analyse approfondie des besoins spécifiques pour chaque problème, en déterminant les données géospatiales nécessaires à stocker et à manipuler, ainsi que les objectifs précis des analyses que nous souhaitons réaliser. Par exemple, pour comprendre l'impact des industries sur le littoral, nous avons identifié les données pertinentes telles que les emplacements des usines et les schémas de rejets.

Dans la deuxième étape, nous avons identifié les entités géospatiales clés, comme les sites d'intérêt, les routes et les zones spécifiques. De plus, nous avons analysé les relations spatiales et attributaires entre ces entités. Par exemple, dans le cas d'un établissement classé industrielle, nous avons établi la relation entre l'établissement en question, les infrastructures routières environnantes et les cours d'eau à proximité.

Le choix d'un modèle de données approprié a constitué **la troisième étape**. Nous avons opté pour une approche qui combine les avantages des modèles relationnels (basés sur des tables) et des modèles orientés objet (utilisant des objets géographiques). Cette décision a été motivée par notre désir de tirer parti de la structure tabulaire pour les attributs et des fonctionnalités spatiales pour les données géographiques.

La quatrième étape a impliqué la création de tables pour chaque entité identifiée. Nous avons spécifié les attributs (champs) associés à chaque entité, conformément aux besoins de caractérisation des sources anthropiques. Par exemple, pour les points d'intérêt, nous avons inclus des champs tels que le nom, les coordonnées et le type de site (**Annexe1**).

Dans la cinquième étape, nous avons défini la manière de stocker les données spatiales, en attribuant des types de données appropriés pour les points, les lignes et les polygones. Cela a permis de garantir la représentation précise des géométries des entités.

La sixième étape s'est concentrée sur la définition des relations spatiales. Par exemple, nous avons établi les relations de proximité ou d'inclusion entre les zones sensibles, comme les zones résidentielles, et les sources potentielles de pollution.

Enfin, **la septième étape** a été consacrée à l'intégration des données dans les tables correspondantes, en respectant les structures définies précédemment. En rassemblant les données géospatiales et les attributs pertinents, nous avons pu créer une base de données robuste qui servira de fondement à notre analyse approfondie des sources anthropiques dans le littoral de la wilaya d'El Tarf.

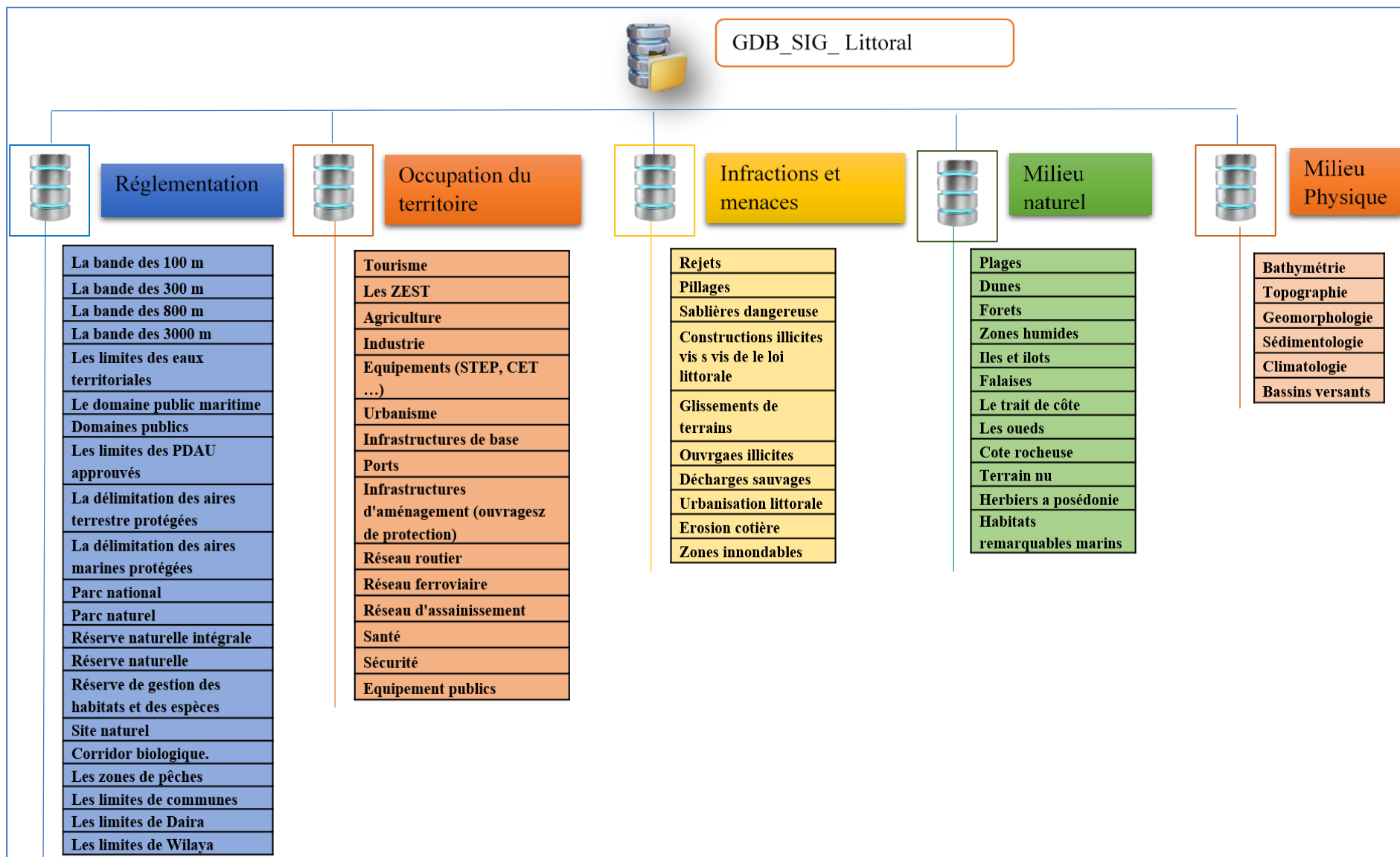


Figure 2. 1 : architecture de la GDB (B.Belloulou 2022)

2.4. Description de la zone d'étude

2.4.1. Présentation de la wilaya d'El Tarf.

2.4.1.1. Localisation

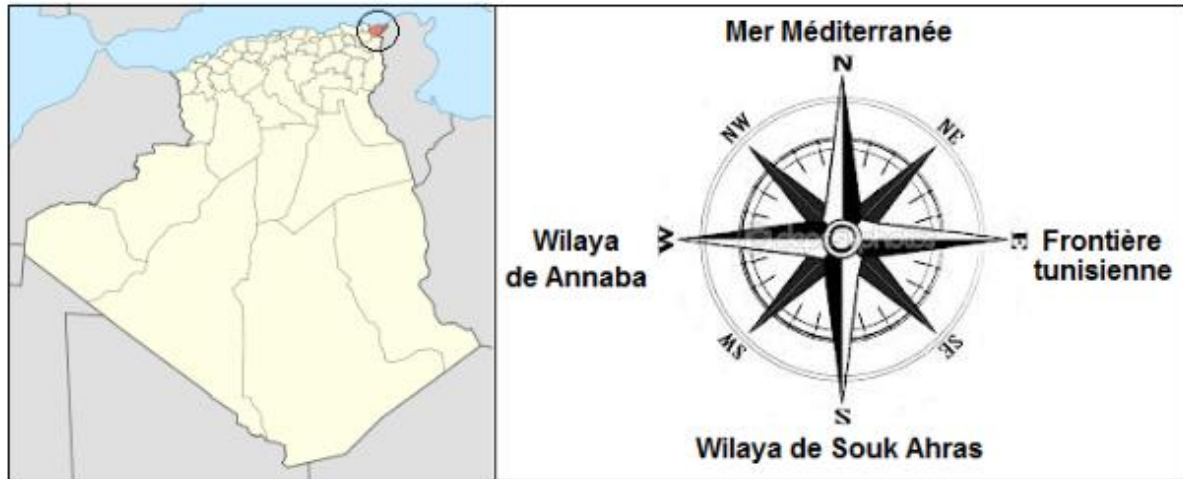


Figure 2. 2: localisation de la wilaya d'El tarf

La wilaya d'El Tarf s'étend sur une superficie de **2813,04 km²** et est délimitée par différents éléments géographiques. Au nord, elle est bordée par la mer Méditerranée, tandis qu'au sud se trouvent les villes de Souk-Ahras et Guelma. À l'ouest, elle est limitrophe d'Annaba, et à l'est, elle est frontalière avec la Tunisie (**figure 2. 2**). Le littoral de la wilaya d'El Tarf s'étend sur une distance de 90 km. Cette région côtière comprend à la fois une zone maritime et un plateau continental délimité par l'isobathe des -110 m, qui peut s'étendre jusqu'à 21 km.

D'un point de vue administratif, la wilaya d'El Tarf est située à l'extrême nord-est de l'Algérie ; sa population était d'environ **495685 habitants fin 2021**. Elle est composée de **7 daïras** (El Tarf, El Kala, Ben M'hidi, Besbes, Dréan, Bouhadjar et Boutheldja) et de **24 communes**.

Sur le plan régional, le territoire de la wilaya d'El Tarf occupe l'extrémité nord-est de l'Algérie, à la frontière avec la Tunisie. Il est situé le long de la frontière Algéro-tunisienne, depuis la mer Méditerranée au nord jusqu'aux reliefs montagneux de Souk Ahras au sud. Ce territoire présente une variété de reliefs hétérogènes, appartenant tous à la chaîne tellienne. On y trouve notamment les reliefs de Guelma au sud-ouest de la wilaya d'El Tarf, ainsi que les reliefs de Bouchegouf, de Bou Hadjar et des monts de la Medjerda au sud.

D'un point de vue physique, les limites nord de la wilaya sont clairement définies par la côte méditerranéenne, tandis que les autres limites sont purement administratives et artificielles, à l'exception de la frontière orientale avec la Tunisie.

2.4.2. Diagnostic de milieu physique

2.4.2.1. Géologie

La géologie de la wilaya d'El Tarf est principalement caractérisée par les terrains telliens qui se trouvent à la limite du domaine interne des Maghrébides, formant la majeure partie du littoral

Est algérien (**figure 2. 3**). Cette région est composée essentiellement de formations secondaires et tertiaires, surmontées par des formations néogènes et quaternaires. Contrairement à la région d'Annaba, où le domaine interne affleure, la wilaya d'El Tarf se situe en périphérie de ce domaine.

L'histoire géologique de la wilaya d'El Tarf remonte au Trias, avec une prédominance des formations crétacées et oligo-éocènes, ainsi que quelques affleurements miocènes et plio-quaternaires en périphérie. Cette région se trouve à la limite est et sud-est de l'accident géologique qui sépare les terrains du domaine interne.

Ainsi, l'ensemble du territoire d'El Tarf fait partie du domaine tellien externe, où l'on peut observer plusieurs sous-unités nappées.

L'analyse des conditions géologiques révèle la présence de terrains fragiles, principalement composés de formations argileuses, argilo-marneuses et flyschoides localement. Cela se traduit sur le terrain par une forte incidence des phénomènes érosifs, en particulier les ravines et les mouvements de terrain. Il convient également de mentionner la présence de terrains gréseux, où les phénomènes érosifs sont moins prononcés que dans les terrains argileux (**PAWT_EL_TARF**)

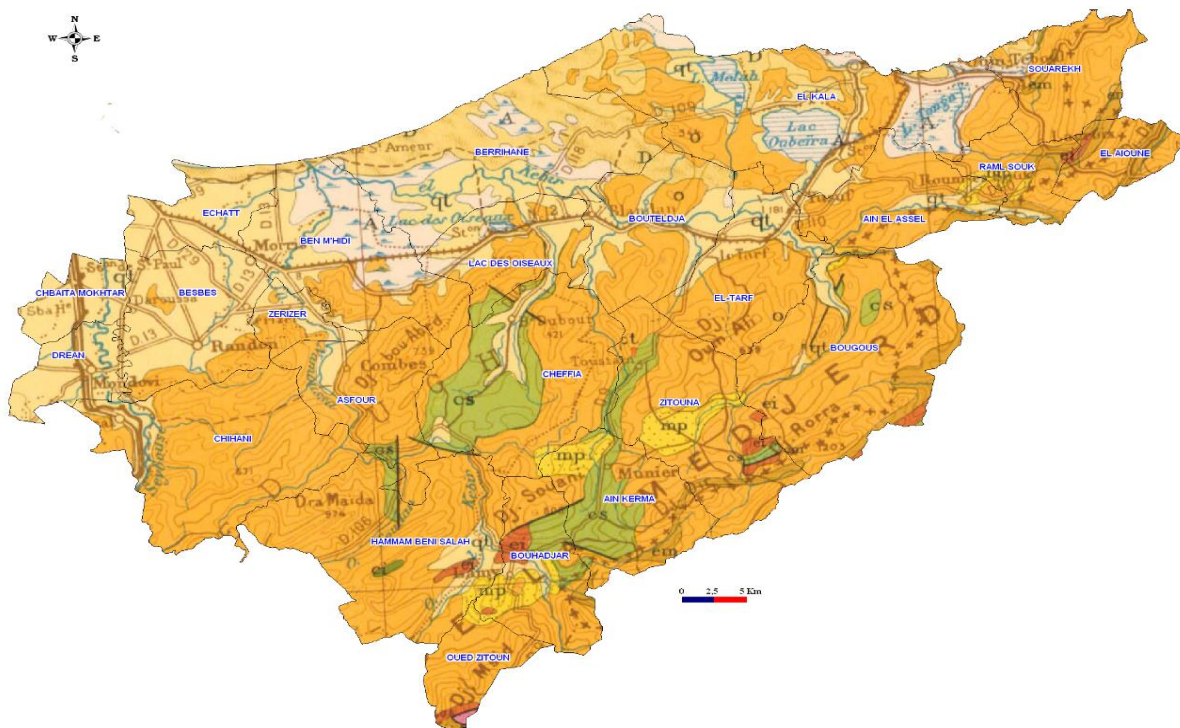


Figure 2. 3: Carte géologique de la wilaya d'El-Tarf (Extrait de la carte géologique de l'Algérie échelle de 1/500.000 2^{ème} édition feuille CONSTANTINE NORD.

TERRAINS SÉDIMENTAIRES

A	Alluvions actuelles: lacs, marécages, deltas, chotts, sabkhas, limons et crues gypso-salines
D	Dunes récentes
qt	Quaternaire continental: alluvions, regs, terrasses
qm	Quaternaire marin: plages anciennes et formations dunaires consolidées qui les accompagnent
qC	Calabrien: grès marins et formations dunaire associées
qV	Villafranchien: calcaires lacustres, argiles à lignite, couches rouges
pV	Pliocène continental et Villafranchien non séparés (pV)
pe	Pliocène continental: padouguais, calcaires lacustres
p	Pliocène marin (conglomérats, marnes bleues, mollusques, grès et formations dunaire subordonnées)
mp	Pontien (équivalent du me)
ms	Miocène terminal marin et lagunaire: couches à Tripoli, marnes à gypse
mm	Miocène supérieur marin: calcaires, grès, argiles
me	me Miocène continental antépontien
mi	Miocène inférieur marin (Burdigalien)
oa	Aquitainien continental (pouvant inclure localement la base du Burdigalien)
oc	Oligocène continental (pouvant inclure localement l'Eocène sup. continental)
o	Oligocène marin incluant localement l'Eocène supérieur
em	Eocène moyen marin
ec	ec Eocène moyen et inférieur continental
ei	Eocène inférieur marin
es	es Crétacé supérieur marin
esc	esc Crétacé supérieur continental
esm	esm Crétacé supérieur marin non subdivisé
em	em Crétacé moyen (marin ou lagunaire)
en	en Cénomannien
en	en Cénomannien
e	e Crétacé marin non subdivisé
ei	Crétacé inférieur (Vraconien à Berriasien)
ci	ci Juvés marins normaux
cip	cip - rivières ou subcrétifères
cic	cic - continentaux ou lagunaires
e	Crétacé et Jurassique non séparés
js ₃	je Jurassique sup. et moyen
js ₂	js ₂ Jurassique sup. et moyen marins non séparés
js ₁	js ₁ Jurassique supérieur non divisé
js ₃	js ₃ Portlandien et Kimmeridgien (pouvant inclure localement le Berriasien)
js ₂	js ₂ Lusitanien
js ₁	js ₁ Oxfordien et Callovien
jm	jm Jurassique moyen (pouvant inclure localement l'Aalénien supérieur)
ji ₃	ji ₃ Aalénien et Toarcien
ji ₂	ji ₂ Domézien et Pfienbachien
ji ₁	ji ₁ Lotharingien à Rhétien
t	Trias marin ou lagunaire
pt	Permo-Trias: grès rouges, conglomérats
hs	hs Westphalien D et Stéphanien
hWC	hW Westphalien AB et C
hW	hW Westphalien AB (hWC) Westphalien AB (hWAB)
hN	hN Namurien
h	h Carbonifère non subdivisé
hV	hV Viséen
hD	hD Dinantien
hT	hT Tournaisien
d	d Dévonien (sup. ds; moyen dm; inf. di)
ss	ss Gothlandien
st	st Ordovicien

ko	Cambro-Ordovicien
ks	Acadien
ki	Géorgien
kx	Conglomérat de base du Géorgien
x	Primaire non subdivisé
X ₂₃	Précambrien supérieur: schistes et grès (conglomérats)
X ₃	
X ₂	Précambrien moyen: schistes et schisto-schistes

TERRAINS MÉTAMORPHIQUES

	Métamorphisme faible de ej et ei (Région d'Oran)
	Métamorphisme de contact
	Micaschistes, schistes satinés
	Gneiss
	Pegmatites
	Calcaires métamorphiques (calcoschistes, cipolins)
	Amphibolites, pyroxénites, grenatites, etc...

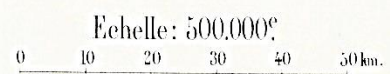
ROCHES IGNÉES

	γ Granites, granodiorites
	γ' Microgranites, microgranodiorites
	δ Diorites, gabbros, dolérites
	ρ Rhyolites, dellérites, dacites et tufs associés
	α Andésites et tufs associés
	β Basaltes et tufs associés
	φ Phonolites
	σ Serpentes
	τω Roches associées au Trias (diorites, ophiolites, gabbros, etc...)

Les lettres: q(Quaternaire), t(Tertiaire), s(Secondaire), pt(Permo-Trias), h(Dévonien et Carbonifère), X₁₋₃(Précambrien), ajoutées aux indices des roches cristallines précèdent l'âge chaque fois qu'il a été possible de le faire.

CARTE GÉOLOGIQUE DE L'ALGÉRIE (2^{ème} édition)

Dressée d'après la 1^{ère} édition et les travaux récents par MM. Cornet A., Dalloni M., Deleu P., Flandrin J., Gautier M., Gourinard Y., Goussouk X., Lafitte R., avec la collaboration de MM. Agnès A., Bertrane J., Caïre A., Chadonson L., Cheylan G., Clair A., Cornet G., Cruys H., Drooger C., Dubourdieu G., Duplan L., Durand-Delgny M., Durouzy G., Genin E., Glaçon J., Glangeaud L., Guillemot J., Helly J., Karpoft R., Lucas G., Marks P., Mattauer M., Maussi H., Marcour P., Raot A., Raouf Th., Sabran G., Thiébaud J., Van de Pliert R. J., Vize L., Voite C. du Service géologique de la Société Nationale de Recherche et d'Exploitation des Pétroles en Algérie et des Services géologiques du Maroc et de la Tunisie pour leurs Territoires respectifs.
Manuscrit mis au point par les soins de M. Bouillon, Chef des Travaux graphiques.
Carte éditée en 1951-1952, M. G. Délier, Ingénieur Général des Mines, étant Directeur du Service de la Carte géologique, MM. R. Lafitte, L. Royer, H. Terrier, Conseillers scientifiques.



98291.05 5500

2.4.2.2. Topo morphologie

La topographie de la wilaya d'El Tarf s'inscrit dans les reliefs de l'extrémité nord-est de la chaîne tellienne algérienne. Ces reliefs sont généralement orientés NE-SO, bien que l'on puisse également observer localement des directions opposées.

La wilaya présente un territoire aux caractéristiques contrastées. Au sud, le relief est très accidenté, tandis que dans sa partie nord, près de la mer, il se distingue par sa simplicité et sa relative platitude. Le domaine montagneux se caractérise par des altitudes absolues souvent supérieures à 500 mètres, ainsi que par de fortes dénivellations et pentes. Dans ce secteur, les dénivellations entre les bas-fonds des oueds et les sommets des reliefs dépassent généralement les 300 mètres (**figure 2.4**).

Les pentes sont très raides dans les montagnes (>25%), modérées sur les bas-reliefs, faibles sur certaines collines et cordons dunaires littoraux (3-12,5%), et très faibles (<3%) dans les plaines et les vallées ouvertes vers la mer (**PAWT_EL TARF**).

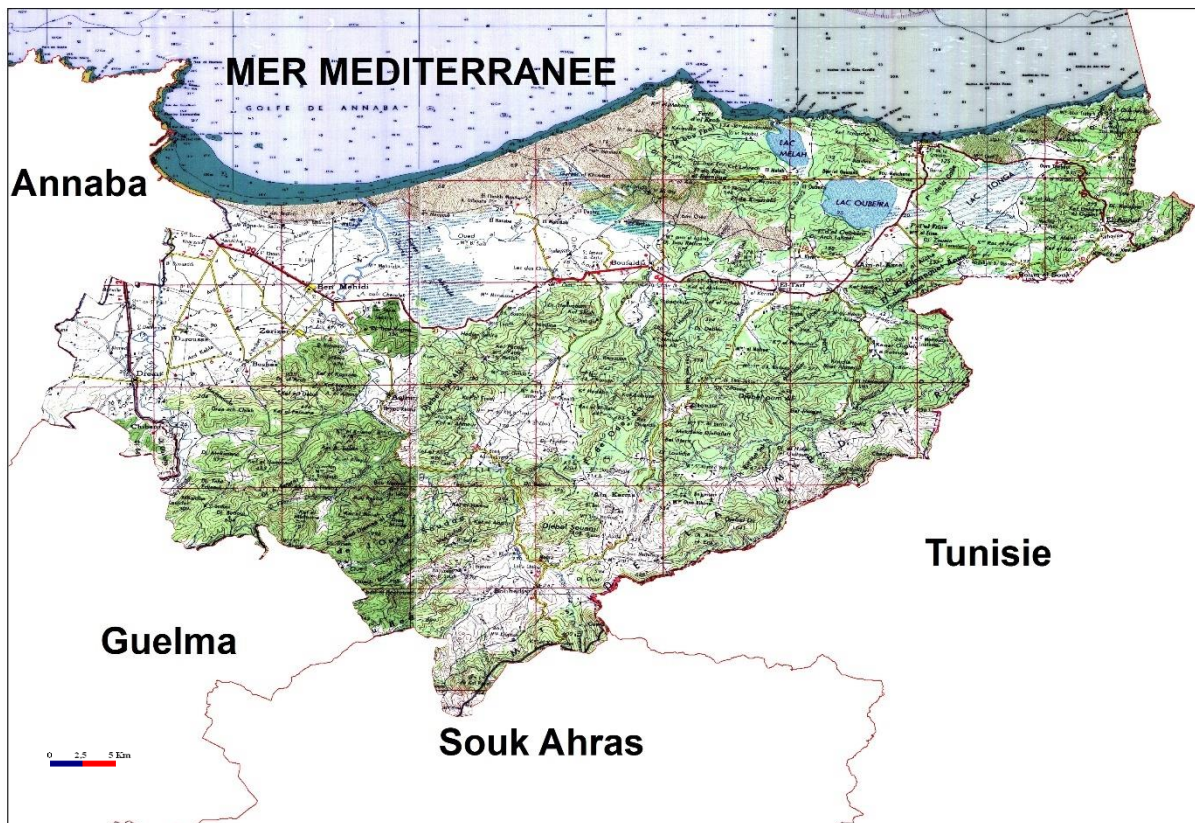


Figure 2. 4: Carte Topographique de la wilaya d'El-Tarf

2.4.2.3. Principaux ensembles topographiques

L'analyse détaillée des reliefs de cette wilaya permet de suivre les grands traits de leur organisation et d'identifier la présence de trois grands ensembles topographiques (**figure 2.5**):

- L'ensemble de la plaine de Ben M'Hidi et de ses vallées ;
- L'ensemble montagneux ;
- L'ensemble collinaire et des bas-reliefs frontaliers.

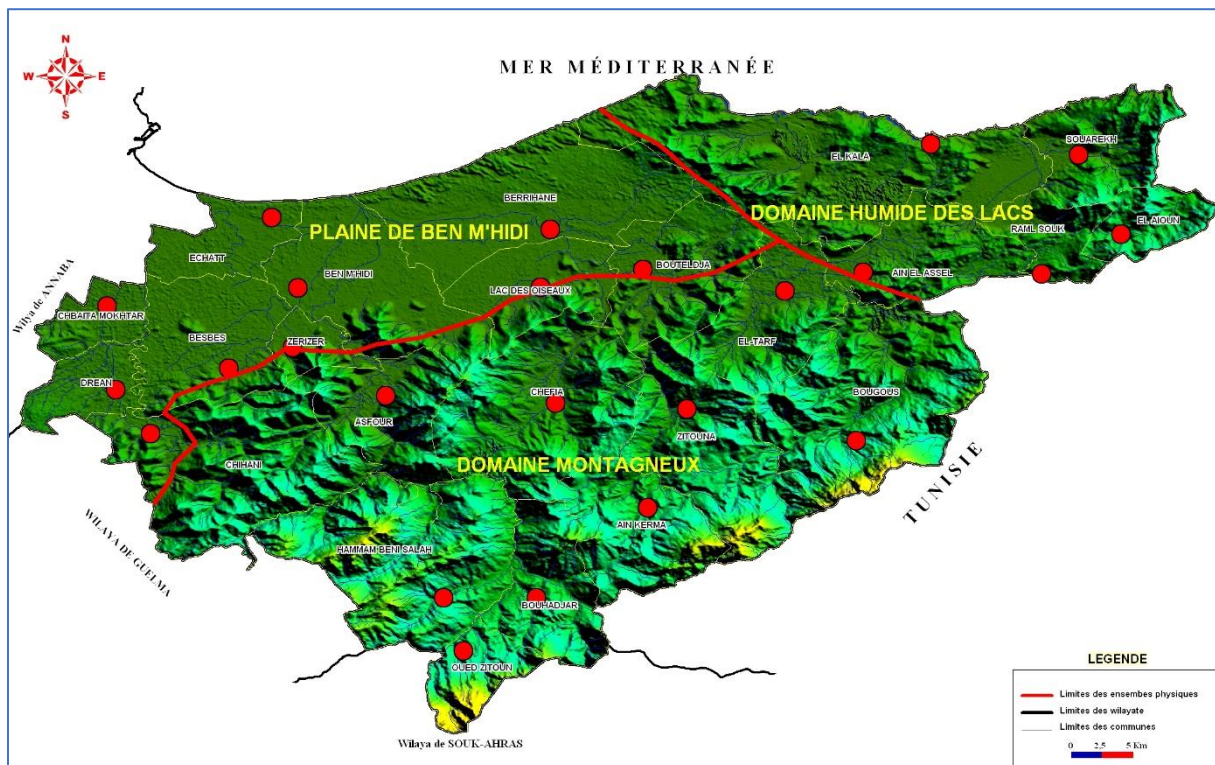


Figure 2. 5: Principaux ensembles topographiques de la wilaya d'El-Tarf.(source PAC El Tarf)

2.4.2.3.1. L'ensemble de la plaine de Ben M'Hidi et de ses vallées

La région comprend la plaine de Ben M'Hidi, ainsi qu'une série de vallées affluentes qui s'élargissent et perdent leur capacité de transport et d'alluvionnement en arrivant dans la plaine. Parmi ces vallées, on trouve les oueds Bou Atallah et Besbès à l'ouest, Bou Namoussa au centre et Bou Latane à l'est, qui se jettent en mer par le biais du chenal de l'oued Mafragh. Ce chenal traverse le grand cordon dunaire de Berrihane, orienté est-ouest. L'oued Seybousse débouche également dans la plaine et forme une partie de la frontière ouest de la wilaya d'El Tarf avec celle d'Annaba (**figure 2.6**).

L'ensemble de Ben M'Hidi est structuré en trois sous-ensembles : la plaine de Ben M'Hidi, le cordon dunaire de Berrihane et les lacs. Chaque sous-ensemble possède ses propres caractères topographiques et ses propres spécificités morphologiques (**PAWT_EL TARF**).

▪ La plaine de Ben M'Hidi

La surface de la plaine est subhorizontale et l'inclinaison n'est visible que du sud vers le nord. Au sud, l'altitude varie de 20 à 30 m, tandis qu'au nord, elle varie généralement de 2 à 10 m, en fonction de l'orientation générale des oueds et de la topographie de la plaine. Il s'agit donc d'une plaine alluviale sujette aux phénomènes d'hydromorphie et d'engorgement des sols, d'autant plus que la formation de lacs ou de marécages est fréquente dans cette zone.

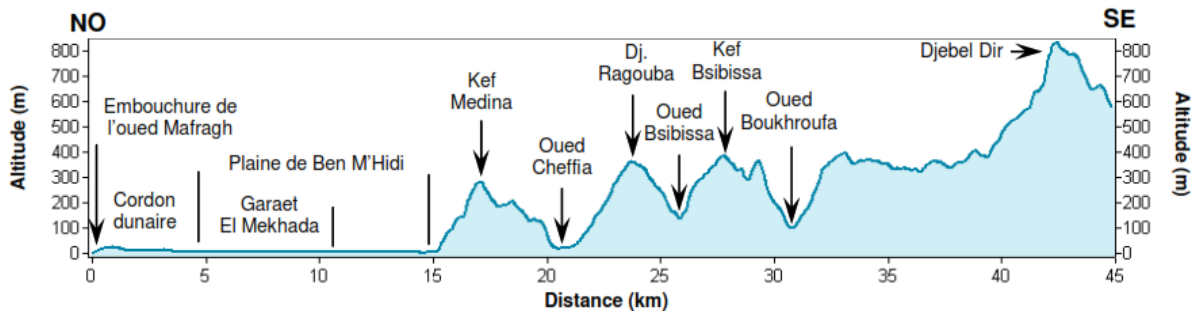


Figure 2. 6: Profil topographique NO_SE (à partir l'Embochure de l'Oued Mafragh _Commune de BENMHIDI_ vers Djebel Dir _Commune BOUHADJAR_) source Google Earth pro.

Cette situation est liée au fait que la plaine de Ben M'Hidi soit encadrée par le domaine montagneux au Sud et à l'Est et le cordon dunaire au Nord. Tandis qu'à l'Ouest cette plaine ne se ferme qu'en dehors de la wilaya d'El Tarf, au-delà du lac Fetzara au SW de Annaba en allant vers les reliefs de Skikda et Guelma.

C'est un bassin qui correspond à une plaine évasée et traversée d'Est en Ouest par plusieurs oueds dont l'orientation est Sud-Nord, ex des oueds Seybouse, Bounamoussa et Cheffia.

Notons aussi que l'inclinaison générale de cette plaine est variable, elle est à la fois Sud-Nord, en suivant l'inclinaison générale des reliefs, sinon elle est Est-Ouest pour la partie Est et Ouest-Est pour la partie Ouest de la plaine. Comme il est difficile d'apprécier la longueur de cette plaine, car elle prolonge celle de Annaba, elle peut, toutefois être estimée à plus de 70kms pour l'ensemble (**PAWT_EL TARF**).

▪ Le cordon dunaire

Le cordon dunaire dans cette région, connu sous le nom de Berrihane, est très étendu et constitue un véritable obstacle pour les oueds venant du sud ainsi que pour la houle et les vents du nord. Les dunes ont une altitude variable, allant de 10 à 15 m à l'ouest, de 60 à 80 m au centre et de 90 à 120 m à l'est. Cela témoigne de l'accumulation de sable dans cette zone, avec des dunes importantes souvent stabilisées par la végétation (**PAWT_EL TARF**).

▪ Les lacs et les marécages

Le système des lacs comprend le grand lac de Garaet el Mekhada au centre-nord de la plaine de Ben M'Hidi, le lac des oiseaux au pied des montagnes au sud, ainsi que plusieurs petits lacs autour de Garaet el Khoubzi à l'est de la même plaine. La superficie de ces lacs dépend des précipitations annuelles et du débit des oueds provenant des montagnes du sud. Ce système présente à la fois des contraintes, telles que l'hydromorphie et l'engorgement des sols, ainsi que des avantages, tels que la disponibilité de l'eau et de l'humidité. (PAWT_EL TARF).

2.4.2.3.2. L'ensemble montagneux

L'ensemble montagneux représente plus de 50% de la superficie de la wilaya d'El Tarf et constitue la majeure partie de ses paysages morphologiques. Les reliefs sont généralement alignés dans une direction NE-SW, avec des directions secondaires, principalement NW-SE. Les reliefs sont accidentés, en particulier à l'est le long de la frontière et au sud-ouest en direction des wilayas de Souk-Ahras et Guelma. Les altitudes absolues sont souvent supérieures à 600 m, avec des pentes raides (> 25%) et de fortes dénivellations entre les sommets des reliefs et les fonds des oueds (PAWT_EL TARF).

2.4.2.3.3. L'ensemble collinaire et des bas-reliefs frontaliers : ou domaine des lacs

Ce groupe de reliefs se trouve dans la partie nord-est de la wilaya d'El Tarf, et il est associé à une série de lacs ainsi qu'à la majeure partie du Parc National d'El Kala. Cet environnement présente un écosystème distinctif caractérisé par des reliefs modérés, avec des altitudes généralement faibles à modérées, variant de 200 à 400 mètres. Par exemple, le Kef Trebiche atteint une altitude de 256 mètres, tandis que la crête d'El Kala, principalement recouverte de forêt, culmine à 175 mètres. (figure 2.7).

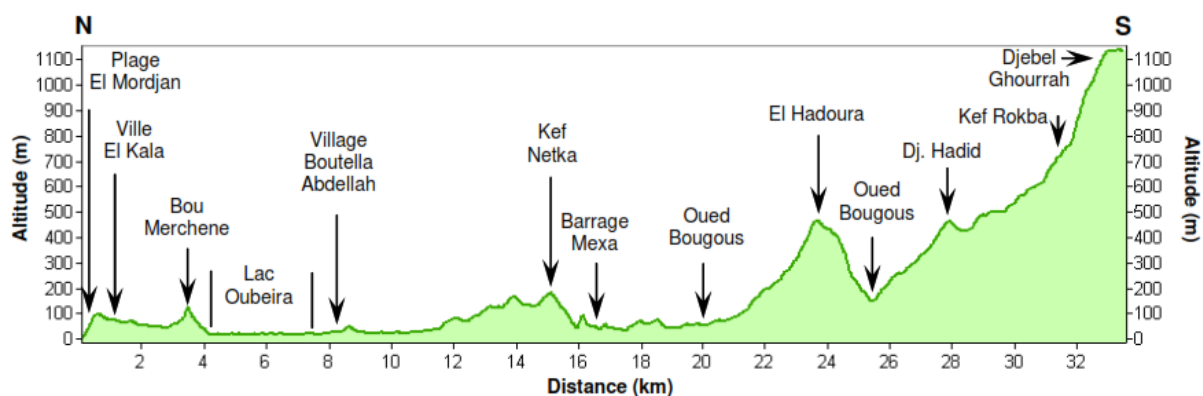


Figure 2. 7: Profil topographique N_S (à partir de la plage El Mordjanne Commune EL KALA vers Djebel Ghourah Commune de BOUGOUSS_) source Google Earth pro.

Cette zone prend de l'altitude à la frontière avec la Tunisie, mais ne dépassant pas les 600m. Cet ensemble, par ces reliefs modérés et collinaires et par les lacs développés dans les creux installés entre ces reliefs a donné lieu à un milieu spécifique, un milieu où

se combinent plusieurs caractères pour donner cet écosystème humide. Un milieu caractérisé par la moyenne élevée des précipitations, par le développement de lacs et par le grand développement de paysages forestiers.

Ce sont ces données qui ont donné lieu à la création du Park National d'El Kala et à l'origine de son classement international de réserve de la biosphère (**PAWT_EL TARG**)..

2.4.2.4. Lithologie et sols

En ce qui concerne la lithologie et les sols, les terrains argileux et gréseux prédominent dans les paysages du domaine montagneux, suivis des faciès flyschoids argilo-gréseux, des argiles rouges ou grises, des conglomérats et des terrains sablonneux, ainsi que localement des calcaires. Dans le domaine collinaire au nord-est, les terrains argileux et gréseux persistent autour des lacs, mais des dunes apparaissent également sur la marge littorale (**figure 2.8**)..

Dans la plaine de Ben M'Hidi, on trouve des formations alluvionnaires épaisses avec des niveaux argilo-sablo-conglomératiques, favorisant le développement de marécages et de sols hydromorphes en raison du climat humide et d'une pluviométrie annuelle moyenne dépassant les 1000 mm.

Les sols les plus répandus dans la wilaya d'El Targ, en particulier à l'est et au sud, sont les sols podzoliques, présents autour des lacs littoraux, des terrains montagneux et forestiers le long de la frontière tunisienne, ainsi que sur les terrains limitrophes avec la wilaya de Souk Ahras. On trouve également des sols dunaires le long de la bande littorale, principalement à l'ouest et au centre de cette zone côtière. De plus, cette région est connue pour son climat humide et ses nombreux lacs, où se développent des sols de marais et des sols salins de type solontchak ou solonetz. (**PAWT_EL TARG**).

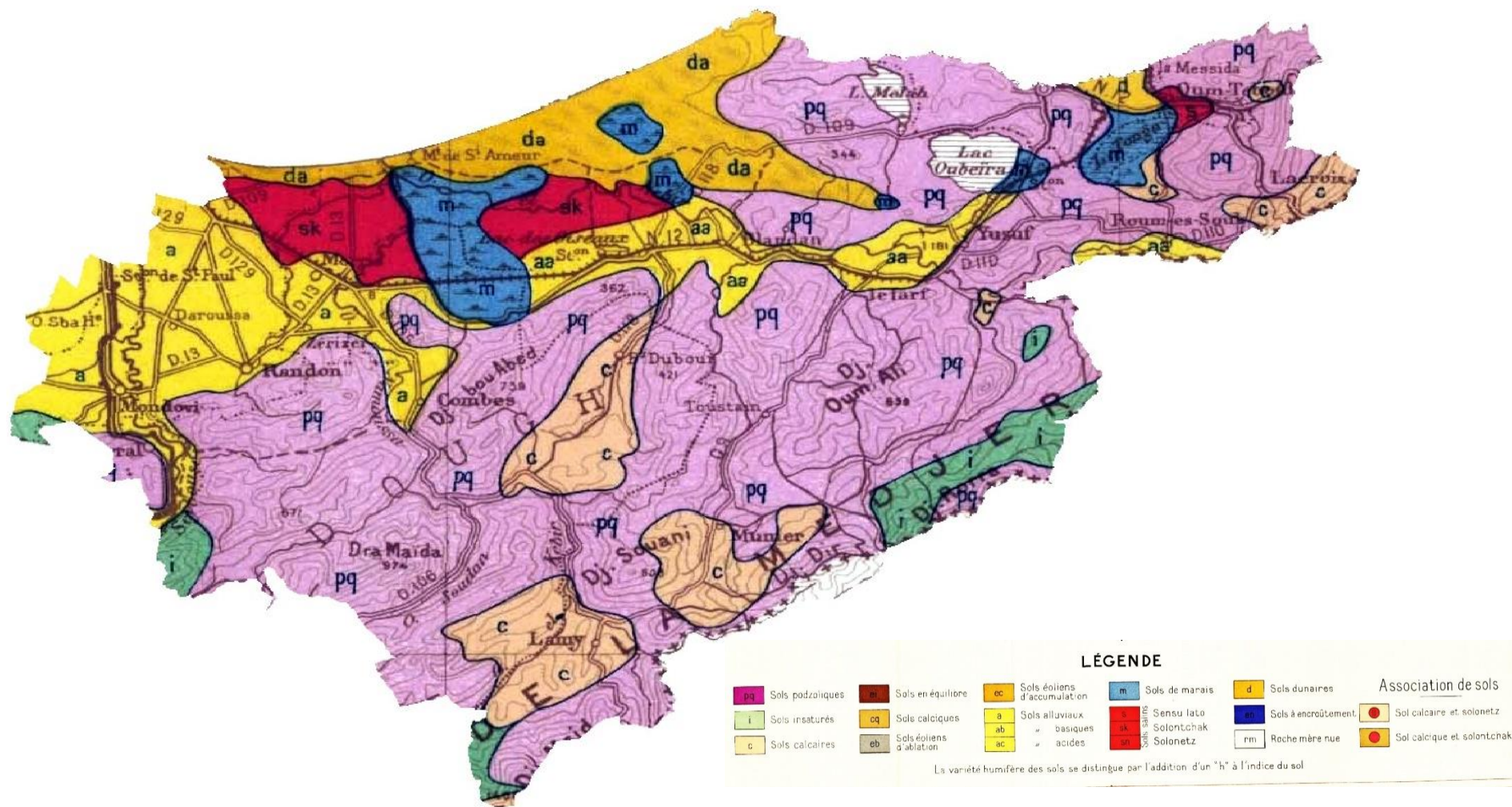


Figure 2. 8: Carte de sol de la wilaya d'El Tarf (extrait de la carte de sol de l'Algérie échelle 1/500.000 feuille Constantine)

2.4.2.5. Hydrologie

Le réseau hydrographique de la wilaya d'El Tarf présente des caractéristiques uniques par rapport aux autres régions telliennes. Il se distingue par la présence d'un grand nombre de lacs et de marécages développés dans la partie basse de la wilaya, principalement dans la plaine de Ben M'Hidi et localement à travers les reliefs collinaires de l'extrémité nord-est de la wilaya, près de la frontière tunisienne. Cependant, à l'exception des oueds qui se jettent dans les lacs, l'ensemble du réseau hydrographique de la wilaya s'écoule vers la mer Méditerranée. (M.A.T.E., 2010).

2.4.2.5.1. Les oueds

La plupart des cours d'eau dans cette wilaya suivent généralement une direction nord-sud, en accord avec la topographie globale de la région. Cependant, il peut arriver que certains cours d'eau adoptent une orientation nord-est/sud-ouest ou localement nord-ouest/sud-est, en suivant toujours l'orientation générale des reliefs dans cette wilaya, tout comme les autres reliefs de l'Algérie septentrionale.

La typologie du réseau hydrographique dans cette wilaya, tout comme dans les autres régions telliennes, est étroitement liée à la topographie, aux structures géologiques et à la morphologie des terrains. Ainsi, certains cours d'eau se jettent directement dans la mer, tandis que d'autres atteignent la mer de manière indirecte, en passant par des lacs ou des marécages. C'est le cas pour une grande partie des cours d'eau de la plaine de Ben M'Hidi et des reliefs méridionaux de la wilaya d'El Tarf. De plus, il existe des cours d'eau secondaires qui prennent souvent la forme de ravins ou localement de torrents, lorsque de grands ravins descendent abruptement vers la mer ou vers un niveau de base local, comme c'est le cas avec le lac Tonga.

Dans l'ensemble, la wilaya d'El Tarf est drainée par trois principaux systèmes hydrographiques.

- Le premier système concerne l'oued Seybousse, qui traverse la partie ouest de la wilaya, de Drean au nord à Chihani au sud.
- Le deuxième système hydrographique, le plus important de la wilaya, est celui de l'oued Mefragh. Il draine la majorité des cours d'eau de la région, provenant des reliefs montagneux du sud et s'étendant d'ouest en est. Les principaux cours d'eau de ce système comprennent :
 - L'oued Bou Namoussa, qui draine le plus grand bassin versant de la wilaya. Il reçoit l'oued El Kébir avec ses principaux affluents, tels que les oueds M'Kouk et Bou Hadjar. Il est important de noter qu'il y a deux cours d'eau portant le même nom dans la wilaya d'El Tarf : l'oued El Kébir à l'ouest, un affluent de l'oued Bou Namoussa, et l'oued El Kébir à l'est, le plus important, qui draine la partie est et sud-est de la wilaya.
 - L'oued Cheffia, qui change de nom en aval de la région montagneuse et devient l'oued Bou Latane aux environs de Bouteldja. Bien qu'il soit plus petit que l'oued Bou Namoussa, il reste important en termes d'écoulement des eaux.
 - L'oued El Kébir (Est), qui a une direction principale est-ouest, draine la majeure partie des cours d'eau provenant du sud-est et de l'est de la wilaya.

Marais de la Mekhada : est une zone humide palustre située entre les dunes littorales au nord et les massifs argileux et forestiers de la Cheffia au sud. Il occupe les parties basses de la cuvette de remplissage alluvionnaire et colluvionnaire de la plaine de la Mafragh, alimenté par les oueds Bou Namoussa et El Kébir. Les eaux sont douces, sauf à l'embouchure où elles deviennent saumâtres en raison du contact avec la mer Méditerranée. **(figure 2.10).**

L'aulnaie de Aïn Khar : d'une superficie de 50 ha, se trouve entre le cordon dunaire littoral et la plaine agricole d'El Tarf. Elle reçoit les eaux des crues de l'oued El Kébir en hiver, ce qui la transforme en une zone marécageuse. En tant que partie de la basse plaine, elle peut rester inondée même en été, surtout lors de pluies tardives en avril-mai. **(figure 2.10)..**

Le Lac Noir : situé sur le chemin de wilaya N°109 entre Annaba et El Kala, est un ancien lac asséché accidentellement par l'ouverture d'un forage important à proximité et la construction de la route de wilaya 109 reliant Annaba à El Kala. Il s'agit d'un ancien marais d'une superficie de 5 ha, entouré d'une dense forêt de chênes liège et verts. Les villages les plus proches sont ceux des communes de Berrihane, Righia, Boutheldja et Lagareb. **(figure 2.10)..**

2.4.2.5.3. Les barrages et retenues collinaires

Il y a actuellement deux barrages en exploitation dans la wilaya d'El Tarf :

- Le barrage de Cheffia, situé sur l'oued Bou Namoussa, contrôle un bassin versant de 579 km².
- Le barrage de Mexa, situé sur l'oued El Kébir Est, initialement contrôlait un bassin d'une superficie de 560 km², mais cette superficie a été réduite à 393 km² après la construction d'un barrage sur l'oued Barbara en Tunisie. Après la réalisation du barrage Bougous, la superficie contrôlée est réduite à 158 km².

En plus de ces barrages, la wilaya d'El Tarf compte 12 retenues collinaires qui ont été principalement construites dans les années 80 dans le cadre d'un programme de petite et moyenne hydraulique. Ces retenues collinaires ont une capacité totale de 2762 hm³.

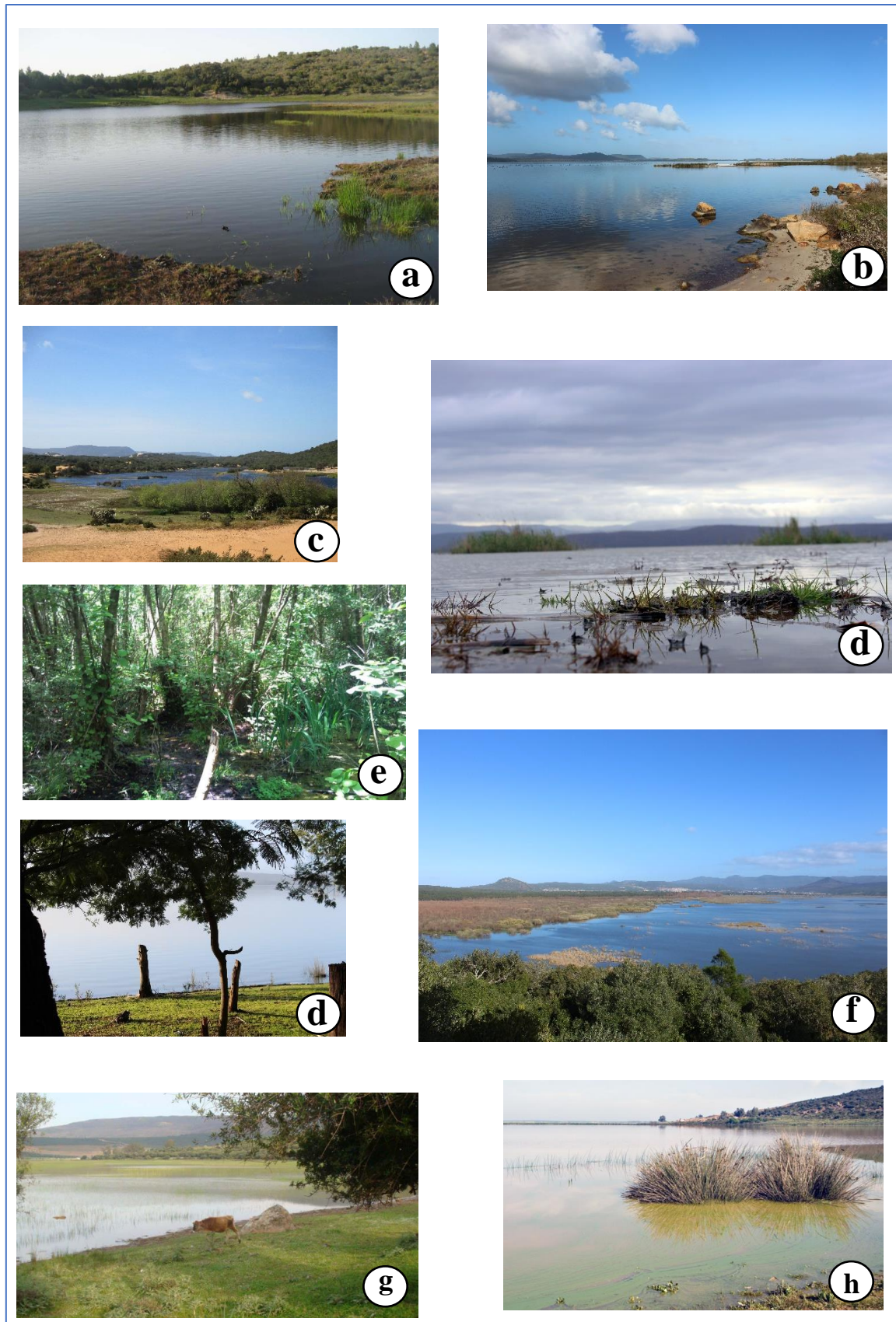


Figure 2. 10: Catalogue des photos sur les lacs excitent dans la wilaya d’El-Tarf.
a. lac noir ; **b.** Lac El Mellah ; **c.** Lac Bleu ; **d.** Lac Obeira ; **e.** Aulnie de Ain khiair ; **f.** Lac Tonga ; **g.** Marais de Mekhrada ; **h.** lac des oiseaux

2.4.3. La climatologie :

Tableau 2. 1: Tableau climatique de la wilaya d'El Tarf.

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Température moyenne (°C)	11.2	11.1	13.2	15.4	18.5	22.5	25.6	26.2	23.5	20.6	15.7	12.5
Température minimale moyenne (°C)	8.4	8	9.7	11.7	14.5	18	20.9	21.8	19.9	17.2	12.9	9.8
Température maximale (°C)	14.3	14.4	16.8	19.2	22.4	26.7	30	30.6	27.4	24.4	19	15.5
Précipitations (mm)	117	101	89	79	54	17	3	15	53	78	114	114
Humidité(%)	76%	75%	75%	75%	74%	67%	63%	63%	69%	71%	73%	75%
Jours de pluie (jrée)	10	9	9	8	6	2	0	2	6	8	10	10
Heures de soleil (h)	6.2	6.8	8.1	9.3	10.7	12.1	12.4	11.4	9.6	8.3	6.9	6.2

Source : Datta: 1991 - 2021 climate-data.org

Les principales tendances climatiques de la wilaya peuvent (**tableau 2.1**) être résumées en quelques traits bien caractéristiques cités ci-après :

La wilaya d'El Tarf caractérisé par un climat tempéré chaud. Les précipitations sont plus abondantes en hiver qu'en été. Selon la classification de Köppen et Geiger, cet emplacement est classé comme Csa, ce qui signifie un climat tempéré chaud avec un été sec. La température moyenne annuelle à El Tarf est de 18,0 °C, et les précipitations annuelles moyennes atteignent 834 mm. Le mois de juillet est le mois le plus sec, avec une moyenne de seulement 3 mm de précipitations. Les précipitations records sont enregistrées en janvier, avec une moyenne de 117 mm. Le mois le plus chaud de l'année est août, avec une température moyenne de 26,2 °C. En revanche, le mois le plus froid est février, avec une température moyenne de 11,1 °C.

La variation des précipitations entre le mois le plus sec et le mois le plus humide est de 114mm. Quant à la différence de température entre la plus basse et la plus élevée sur toute l'année, elle est de 15,1 °C. (**figure 2.11**).

La valeur la plus basse de l'humidité relative est mesurée en Juillet (62.96 %). L'humidité relative est la plus élevée en Janvier (76.10 %). En moyenne, le moins de jours de pluie est mesuré en Juillet (0.60 jours). Le mois avec le plus de jours pluvieux est décembre (13.27 jours).

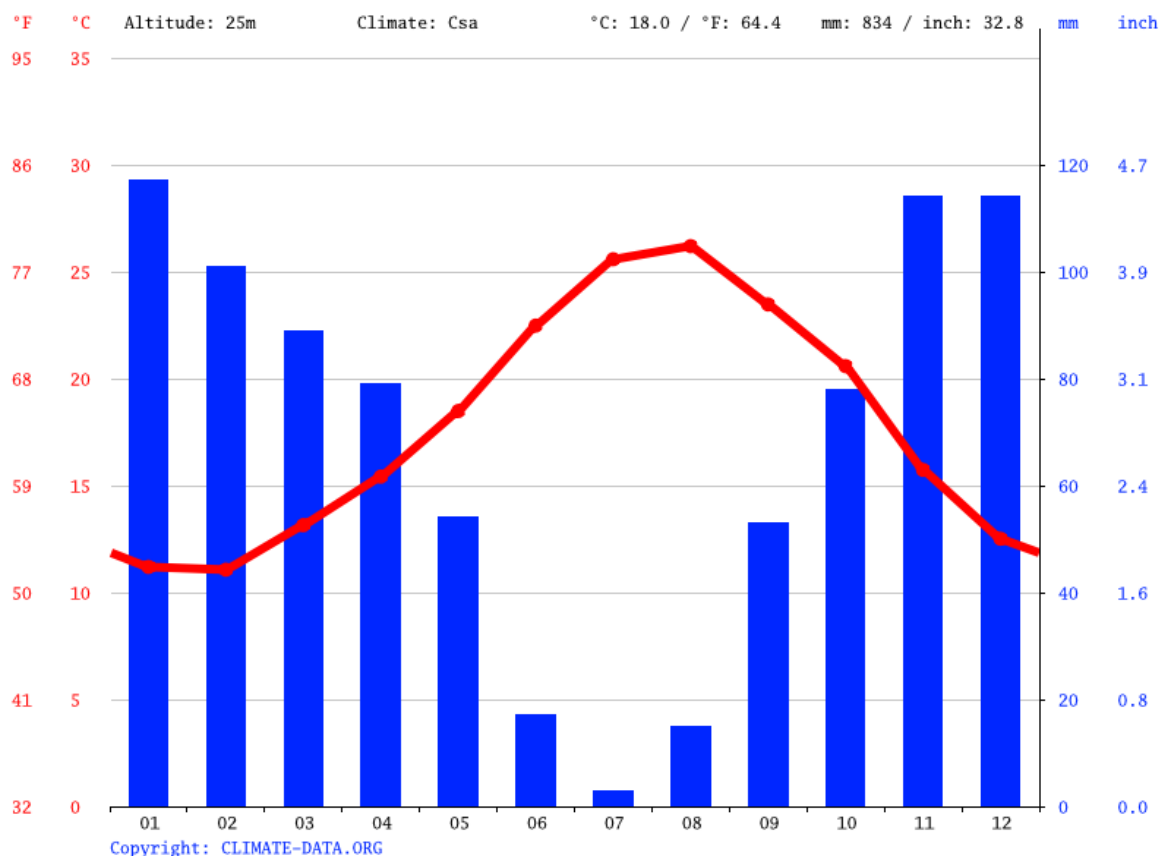


Figure 2. 11: Diagramme ombrothermique de la wilaya d'El tarf.

2.4.4. Le littoral de la wilaya d'El tarf

Le littoral de la wilaya d'El-Tarf est délimité selon les dispositions de la loi 02-2002 du 05 février 2002 sur la protection et la valorisation du littoral. L'article 7 de cette loi définit le littoral comme englobant les îles, les îlots, le plateau continental, et une bande de terre d'au moins 800 m de large le long de la mer, comprenant les versants de collines et de montagnes visibles de la mer, les plaines littorales jusqu'à une profondeur de trois (03) km à partir des plus hautes eaux maritimes, les massifs forestiers, les terres agricoles, les zones humides avec leurs rivages, ainsi que les sites présentant un caractère paysager, culturel ou historique

Grâce à la loi sur le littoral, les autorités locales ont mis en place le cadastre littoral pour délimiter le domaine côtier. Les critères comprennent une profondeur moyenne de 3 km dans les zones plates et 800 m dans les zones de falaises. Le cadastre intègre les agglomérations, les espaces forestiers, les plaines littorales et les terres agricoles jusqu'à 3 km de profondeur. La délimitation sur le terrain tient compte de points physiques tels que les côtes, les oueds, les talwegs, les routes, les limites des forêts et des parcelles agricoles (**figure 2.12**).

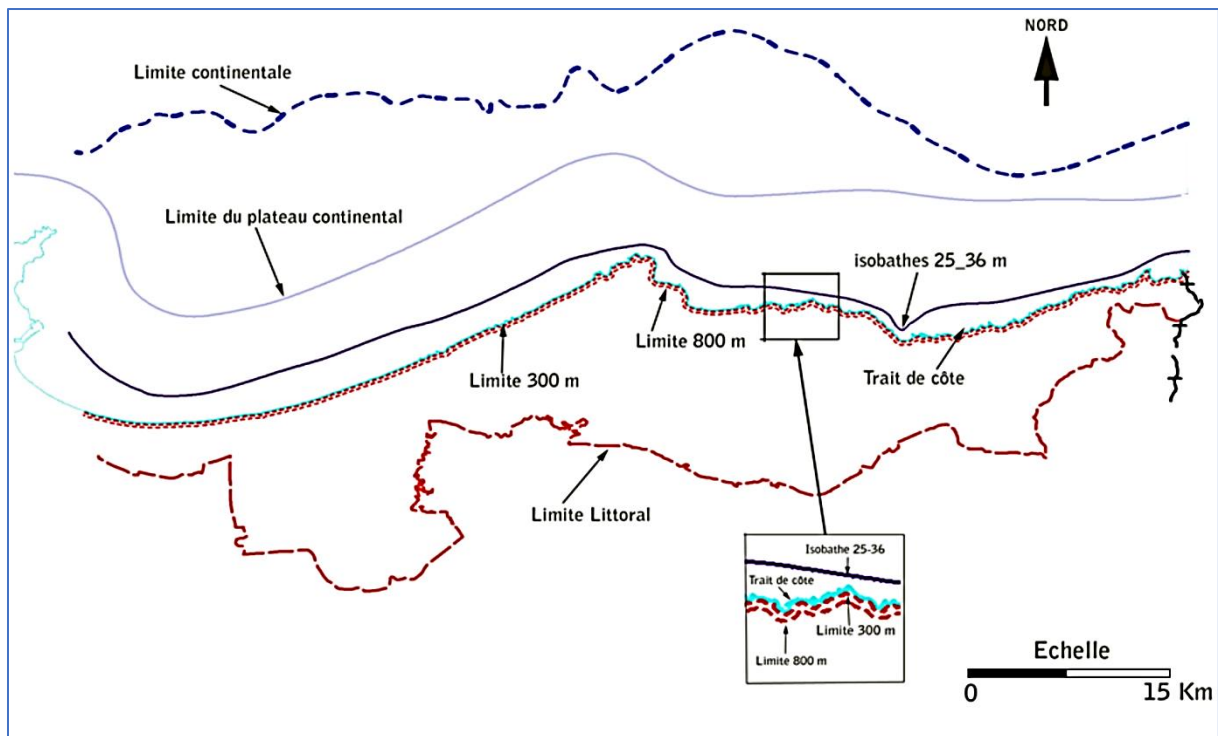


Figure 2. 12: carte de la délimitation du littoral de la wilaya d'El-Tarf (source PAC El Tarf)

2.4.4.1. Les aspects administratifs du littoral

Parmi les 24 communes de la wilaya d'El Tarf, 5 se trouvent le long de la côte, qui s'étend sur environ 90 km. Ces 5 communes sont réparties entre deux daïras, à savoir la Daira d'El Kala, qui comprend les communes littorales d'El Kala et de Souarekh, et la Daira de Ben M'hidi, qui comprend les trois communes littorales de Ben M'hidi, Echatt et Berrihane. En termes de superficie, ces 5 communes représentent un total de 806 km², soit 28% de la superficie totale de la wilaya. Cette répartition nous indique que la wilaya a un fort potentiel côtier.

Sur le plan historique, la région d'El Kala, connue autrefois sous le nom de La Calle, a servi de point d'accostage pour les navires pendant plusieurs siècles.

Le tableau 2.2 présente les proportions relatives de la superficie des différentes communes par rapport à la superficie totale de la wilaya d'El Tarf :

Tableau 2. 2: Surfaces relatives des communes par rapport à celle de la wilaya d'El Tarf

DAIRA	COMMUNES	SUPERFICIE KM ²	P % DE LA WILAYA	TYPE DE COMMUNE
EL TARF	El tarf	111.4	3.85	Intérieur
	Ain Assel	94.86	3.28	Intérieur
	Bougous	215.8	7.46	Intérieur
	Zetouna	167.86	5.52	Intérieur
EL KALA	El Kala	292	10.1	Littorale
	Souarekh	87.35	3.2	Littorale
	Raml Souk	50	1.73	Intérieur
	El Aioune	45.85	1.59	Intérieur
BEN MHIDI	Ben Mhidi	150.65	5.21	Littorale
	Echatt	62.15	2.15	Littorale
	Berihanne	202.15	7	Littorale
BESBES	Besbes	125.3	4.1	Intérieur
	Asfour	29.3	3.61	Intérieur
	Zrezer	104.52	1.01	Intérieur
DREAN	Drean	48	1.66	Intérieur
	Chebata	41.98	1.45	Intérieur
	Mokhtar			
	Chihani	200.82	6.94	Intérieur
BOUHADJAR	Bouhadjar	92.07	3.18	Intérieur
	Ain Karma	108.65	3.83	Intérieur
	Oued Zetoun	67.05	2.32	Intérieur
	Hamam beni salah	211.52	7.31	Intérieur
BOUTHELDJA	Boutheldja	119.05	3.93	Intérieur
	Lac des oiseaux	87.1	2.97	Intérieur
	Cheffia	192.47	6.66	Intérieur

2.4.4.2. La démographie de la zone littorale.

Le tableau 2.3 est extrait des données de l'ONS. Il nous indique les taux d'accroissement des communes littorales et ceux des communes intérieures.

Tableau 2. 3: Evolution de la population par zone entre 1988-2008

	ANNEE 1988	ANNEE 1998	ANNEE 2008	TAUX D'ACCROISSEMENT 1988-1998	TAUX D'ACCROISSEMENT 1998-2008
COMMUNES LITTORALES	70521	95733	113829	3.10%	1.75%
COMMUNES INTERIEURS	206782	258852	296630	2.27%	1.37%
TOTALES	277303	354585	410459	2.49%	1.47%

Source DPAT

Le tableau révèle que la population de la wilaya a connu une croissance différenciée sur deux périodes distinctes. Entre 1988 et 1998, le taux de croissance naturelle de la population est passé de **277 303** habitants en 1988 à **354 585** habitants en 1998, soit une augmentation de population d'environ 77 802 habitants. En revanche, dix ans plus tard, en 2008, le taux de croissance naturelle de la population était estimé à **55 874** habitants, portant la population totale de la wilaya à **410 459** habitants.

Au cours de cette période allant de 1988 à 2008, le taux d'accroissement de la population est estimé à **1,98%**. Ce taux est considéré comme relativement faible, car le taux de renouvellement nécessaire pour un remplacement exact de la population est de **2,1%**, indiquant une baisse d'environ **0,12%**. Cependant, une analyse des deux périodes, de 1988 à 1998 et de 1998 à 2008, révèle que la croissance de la population a été relativement plus élevée lors de la première période (1988-1998) avec un taux de croissance de **2,47%**, puis a diminué d'environ 1 point (**1%**) lors de la période 1998-2008, pour atteindre un taux de croissance total de **1,49%**.

Une analyse par regroupement en deux clusters, à savoir le territoire côtier composé de 5 communes et le territoire intérieur comprenant 19 communes, révèle une tendance au ralentissement de la croissance de la population. Entre 1988 et 1998, la population des communes côtières a connu une croissance d'environ **3,10%** (soit un doublement probable de la population tous les 23 ans). Cependant, ce taux élevé n'a pas été observé lors de la deuxième période, où il a diminué de près de moitié pour atteindre **1,75%** (soit un doublement de la population tous les 40 ans). En revanche, dans les communes intérieures, la croissance de la population a été légèrement supérieure à la normale lors de la première période (1988-1998), avec un taux de croissance total de **2,27%**, puis a diminué à **1,37%** lors de la deuxième période (1998-2008).

En examinant chaque commune individuellement, comme le montre le tableau suivant et les cartes illustratives, nous constatons une évolution dans la configuration de la croissance de la population. Parmi les 5 communes côtières, trois d'entre elles (**El Kala, Ben M'Hidi et Echatt**) ont été classées dans la catégorie de forte croissance pendant la période 1988-1998 (c'est-à-dire avec une progression annuelle supérieure à **2,4%**). Il convient de noter que la commune d'El Kala partage des frontières avec le chef-lieu de la wilaya, ce qui a contribué à son taux de croissance élevé dans cette catégorie.

En prenant en compte les mêmes arguments, nous pouvons également observer que la commune d'Echatt est plus proche à la fois du chef-lieu de la wilaya d'Annaba et de la commune d'El-Bouni. Quant à la commune de Ben M'Hidi, sa croissance est favorisée par un effet d'éviction de la commune d'Echatt, ce qui signifie que l'excédent de population est accueilli davantage par la commune de Ben M'Hidi pour des raisons sociales et/ou économiques, telles que l'accès à des terrains constructibles, par exemple. On peut avancer que l'opportunité de s'installer dans la commune d'Echatt a un coût social ou économique plus élevé que celui de la commune de Ben M'Hidi.

Le tableau 2.4 nous donne une synthèse des populations et des taux d'accroissement pour l'ensemble des communes de la wilaya :

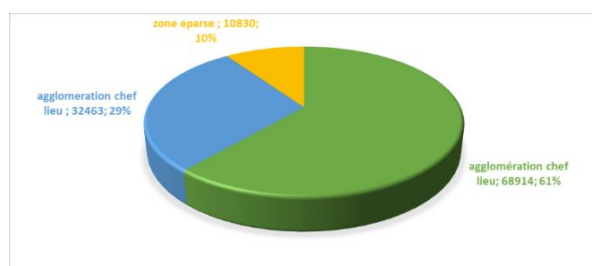
Tableau 2. 4: Populations et accroissements

COMMUNE	RGPH_1 988	RGPH 1998	RGPH _2008	Taux d'accroissement entre 1998-2008(%)	Taux d'accroisse ment entre 1998- 2008(%)
EL TARF	13969	20362	25594	3,88	2,31
BOUHADJAR	12532	16385	20215	2,72	2,12
BEN M'HIDI	20293	28399	33262	3,41	1,59
BOUGOUS	9036	10576	11272	1,58	0,64
EL KALA	19572	24793	28411	2,42	1,37
AÏN EL ASSEL	9859	12482	16285	2,39	2,7
EL AIOUN	3590	4591	5347	2,49	1,54
BOUTELDJA	11484	15275	17738	2,9	1,51
SOUAREKH	6076	7457	8173	2,08	0,92
BERRIHANE	6908	8326	9605	1,89	1,44
LAC DES OISEAUX	7553	9320	10624	2,12	1,32
CHEFIA	6248	7450	8195	1,78	0,96
DREAN	25773	32066	37686	2,16	1,63
CHIHANI	7987	9234	10094	1,33	0,89
CHBAITA MOKHTAR	16498	20913	23135	2,37	1,01
BESBES	34279	43007	46341	2,26	0,75
ASFOUR	8865	10632	11447	1,83	0,74
ECHATT	17716	26758	34378	4,21	2,54
ZERIZER	7969	10105	11064	2,38	0,91
ZITOUNA	6350	8367	9736	2,68	1,53
AIN KERMA	10707	12182	14377	1,25	1,67
OUED ZITOUN	4260	5321	5881	2,24	1,01
HAMAM BENI SALLAH	4397	4871	5235	1,03	0,72
RAML SOUK	2931	3715	4356	2,4	1,6

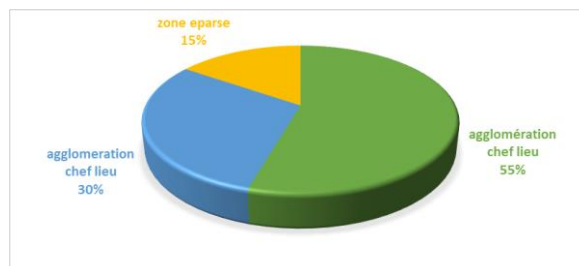
La répartition de la population entre les agglomérations chef lieux de communes, les agglomérations secondaires et les agglomérations éparses est donnée dans le tableau suivant :

Tableau 2. 5: répartition de la population entre les agglomérations

	Agglomération chef lieu	Agglomérations Secondaires	Zone Eparse	Total
Communes littorales	68 914	32 463	10 830	112 207
Communes intérieures	158 724	87 690	44 882	291 296
Total	227638	120153	55712	403 503



Communes littorales



communes intérieures

2.4.4.3. Urbanisation et artificialisation des communes du littoral

a. Commune d’Echatt :

Le tableau suivant nous montre l’évolution des différentes agglomérations et comment, les extensions urbaines se sont construites dans la commune d’Echatt.

Tableau 2. 6: Evolution des agglomérations et extensions urbaines de la commune d’Echatt

Commune	R.G.P.H - 1987			R.G.P.H - 1998			Obs	R.G.P.H - 2008			Obs
	Agglomération	Type	Population	Agglomération	Type	Population		Agglomération	Type	Population	
ECHATT	ECHATT	A.C.L	6581	ECHATT	A.C.L	14537		ECHATT	A.C.L	20 787	
	Beni Amar	A.S	3477	Beni Amar	A.S	3587		Bouchala El Arbi	A.S	3 612	Beni Amar en 98
	Cité El Kous	A.S	712	Cité El Kous	A.S	1277		Khemiri Ali	A.S	1 745	Cité El kous en 98
	Bordj Samar	A.S	1206	Bordj Sammar	A.S	1386		Bordj Sammar	A.S	1 306	
	Hellala Aïssa	A.S	859	Hellala Aïssa	A.S	1036		Hellala Aïssa	A.S	1 289	
	Domaine Mradi Mohamed	A.S	890	Domaine Mradi Mohamed	A.S	853		Domaine Mradi Mohamed	A.S	870	
	-	-	-	Ziani Ahmed	A.S	703	nouvelle A.S	Ziani Ahmed	A.S	848	
	-	-	-	Bouachir Tahar	A.S	708	nouvelle A.S	Bouachir Tahar	A.S	803	
	-	-	-	Khalout Mohamed	A.S	633	nouvelle A.S	Khalout Mohamed	A.S	772	
	-	-	-	Riahi Mohamed	A.S	534	nouvelle A.S	Mazraat Riahi Mohamed	A.S	595	
	-	-	-	-	-	-		Mazraat Djoundi Ali	A.S	527	nouvelle A.S
	Total	6	13725	Total	10	25254		Total	11	33 154	

Entre 1987 et 1998, 4 agglomérations secondaires sont nées pour une population totale de 2 578 habitants. Entre 1998 et 2008, trois agglomérations secondaires sont nées pour une population totale de 5 884 habitants.

Les agglomérations suivantes sont classées en Zones éparses 2008 : Djendi Ali : C'est une agglomération classée en zone éparse de 691 habitants en 2013 (estimation) Telilli Laamari : C'est une agglomération classée en zone éparse de 563 habitants en 2013 (estimation).

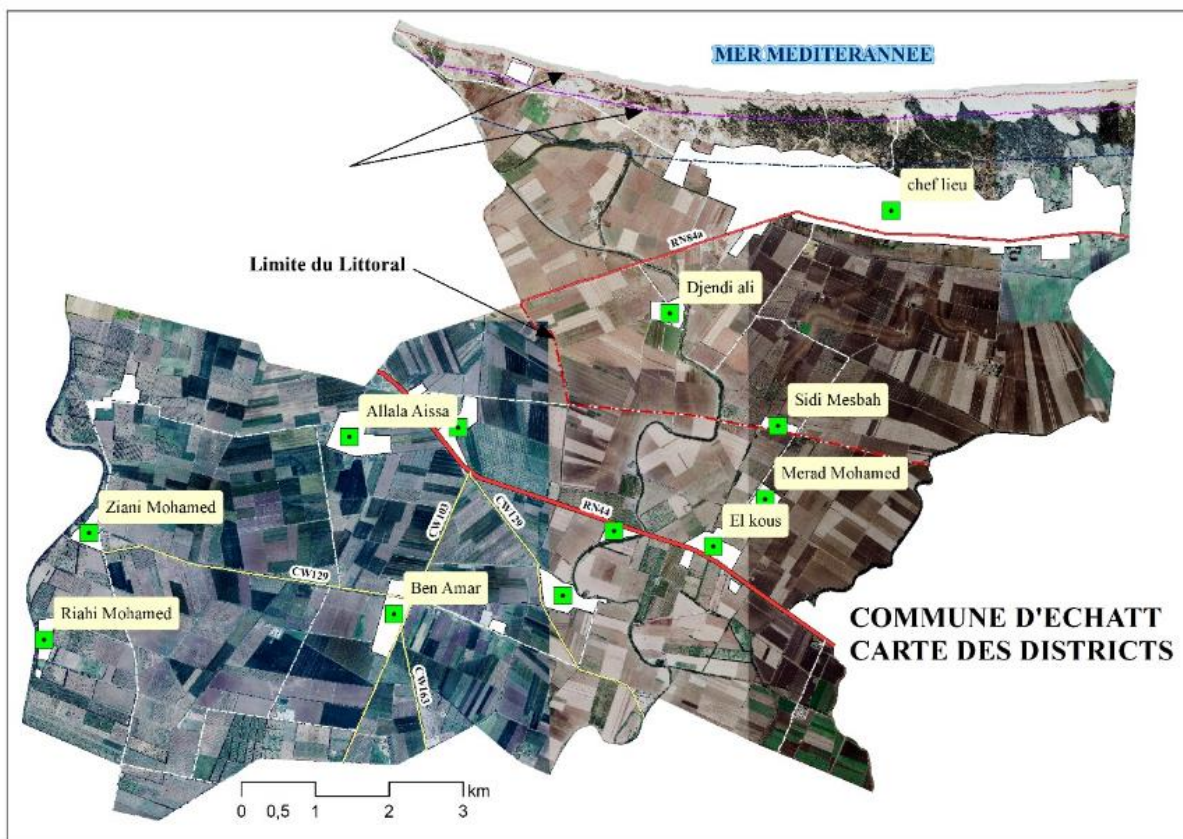


Figure 2. 13: position des agglomérations de la commune d'Echatt

Le tableau 2.7 contient les caractéristiques associées aux districts :

Tableau 2. 7: données sur les districts de la commune d'Echatt

Agglomération	N°District	Pop_2008	Ménage	Type_District	Surface (ha)
Sidi Mesbah	1	579	104	ZE	65,47
Telili Laamari	2	640	119	ZE	31,70
Djendi Ali	3	527	112	AS	118,86
Riahi Mohamed	4	595	124	AS	113,70
Ziani Ahmed	5	840	169	AS	107,95
Bouachir Tahar	6	808	150	AS	148,89
Khaloud Mohamed (Djenane)	7	757	150	AS	84,13
Bouchala Larbi (Ban Amar)	8	896	185	AS	77,47
Bouchala Larbi (Ban Amar)	9	984	193	AS	36,85
Bouchala Larbi (Ban Amar)	10	846	172	AS	26,87
Bouchala Larbi (Ban Amar)	11	892	172	AS	64,59
Hellala Aissa	12	7575	266	AS	265,83
Bordj Sammar	13	1296	252	AS	68,40
Ferme El Kous	14	865	166	AS	301,40
Khemiri Ali (Cité El Kous	15	828	173	AS	42,16
Khemiri Ali (Cité El Kous	16	891	183	AS	39,67
Echatt	17	1126	225	ACL	321,77
Echatt	18	872	119	ACL	111,02
Echatt	19	1132	194	ACL	225,73
Echatt	20	1142	206	ACL	347,54
Echatt	21	1166	238	ACL	217,63
Echatt	22	1084	221	ACL	166,42
Echatt	23	1018	222	ACL	89,00
Echatt	24	1114	191	ACL	212,90
Echatt	25	1274	257	ACL	240,14
Echatt	26	1198	243	ACL	177,25
Echatt	27	1084	183	ACL	353,67
Echatt	28	1073	201	ACL	176,05
Echatt	29	1176	216	ACL	87,41
Echatt	30	1130	224	ACL	149,17
Echatt	31	1114	191	ACL	98,92
Echatt	32	960	178	ACL	441,82
Echatt	33	932	172	ACL	333,18
Echatt	34	961	177	ACL	29,85
Echatt	35	997	202	ACL	881,31
Totaux		40372	6550		6 254,71

b. Commune de ben M'hidi

Le tableau suivant nous montre l'évolution des différentes agglomérations et comment, se sont construites les extensions urbaines dans la commune de Ben M'Hidi :

Tableau 2. 8: l'évolution des différentes agglomérations de la commune de Ben Mhidi

Commune	R.G.P.H - 1987			R.G.P.H - 1998			Obs	R.G.P.H - 2008			Obs
	Agglomération	Type	Population	Agglomération	Type	Population		Agglomération	Type	Population	
BEN M'HIDI	BEN M'HIDI	A.C.L	8742	BEN M'HIDI	A.C.L	12678		BEN M'HIDI	A.C.L	15 830	
	Sidi Kaci	A.S	3594	Sidi Kaci	A.S	5975		Sidi Kaci	A.S	7 010	
	Sidi Embarek	A.S	1124	Sidi Embarek	A.S	4318		Sidi Embarek	A.S	4 714	
	-	-	-	Kebouda	A.S	957	nouvelle A.S	Kebouda	A.S	1 026	
	Total	3	13 460	Total	4	23 928		Total	4	28 581	

Entre 1987 et 1998 est née l'agglomération secondaire Kebouda avec 957 habitants. Entre 1998 et 2008, la population totale de la commune passe de 23928 à 28581 habitants sans qu'aucune autre agglomération ne naisse.

La carte suivante nous montre le positionnement des différentes agglomérations de la :

a. Commune de Ben M'Hidi :

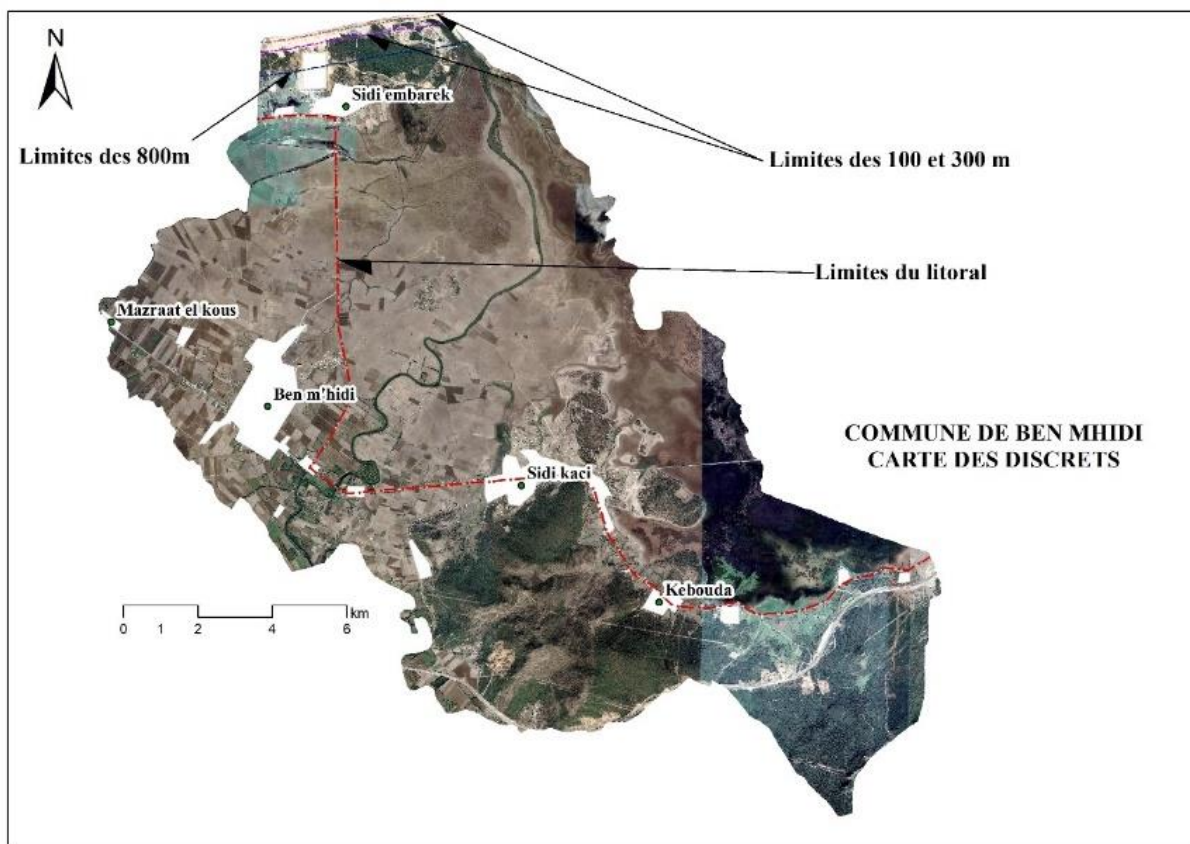


Figure 2. 14: carte des districts de la commune de Ben Mhidi

Le tableau suivant contient les caractéristiques associées aux districts :

Tableau 2. 9: les caractéristiques associées aux districts de la commune de Ben Mhidi

Agglomération	Num_District	Population_2008	Ménage	Type_District	Surface
Mechtat Ben Houmene	1	473	80	ZE	186869,29
N'Chaima	2	392	80	ZE	115884,22
Bouzitouna	3	403	78	ZE	87433,44
Lanieb	4	528	106	ZE	72661,37
Djeniba	5	357	70	ZE	168996,57
Bouroumana	6	499	105	ZE	269612,34
Mesarine	7	499	104	ZE	200525,79
Beni Filal	8	612	114	ZE	24069,99
Boulallah	9	525	106	ZE	41194,55
Barouik	10	367	75	ZE	104576,45
Kebouda	11	1031	178	AS	353455,65
Sidi Mbarek	12	1075	217	AS	326540,36
Sidi Mbarek	13	973	198	AS	96850,25
Sidi Mbarek	14	820	152	AS	63913,17
Sidi Mbarek	15	772	140	AS	54248,05
Sidi Mbarek	16	985	205	AS	390353,3
Sidi Kassi	17	979	186	AS	118779,66
Sidi Kassi	18	946	202	AS	100984,47
Sidi Kassi	19	1029	183	AS	173591,59
Sidi Kassi	20	1070	183	AS	581389,29
Sidi Kassi	21	1117	242	AS	347974,1
Sidi Kassi	22	978	194	AS	367721,13
Sidi Kassi	23	842	160	AS	1282867,4
Ben Mhidi	24	1088	231	ACL	384768,37
Ben Mhidi	25	1024	211	ACL	100984,25
Ben Mhidi	26	1064	212	ACL	186886,53
Ben Mhidi	27	1046	206	ACL	78120,74
Ben Mhidi	28	797	176	ACL	61805,21
Ben Mhidi	29	1023	210	ACL	90875,38
Ben Mhidi	30	1289	286	ACL	166265,54
Ben Mhidi	31	1029	211	ACL	142875,93
Ben Mhidi	32	1035	231	ACL	51359,18
Ben Mhidi	33	942	204	ACL	414033,9
Ben Mhidi	34	902	188	ACL	157756,27
Ben Mhidi	35	849	191	ACL	107362,7
Ben Mhidi	36	1131	223	ACL	100958,69
Ben Mhidi	37	1257	245	ACL	176449,24
Ben Mhidi	38	1105	211	ACL	474164,1
Totaux		32853	6594		8225158,46

c. Commune de Berrihane

Commune	R.G.P.H - 1987			R.G.P.H - 1998			Obs	R.G.P.H - 2008			Obs
	Agglomération	Type	Population	Agglomération	Type	Population		Agglomération	Type	Population	
BERRIHANE	MOUAISSIA	A.C.L	2276	BERRIHANE	A.C.L	3119		BERRIHANE	A.C.L	3 648	
	Righia	A.S	2630	Righia	A.S	3008		Righia	A.S	3 440	
	Sebaa	A.S	682	Sebaa	A.S	1246		Sebaa	A.S	1 122	
	Total	3	5588	Total	3	7373		Total	3	8 211	

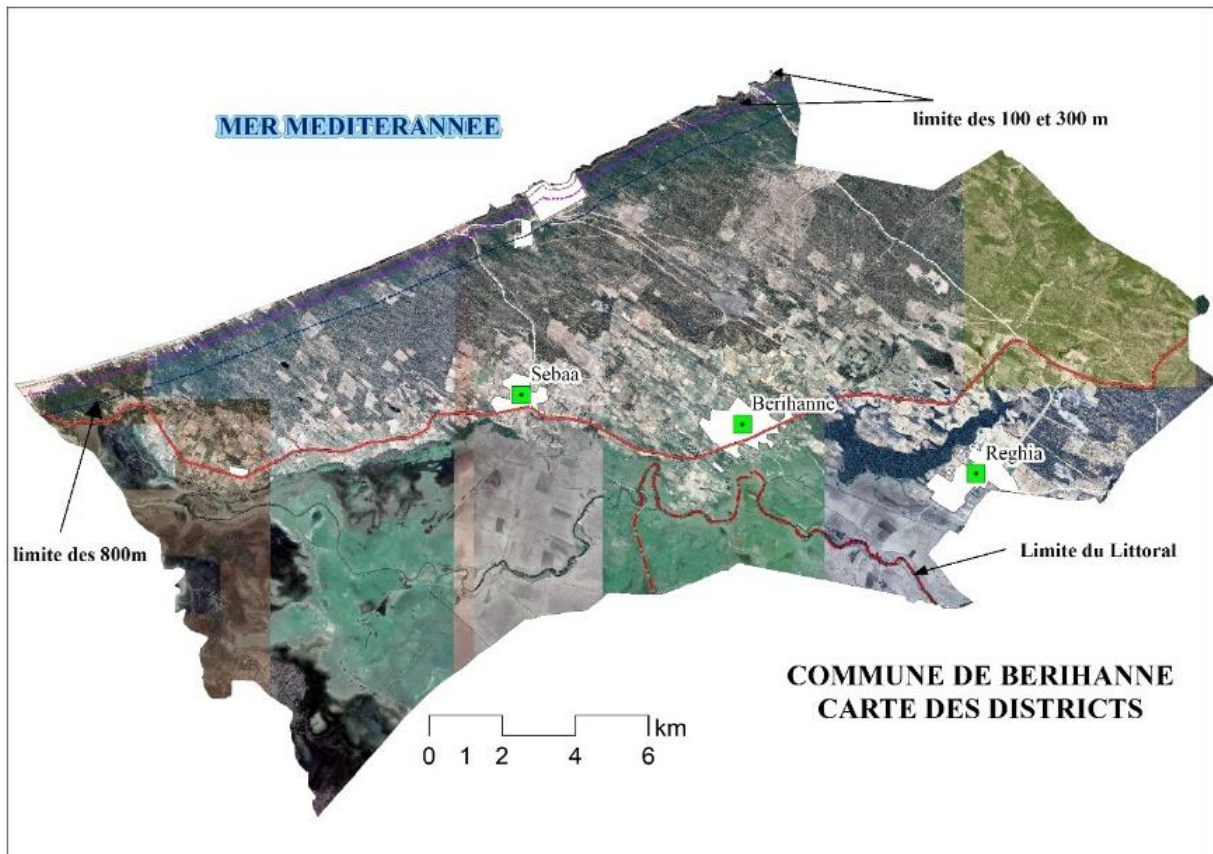


Figure 2. 15: carte des districts de la commune de Berrihane

Les données des districts sont contenues dans le tableau suivant :

Tableau 2. 10: Données des districts- Commune de Berrihane

Agglomeration	Num_District	Population_2008	Menage	Type_District	Surface
Mechtat Sidi Aneur	1	461	89	ZE	777666,68
Fedjioua	2	572	110	ZE	369823,01
Medjez Bouziane	3	360	69	ZE	1303641,42
Sebaa	4	1143	22	AS	1331315,3
Righia	5	1104	196	AS	421360,36
Righia	6	1151	200	AS	534940,28
Righia	7	1181	223	AS	554359,65
Berrihane	8	974	201	ACL	767397,16
Berrihane	9	880	170	ACL	1137381,02
Berrihane	10	841	161	ACL	374420,58
Berrihane	11	886	171	ACL	1475985,35
Totaux		9553	1612		9048290,81

d. Commune d'El kala :

Commune	R.G.P.H - 1987			R.G.P.H - 1998			Obs	R.G.P.H - 2008			Obs
EL KALA	EL KALA	A.C.L	16253	EL KALA	A.C.L	21254		EL KALA	A.C.L	24 189	
	-	-	-	-	-	-		Mredima	A.S	1 278	nouvelle A.S
	Kantara El Hamra (VSA)	A.S	844	Kantara El Hamra (VSA)	A.S	925		Kantara El Hamra (VSA)	A.S	964	
	Total	2	17097	Total	2	21254		Total	3	26 432	

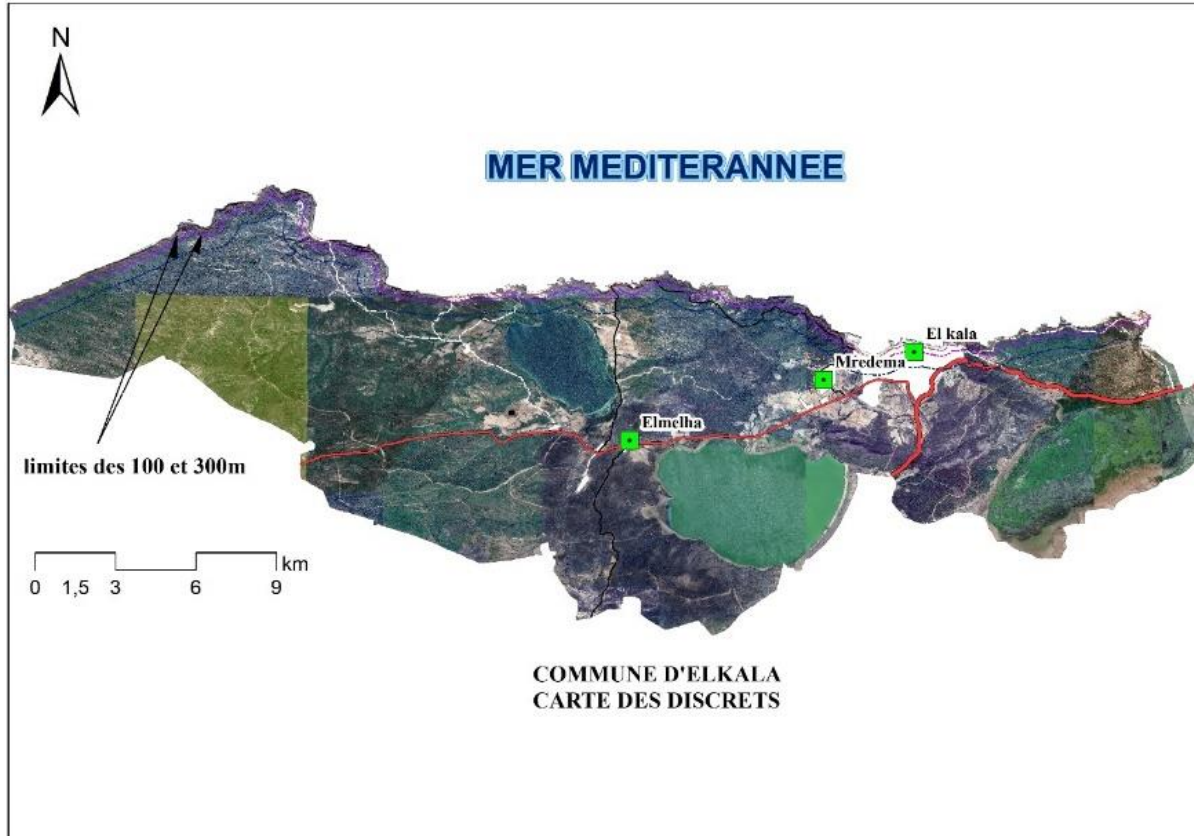


Figure 2. 16: Districts de la Commune d'El Kala

Les données sur les districts sont contenues dans le (tableau 2. 11) :

e. Commune de Souarekh

Commune	R.G.P.H - 1987			R.G.P.H - 1998		Obs	R.G.P.H - 2008			Obs
	OUM TEBOUL	A.C.L	4547	OUM TOBOUL	A.C.L		5637	OUM TOBOUL	A.C.L	
SOUAREKH	-	-	-	Melloul	A.S	815	nouvelle A.S	Melloul	A.S	969
	Total	1	4547	Total	2	6452		Total	2	6 605

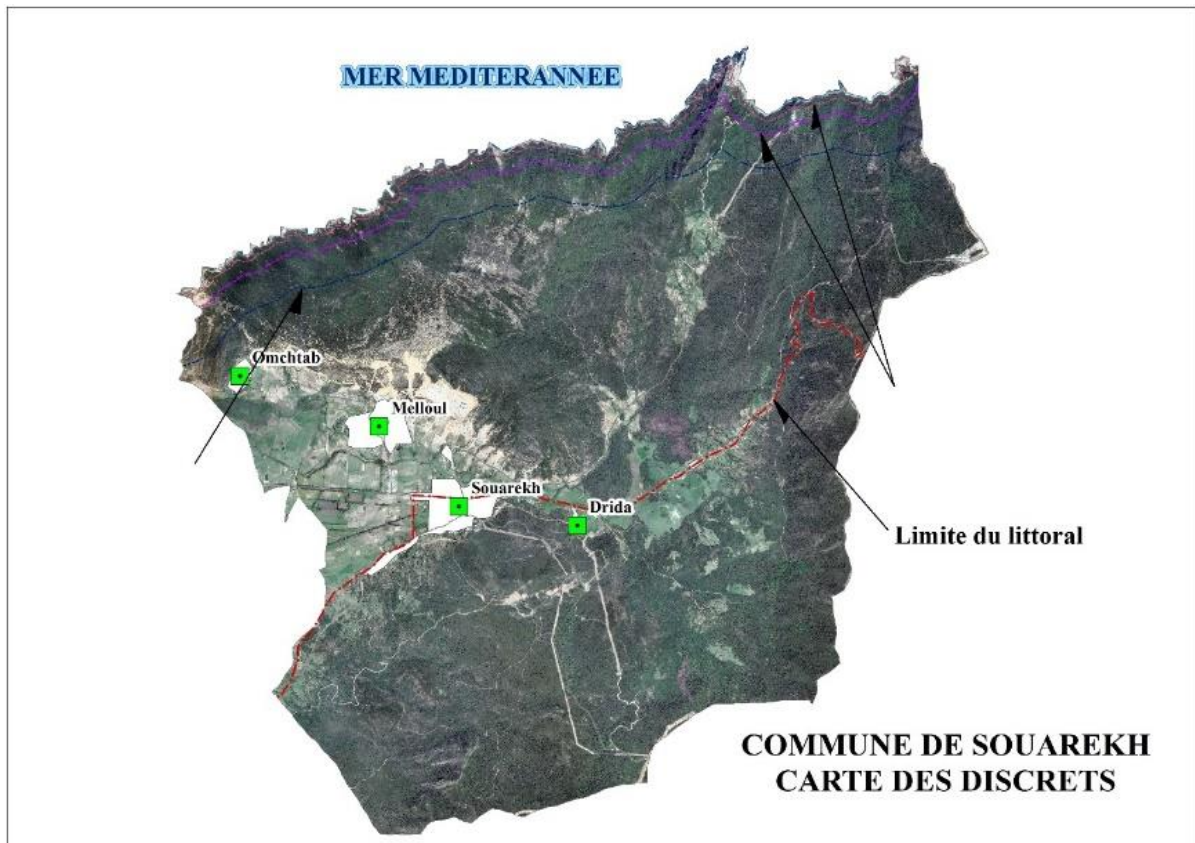


Figure 2. 17: carte des discrets de la commune de Souarekh

Les données sur les districts sont portées dans le tableau qui suit :

Tableau 2. 11: Données sur les districts commune d'El kala

Agglomeration	Num_District	Population_2008	Menage	Type_District	Surface
Feid El Mrad	1	543	99	ZE	137540,49
Boumalek	2	499	86	ZE	229794,85
El Melah	3	421	71	ZE	222896,05
Souk Aguibet	4	522	96	ZE	239746,18
Kentra El Hamra	5	964	178	AS	187661,87
Miridima	6	1283	229	AS	728965,39
El Kala	7	815	158	ACL	273097,92
El Kala	8	1180	225	ACL	643352,57
El Kala	9	848	200	ACL	348182,8
El Kala	10	1372	288	ACL	293349,37
El Kala	11	484	99	ACL	24422,35
El Kala	12	435	105	ACL	59973,74
El Kala	13	1324	237	ACL	223246,51
El Kala	14	1624	308	ACL	280982,1
El Kala	15	1145	242	ACL	295141,36
El Kala	16	1446	279	ACL	186788,72
El Kala	17	360	78	ACL	27653,32
El Kala	18	1338	245	ACL	66726,71
El Kala	19	950	176	ACL	29468,98
El Kala	20	992	253	ACL	129895,59
El Kala	21	1015	218	ACL	289768,81
El Kala	22	999	185	ACL	75990,71
El Kala	23	821	174	ACL	35388,98
El Kala	24	1043	208	ACL	261857,25
El Kala	25	915	192	ACL	58901,79
El Kala	26	1065	236	ACL	288949,31
El Kala	27	765	145	ACL	108873,49
El Kala	28	812	144	ACL	50584,18
El Kala	29	1289	260	ACL	132347,47
El Kala	30	856	157	ACL	311776,63
Totaux		28125			6243325,49

Tableau 2. 12: Données sur les districts commune de Souarekh

Agglomération	Num_District	Population_2008	Menage	Type_District	Surface
Mochtab	1	506	86	ZE	379708,14
Zitoun et Dey Zitoun	2	601	110	ZE	106106,21
Drida	3	448	92	ZE	133546,3
Melloul	4	958	195	AS	798610,59
Souarekh	5	1403	269	ACL	651775,54
Souarekh	6	985	196	ACL	194081,85
Souarekh	7	977	192	ACL	76788,27
Souarekh	8	1157	210	ACL	86811,11
Souarekh	9	1205	241	ACL	428719,12
Totaux		8240	1591		2856147,13

2.4.4.4. L'activité économique dans le littoral de la wilaya d'El Tarf

L'activité économique dans la wilaya d'El Tarf est dominée par le secteur de l'agriculture, forêt et pêche. Pour les industries et l'agroalimentaire, sont faibles.

2.4.4.4.1. L'agriculture

Les communes littorales chevauchent sur plusieurs entités physiques.

Tableau 2. 13: Les zones homogènes identifiées

Zones	Superficie (ha)	Communes
Cordon dunaire	20141	Berrihane, Ben M'hidi, Echatt, El Kala
Plaines et collines côtières	34884	El kala, Souarekh, El Taref
La plaine d'El Tarf	52772	Echatt, Ben M'hidi, Besbes, Chebatia Mokhtar, Drean, Zerizer, Lac des Oiseaux.
Les monts de la Medjerdra	56121	Zitouna, Ain Kerma, Bouhadjar, Hammam Beni Salah, Oued Zitoun.
La montagne Algéro-tunisienne	52772	Bougous, Ain Assel, Raml Souk, El Aioune.
Les monts de Bouchegouf	58286	Chihani, Asfour, Cheffia, Boutheldja
Les dépressions de Bouhadjar et Nador	15849	Bouhadjar, Ain Kerma,

Le cordon dunaire :

Le cordon dunaire de la wilaya d'El-Tarf, couvre une superficie estimée à **22511 ha** avec une altitude variant de 0 m à 178 m. Environ **97%** des pentes présentent des inclinaisons entre **3%** et **12,5%**, dont les 2/3 se situent entre **3%** et **12,5%**. Composé essentiellement de matériaux sableux, le complexe dunaire peut constituer un bon support pour la végétation grâce à des techniques appropriées, d'autant que les conditions climatiques y sont très favorables. La couverture végétale est largement dominée par les forêts, qui représentent **84%** de la superficie totale de la zone homogène, tandis que les terres non cultivées et la SAU représentent respectivement **7%** et **9%** de cette superficie. Toutefois, la principale contrainte qui pèse sur cette zone est la stabilisation des dunes, qui sont exposées aux forts vents dominants venant du Nord-Ouest.

Les plaines et collines côtières d'El KALA.

Les plaines et collines côtières d'El Kala, qui s'étendent sur une superficie de **39160** hectares, se caractérisent par une dépression lacustre entourée de collines. L'altitude moyenne est d'environ 100 mètres, avec des pentes variées. Les terres des plaines sont alluvionnaires et d'un grand intérêt agronomique, tandis que les sols des collines sont constitués de flysch.

Le climat est de type subhumide chaud. La forêt domine l'occupation du sol (**86 %**) dans cette zone homogène, qui se distingue par deux plaines d'un grand intérêt agricole :

- La plaine du lac Tonga est une dépression lacustre avec des terres alluvionnaires stables, une faible érosion.
- Merdja Tonga est une plaine littorale de faible pente (moins de 3 %), stable et peu érodable, avec une vocation agricole. La principale contrainte dans cette zone est la nécessité de stabiliser les sols face aux vents forts dominants du Nord-Ouest.

La plaine d'El Tarf (59 240 ha) :

Il s'agit d'une importante plaine s'étendant d'Est en Ouest, caractérisée par un relief plat à légèrement ondulé dont les altitudes varient de **0 m à 200 m**. Les terres sont principalement constituées de dépôts alluvionnaires ou éoliens sur lesquels ont été développés des sols peu évolués, mais généralement profonds et aptes à être mis en valeur sous irrigation après aménagement.

Cette plaine offre plusieurs avantages, tels qu'une situation géographique favorable, une proximité avec les centres urbains, un climat propice et une main-d'œuvre disponible pour une intensification agricole.

2.4.4.1.1. Occupation des terres agricoles :

- **Les parcours :**

Les parcours et pâturages de la wilaya d'El Tarf représentent seulement **10,14%** de la superficie agricole totale, soit une surface de **8518 hectares**. Ces zones sont principalement constituées de maquis clairs dégradés et sont soumises à une pression constante du cheptel. Les communes de Bougous, El Aioune, Zitouna et Souarekh (cette dernière étant une commune littorale) sont celles où la répartition des parcours est la plus représentative, avec respectivement **36%, 34%, 30%** et **31%**.

Tableau 2. 14: Répartition générale des terres (ha)

Superficie agricoles total (SAT)	Superficie agricoles utiles (SAU)	Parcours et pacages	Terres improductives
84031	74173	8518	1346
100%	88,27%	10,14%	1,60%

Source DSA.

- **La SAU**

La répartition de la surface agricole utile (SAU) à travers la wilaya montre une grande variation de superficie entre les différentes communes. En effet, certaines communes ont une SAU qui représente la quasi-totalité de leur surface agricole totale (SAT), témoignant de leur vocation principalement agricole. C'est le cas de communes telles que Besbes, Drean, Echatt (commune littorale) et Chebaita Mokhtar, où la SAU représente respectivement 98%, 98%, 98% et 99% de leur SAT.

Répartition de la SAU

Tableau 2. 15: Répartition de la SAU par groupes de cultures dans la wilaya

SAU (ha)	Grandes Cultures	Fourrages	Légumes secs	Cultures industrielles	Jachère	Maraîchage	Arboriculture
74131	16 502	14 500	439	3155	28 464	8 020	7 738
100	22.24	19.54	0.59	4.25	38.61	10.81	10.43

Source : DSA

Le tableau ci-dessus met en évidence l'importance des terres labourables qui représentent **89.67 %** de la surface agricole utile (SAU). Les cultures pérennes comptabilisent **10.43%** seulement de la SAU.

Tableau 2. 16: Répartition de la SAU par groupes de cultures et par commune littorales

Communes	Céréales	Légumes secs	Fourrages	C/ industriel	C/ maraîcher	Agrumes	Vigne	Oliviers	Autres arbo-
Souarekh	0,00	35	44,00	201	140	1	0	91,50	43,75
El Kala	0,00	25	300	160	195	1,50	1	7	22,75
Ben M'hidi	589	10	2206	110	511	124	118,5	82	221,5
Echatt	1 063	19	540,5	385	827	274,25	39	6	90,50
Berriane	18	0	1031	411	404	7	21	21,5	134
TOTAL LITTORAL	1670	89	4121,5	1267	2077	407,75	180	208	512,5
TOTAL WILAYA	16 502	439	14500	3155	8020	2 093	1 091	2 497,5	2 057

Source : DSA

La répartition de la SAU par groupe de cultures pour les communes littorales est caractérisée par :

La répartition des superficies agricoles cultivées par groupe de cultures dans les communes littorales se distingue par :

- Une très faible part accordée à la céréaliculture, ne représentant que **10%** de la surface totale consacrée aux cultures céréalières dans toute la wilaya, sauf dans les communes d'Echatt (**1063 ha**) et de Ben M'hidi (**590 ha**) où cette activité est relativement importante.
- Une faible proportion accordée aux légumes, ne représentant que **20 %** de la surface totale cultivée.
- Une part assez importante pour les fourrages, soit **28 %** de la superficie totale de la wilaya.
- Une part importante des cultures industrielles, principalement l'arachide sur les cordons dunaires et les tomates industrielles à Ben M'hidi.
- Une faible part accordée aux agrumes, seulement **20 %**, en particulier à Ben M'hidi.
- Une part assez importante de l'arboriculture essentiellement présente dans les communes de Berriane et Ben M'hidi.

Au total, les communes les plus agricoles avec une polyculture intensive sont celles du littoral Ouest : Echatt et Ben M'hidi.

La commune de Berriane est bien représentée par les spéculations de pomme de terre et de cacahuètes du fait des terrains sablonneux (cordons dunaires).

El Kala est bien représentée par les maraichages. Quant à Souarekh, commune forestière, elle se distingue par l'importance de ses oliveraies.

L'activité agricole quand elle est menée correctement, n'est pas antinomique avec l'équilibre côtier, tout au contraire.

Les deux principales contraintes de la wilaya de Tarf sont :

- Les défrichements sur le cordon dunaire pour la pratique de spéculations de pommes de terre et d'arachides entraînant ainsi une déstabilisation des dunes sous l'effet de l'érosion éolienne.
- L'utilisation des fertilisants chimiques et des pesticides qui finissent dans les lacs et la mer.

2.4.4.5. Industrie

Globalement au niveau d'industrialisation la wilaya est faible.

Les ZAC situées dans les communes littorales sont :

- Echatt avec 41 ha y compris l'extension, El Kala 5 ha et Ben M'hidi qui en compte trois pour une surface totale d'environ 25 ha. Les deux premières sont situées dans la bande des 3 km.
- Au niveau de la ZAC se trouve les unités suivantes :
- **Pour El Kala** : unité d'appareillage pour handicapés.
- **Pour Echatt** : de la sidérurgie (GALVA-tube).
- **Pour Ben M'hidi** : l'agroalimentaire, le conditionnement pharmaceutique et une unité de carrelage.

Pour toutes ces ZAC, il se pose le problème des pollutions potentielles par rapport au littoral, combien même éloignées de ce dernier comme celle de Ben M'hidi car le récepteur et vecteur potentiel est l'oued Mafragh

2.4.4.6. Pêche

L'activité de pêche de la wilaya de Tarf, avec un littoral d'environ 90 km, est principalement concentrée dans deux ports. Le vieux port d'El Kala, construit en 1925, présente une digue principale de 307,5 mètres réalisée en 1976, une longueur totale de quais de 800 mètres, un terre-plein de 1,1 hectare, un tirant d'eau de 4 à 5 mètres, une passe d'entrée de 70 mètres de large, et un plan d'eau de 3,6 hectares. Cependant, le port souffre d'un envasement élevé, réduisant la longueur du quai à 192 mètres et entraînant des difficultés d'entrée et d'accostage pour les pêcheurs.

Un deuxième port, doté d'un quai de 427 mètres de long, de deux digues de 550 et 350 mètres, renferme un bassin de 5,3 hectares. Sa capacité calculée est de 25 chalutiers, 34 sardiniers et 78 petits-métiers. Selon une étude du Med/PNUE/PAMCARASP sur la gestion de l'aire marine du PNEK, l'activité de pêche se concentre principalement sur des espèces de poisson bleu, représentant 70 à 80 % des captures. Bien que les captures de certaines catégories d'espèces aient fluctué au cours des dix dernières années (poisson blanc, crustacés, squales et espadons), les captures de poisson bleu ont continué d'augmenter de manière constante.

Tableau 2. 17: évolution de la flottille de 2010--2016 :

TYPE D'EMBARCATION	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Chalutiers	15	15	16	15	15	15	15
Sardiniers	45	45	48	48	49	49	49
Petits métiers	153	162	164	158	158	160	163
Corailleurs	4	4	4	4	4	4	4

Source : Direction de la Pêche

L'activité d'un chalutier, mesurée en nombre de sorties annuelles, est estimée à 128. La moitié de ces sorties ont lieu en été, avec une journée de travail tous les deux jours. Au printemps et en automne, il y a une sortie tous les trois jours, et en hiver, une sortie par semaine. Les captures en été sont cependant significativement inférieures à celles du printemps et de l'automne. Les sardiniers et les petits métiers suivent des tendances saisonnières similaires en termes de nombre de sorties, mais leurs captures par sortie sont plus abondantes en été par rapport aux autres saisons. Le marché du poisson est régulé par la criée pour la sardine et par des contrats de vente permanente pour les produits des chalutiers et des petits métiers.

Les principales espèces chalutées dans la région d'El Kala comprennent le merlan, les crevettes rouges et blanches, les chiens de mer, la baudroie, le St Pierre, le poutassou, le denté, la gallinette et la raie (sur les fonds de vase). Sur les fonds de sable-vaseux, on retrouve le merlan, le denté, le rouget et le pageot, tandis que sur les fonds de sable et les fonds rocheux, on trouve le merlan, le rouget, le St Pierre, le denté et les chiens de mer.

• Aquaculture et pêche continentale :

Sites continentaux existants exploités :

- Lacs Mellah,
- Oubeira,
- Tonga,
- Oued Mafragh,
- Barrage Cheffia et Mexa,
- Retenue collinaire Mexa

Sites projetés pour l'aquaculture :

- 08 projets d'embouchure d'oueds, de zones marécageuses, lacustres et de lagune :
- 01 projet d'exploitation de ressources naturelle (anguille, palourde etc...)
- 01 projet de pisciculture marine intensive, en bassin, en dur avec composante touristiques.
- 01 projet d'élevage de crustacés.
- 02 projets de pisciculture semi-intensive d'eau douce (Mulet+carpe) en étang.

- 01 projet de pêche lagunaire.
- 02 projets de pêche lacustre.

• **En sites littoraux :**

- Conchyliculture : 08 projets de conchyliculture dont : 01 projet intégré au tourisme et un centre de traitement et conditionnement des mollusques.
- Pisciculture marine : 01 projet en cage flottante ou en race ways.

Plages d'échouages :

06 plages d'échouages

- El djazira commune berrihanne
- Draouche coté est commune berrihanne
- Zitounete commune d' El Chatt
- El battah commune de Benmhidi
- Cap rosa Ouest commune d'El Kala
- Fertassa commune d'El chatt

2.4.4.7. Tourisme et patrimoine culturel

La wilaya d'El Tarf offre un potentiel touristique considérable grâce à sa diversité topographique et à son climat humide. Les écosystèmes marins, lacustres, palustres et forestiers se juxtaposent pour créer un espace naturel riche et varié, doté de ressources touristiques indéniables. Le littoral s'étend sur près de 94 km, offrant des plages vierges, tandis que les massifs montagneux couverts de forêts offrent des panoramas exceptionnels. De plus, il existe des sources thermales inexploitées, le parc national d'El Kala est unique en Algérie avec ses richesses naturelles, et il y a de nombreuses étendues d'eau, telles que des lacs, des étangs, des oueds et des marais. La région sert également de point de transit pour le trafic frontalier avec la Tunisie. Tous les types de tourisme sont possibles dans cette région, y compris le tourisme balnéaire, l'éco-tourisme, le thermalisme, le tourisme de montagne et le tourisme de transit. Cependant, malgré ce potentiel exceptionnel, le secteur du tourisme dans la wilaya d'El Tarf reste sous-aménagé, sous-équipé et peu connu, même par la clientèle nationale.

a. Forêt récréatives

À noter que cinq sites ont été aménagés en forêts récréatives et dont les caractéristiques sont présentées dans le tableau 2.18 :

Tableau 2. 18: Caractéristiques des sites de forêts récréatives

Foret récréative	Commune	Lieu-dit	Canton	Superficie (Ha)	Nature de la Végétation	Coordonnées
Site n° 1 : Tonga	El kala	Tonga	Les dunes	03,08	Pin pin pignon maritime –	X1 : 456 / X2 : 457 Y1 : 4080 / Y2 : 4081
Site n° 2 : Zana	El kala	Zana	Tonga ouest	05,39	Reboisement eucalyptus -	X1 : 450 / X2 : 451 Y1 : 4079 / Y2 : 4080
Site n° 3 : Ain bergougaya	Souarekh	Ain bergougaya	Les mines	1,97	Peuplement Chene-zeen (jeune futaie)	X1 : 463 / X2 : 464 Y1 : 4077 / Y2 : 4078
Site n° 4 : Souk r'guibet	El kala	Souk r'guibet	Boumalek	2,94	Reboisement eucalyptus	X1 : 414 / X2 : 415 Y1 : 998 / Y2 : 999
Site n° 5 : Jar el ouassaa	El kala	Jar el ouassaa	Boumalek	05	Reboisement eucalyptus	X1 : 410 / X2 : 411 Y1 : 1005 / Y2 : 1006

Source : Direction des Forêts

b. Sites et monuments historiques

La région d'El Tarf est riche en vestiges historiques, témoignant d'un passé prestigieux. Parmi les sites notables, on trouve les anciens comptoirs commerciaux tels que le Bastion de France à la vieille Calle, l'ancien port de la Messida, le palais Lala Fatma, et l'ancienne église d'El-Kala. Les lignes électrifiées "Challe et Maurice", les dolmens de Djebel El-Ghorra et Cap Segleb, les pressoirs d'olives de Bougous, ainsi que les vestiges romains de l'antique Bougous complètent cet ensemble.

c. Sites archéologiques : (145 sites)

La Wilaya d'El Tarf compte 145 sites archéologiques, dont la Station de Demet El-Hassan (Ain Assel) et la Station d'Ain Khiair (El Tarf), témoignant de la civilisation Caspienne. Des dolmens et menhirs marquent également la présence humaine, avec les Menhirs et Dolmens de Segleb, ainsi que les grottes ornées de gravures rupestres néolithiques de Raml Souk.

d. Monuments historiques et Les Palais:

Remontant à l'époque où l'écriture fut découverte, des monuments tels que les pressoirs à huile d'olives à Oued Djenane rappellent cette ère. Les palais romains,

tels que le Palais Lala Fatma, le Palais K'ser el Djadj (Bordj el Roumaine), et le Palais Bir El Kerma, ont été des lieux de bains maures et de rencontres culturelles et politiques. Dans la période musulmane, le palais de Ali Bey à Berihene datant de la période turque est remarquable.

Les sites et monuments historique reviennent à l'ère ou l'homme a découvert l'écriture, on citera : Les pressoirs à huile d'olives introduits à l'époque berbère a Oued Djenane.

e. Bastions :

Plusieurs bastions historiques jalonnent la région, chacun ayant une fonction particulière. Parmi eux, le Cap Roux, datant du 12ème siècle, destiné à la pêche et à la commercialisation du corail. Le Bastion de France, classé site historique en 1930, était également dédié à la pêche et à la commercialisation du corail. Les ruines de Cap Segleb et de la Messida, le bastion de Medjez Nechaa ou Habledet El Beldi du 16ème siècle, ainsi que le Fort Moulin, dédié à l'exploitation et à l'exportation du corail, enrichissent le patrimoine historique de la région d'El Tarf.

Pendant la période coloniale française, la plupart des centres des villes de la wilaya ont été érigés. Cependant, un édifice se démarque de cette époque : l'église au centre-ville d'El-Kala. Actuellement utilisée comme théâtre municipal, cette construction a été classée en 1930 en tant que monument historique, faisant ainsi partie intégrante du patrimoine culturel national.

Les Vestiges de la douloureuse période coloniale sont représentés aussi par les lignes électrifiées isolant l'Algérie de la Tunisie.

Malheureusement, aujourd'hui il ne reste que quelques tronçons qui apparaissent. Ces lignes sont:

- **LA LIGNE CHALLE** : Traverse les communes suivantes : Oum Teboul, El Aioun, Ramel Souk, El Tarf, Zitouna, Ain Kerma, Bouhadjar.
- **LA LIGNE MAURICE** : Traverse les communes de : **Echatt, Ben M'Hidi**, Asfour, Zerizer, Besbes, Drean Et Chihani.

f. Les zones d'expansion touristiques

La wilaya de Tarf dispose de cinq (05) ZET déclarées par le décret 88/232 du 15/11/1988. Ce portefeuille foncier touristique est réparti sur plus de 90 Km de côtes où alternent plages, falaises rocheuses et versants verdoyants aboutissant dans la mer.

1. La Z.E.T de mafragh-ouest (communes El-Chatt et Ben M'hidi) :

D'une superficie de 1150 ha, composées de trois sites : El-chatt- Juvénile et EL - Battah-Ouest.

2. La Z.E.T de Mafragh –Est (commune berrihane) :

D'une superficie de 1600 ha, composée de quatre sites : EL-Battah –Est, Moudjab, Draouch et la Marsa.

3. La Z.E.T de Hennaya (communes de Berrihane et El Kala) :

D'une superficie de 870 ha, composée de trois sites: Hennaya - Belhadj et Ain Takouka.

4. La Z.E.T de Cap-Rosa (commune d'El Kala):

D'une superficie de 900 ha, composée de trois sites :
Cap-Rosa – Cap lionne et la Calle Prisonnière.

5. La Z.E.T de la Messida (communes d'El Kala et Souarekh):

D'une superficie de 565 ha, composée d'un seul site du même nom Messida

Tableau 2. 19: caractéristiques des ZET

Commune	Dénomination de la Z.E.T	Superficie par décret (Ha)	Désignation des sites	Commune
Souarekh et El-Kala	MESSIDA	565	Messida	Souarekh
El-Kala	CAP ROSA	900	Cap Rosa	El-Kala
			Cap Lionne	
			Calle prisonnière	
El-Kala et Berrihane	HENNAYA	870	Ain Takouka	El-kala
			Belhadj	
			Hennaya	kala et Berrihane
Berrihane	Mafragh- Est	1600	La Marsa	Berrihane
			Draouch	
			Moudjab	
			El Battah-Est	
Ben M'Hidi + El-Chatt	Mafragh- Ouest	1150	El Battah-Ouest	Ben M'hidi
			Juvénile	B. M'hidi+ Chatt
			El-Chatt	El-Chatt
Total	05	5085	14	

Source : SDAT

2.4.4.7.1. Les infrastructures touristiques

De par sa situation géostratégique, la région côtière de la wilaya d'El-Tarf attire les estivants des différentes wilayate du pays et notamment de la région grâce aux ressources naturelles exceptionnelles et à la beauté de ses côtes rocheuses, de ses falaises et de ses belles plages.

Le parc hôtelier

La Wilaya d'El-Tarf compte vingt (20) établissements hôteliers, offrant une capacité de 609 chambres, totalisant 1615 lits. Sur ces vingt hôtels, seize (16) sont en activité comptant une capacité de 1029 lits.

Tableau 2. 20: Parc hôtelier au niveau des communes littorales

Commune LITTORALE	Dénomination De l'établissement	Capacité		Type de L'établissement
		Unités	Lits	
El Kala	Boulif	23	66	Balnéaire
	La Marsa	32	80	Balnéaire
	El manar	44	100	Balnéaire
	Nassim el Quimam	10	30	Urbain
	Tarek	15	30	Balnéaire
	EL-Amir	25	70	Balnéaire
	El - Djazira	15	75	Balnéaire
	Diar Ali	30	150	Balnéaire
	El Nour	19	48	Balnéaire
	Sable d'or	24	80	Balnéaire
	Les jardins	15	60	Balnéaire
	Sarah	13	50	Balnéaire
	Le Moulin	63	130	Balnéaire
	El Shahel	25	60	Urbain
Total littoral	14	353	1029	/
TOTAL	18	609	1615	/

Source : SDAT EL TARF

La zone littorale de la wilaya d'El Tarf compte 14 infrastructures hôtelières qui se situent dans leur majorité dans la commune d'El Kala avec une capacité d'accueil de 1029 lits qui représente environ 64 % de la capacité totale de la wilaya. Douze établissements sont de type balnéaire et seulement 02 qui sont de type urbain.

Les auberges de jeunes :

Tableau 2. 21: Situation des auberges de jeunes

Zone	Communes	Auberges	Capacité lits
Littorale	El Kala	2	110
Total wilaya		2	110

Source : D.J.S 2011

Il existe 02 auberges de jeunes au niveau de la wilaya d'El tarf, dans la commune d'El Kala, avec une capacité de 110 lits.

Autres formes d'hébergement : les campings Comme pour les hôtels, ils sont presque tous situés dans la commune d'El Kala

Tableau 2. 22: les campings

N°	COMMUNE	DENOMINATION	CAPACITE
01	EL KALA	AYMEN	346
02		EL DJOUSSOUR	400
03		BELLE VUE	250
04		CAMP AFRICAINE	200
05	EL CHATT	FERPHOS	400
TOTAL		05	1796

CONCLUSION

A l'exception de la commune d'El Kala et d'El Chatt où il se pose le problème de littoralisation dû à l'urbanisation de celles-ci, le tourisme n'a pas impacté la zone littorale en termes d'infrastructures érigées sur les bandes des 300 et 800m.

2.4.4.8. Réseaux routiers

La route a été de tout temps et en tout lieu considéré comme un outil privilégié des échanges de biens et de circulation des personnes. La connaissance et l'état des infrastructures routières ont une influence directe sur les coûts de déplacement et le niveau de développement économiques des territoires dans le cas de la wilaya d'El-Tarf, la route représente le monde du transport le plus utilisé.

Le réseau routier assure la meilleure accessibilité au chef lieux des 24 communes que comme la wilaya d'El-Tarf et de les relier aux principaux pôles d'attractions limitrophes à el-Tarf.

Ainsi le réseau routier englobe l'ensemble des routes nationales et des chemins de wilaya des chemins communaux et d'autoroute faisant partie de la wilaya il est constitué de :

- 88km d'autoroute
- 295.67 km de route nationale
- 252.62km de chemin de wilaya
- 127.30 km de chemin communal

Le réseau routier s'articule autour d'un axe central, constitué par la RN 44, et de pénétrantes Nord – Sud, principalement les routes RN 82, RN 16, RN 16A et RN 84. L'axe central (RN44) permet de relier les pôles les plus importants de la wilaya dans un couloir Est – Ouest qui est considéré comme un des principaux couloirs d'urbanisation de la wilaya et où se concentre une bonne partie des activités socio-économiques. Cet axe traverse les trois plus grands pôles urbains de la wilaya : El Tarf, chef-lieu de la wilaya, El Kala, Ain El Aassel, Boutheldja et Ben M'Hidi. Il faut noter que ces centres urbains offrent en général les meilleures conditions de vie aux populations, principalement en termes de services publics. Les quatre communes concentrent **30%** de la population totale de la wilaya. La RN44 constitue

par ailleurs une voie d'accès rapide vers les grandes villes de l'Est du pays : Annaba et Skikda, ainsi que la frontière tunisienne.

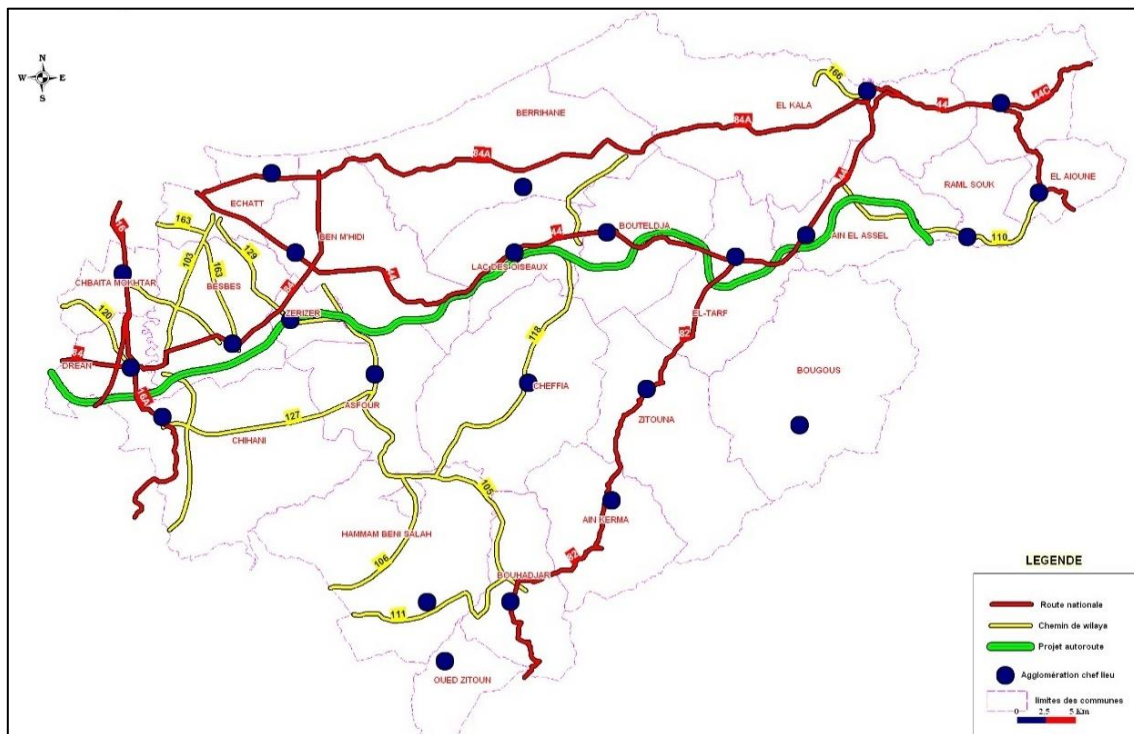


Figure 2. 18: carte des réseaux routiers

2.4.4.8.1. Infrastructure routière des communes littorales

La zone littorale de la wilaya d'El Tarf est traversée par un réseau routier peu dense, il est présenté par :

- **La route nationale n° 44**, traverse les deux communes de la partie Est (El kala et Souarekh), et les deux communes de la partie Ouest de la wilaya de Tarf à savoir, les communes d'Echatt et les commune de Berrihane, sur une longueur totale de 50 km environ.
- **La route nationale n° 84**, traversant transversalement la commune de Ben M'hidi, reliant la route nationale n° 84A, avec la commune de Drean.
- **- La route nationale n° 84 A**, longe les communes du littorale de l'Ouest au centre Est, elle traverse les communes d'Echatt, de Ben M'Hidi, de Berrihane, et une partie de la commune d'El Kala, sur une longueur de 60,50 km.
- **La route nationale n° 44C**, reliant le chef lieu de la commune de Souarekh à la frontière algéro-tunisienne.
- **Le chemin de wilaya n° 129**, traversant la partie Sud de la commune d'Echatt d'Est à l'Ouest.
- **Le chemin de wilaya n° 66**, traverse la commune d'El kala sur une distance de 5 km.
- **Le chemin de wilaya n° 105**, traversant la partie sud de la commune de Ben Mhidi, reliant la route nationale n° 44, à la commune de Bouhadjar.
- **Le chemin de la wilaya n° 118**, reliant la route nationale 44 à la route nationale 84 A, traversant une partie du territoire de la commune du Lac des Oiseaux et la commune de Berrihane.

a. Commune d'Echatt :

Le territoire de la commune d'Echatt est traversé par trois axes routiers importants à savoir :

- La route nationale n° 44, traverse la commune d'Ouest à l'Est sur une longueur de 5,75km.
- La route nationale n° 84 A, longe la côte de la commune sur une distance de 6,60km, traversant l'agglomération chef-lieu d'Echatt.
- Le chemin de wilaya n°129, traverse le territoire de la commune dans sa partie Sud reliant la commune d'Echatt au territoire de la wilaya d'Annaba.

❖ **Sur la bande des 300 et de 800 mètres**, aucune infrastructure de liaison n'est à signaler, au niveau de la bande des 300 et de 800 mètres.

❖ **Sur la bande de 3 km**, nous signalons le passage d'Ouest en Est de la route nationale n° 84 A sur un linéaire de 6,60 km.

b. Commune de Ben M'Hidi

Le territoire de la commune est desservi par :

- La route nationale n° 44, traverse la partie sud de la commune d'Ouest en Est, sur une distance d'environ 27 km, reliant la commune à la wilaya d'Annaba d'une part et la partie Est de la wilaya d'El Tarf.
- La route nationale n° 84, relie la côte de la commune à sa partie sud en desservant la partie sud de la wilaya, elle traverse la commune sur une distance de 9,46 km.
- La route nationale n° 84 A, traverse la partie côtière de la commune en horizontal, sur distance de 5km environ.

Le chemin de wilaya n° 105, traverse la partie centrale de la commune, du Nord vers le Sud, reliant la route nationale n° 44 à la commune de Bouhadjar sur une distance de 7 km.

❖ **Sur la bande de 300 mètres**, aucun réseau routier n'est à signaler sur la bande des 300 mètres.

❖ **Sur la bande des 800 mètres**, nous signalons également le passage d'une partie de la route nationale n° 84A sur l'extrême Est de la commune à côté de l'Oued Bou Namoussa sur un linéaire de 0,42 km environ.

❖ **A 3km de la bande du littoral**, nous remarquons la présence de la route nationale n° 84 A longeant la côte de la commune, de la limite communale avec la commune d'Echatt jusqu'à la limite communale de Berrihane, sur une longueur de 5km.

c. Commune de Berrihane :

La commune de Berrihane est traversée du Nord-Ouest au Sud Est par la route nationale n° 84 A desservant les agglomérations de la commune à savoir, l'As Sebaa et le chef-lieu de la commune, sur une distance d'environ **28,5 km**.

Le chemin de wilaya n° 118 traverse la partie Sud Est de la commune reliant la route nationale 44 à la route nationale 84 A, sur une longueur de **7,4 Km**.

❖ **Sur la bande de 300 mètres**, aucune infrastructure routière n'est à signaler.

- ❖ **Sur la bande des 800 mètres**, à la limite communale Ouest avec celle de la commune de Ben Mhidi, la route nationale 84 A traversé la bande des 800 mètres sur une longueur de 0,5 km.
- ❖ **A 3km de la bande du littoral**. Sur la partie Ouest de la commune, nous signalons le passage de la RN 84 A sur 5,18 km environ.

d. La commune d'El Kala

Globalement le territoire de la commune est assez bien maillé et diversifié, représenté par les routes nationales (84, 84A), et le chemin de wilaya n°166.

- La route nationale n°84 : relie le chef-lieu de la commune avec le chef-lieu de la wilaya, traversant la commune du Sud centre vers la partie Est de la commune en passant par la partie Sud de l'ACL d'El Kala, totalisant une longueur de 12,90 km.
 - La route nationale 84A : traverse la commune sur sa partie Ouest, à partir de la commune de Berrihane vers le chef-lieu de la commune pour rejoindre la route nationale n° 44, sur un linéaire de 20,40 km environ.
 - Le chemin de wilaya 166, traverse la partie Nord de la commune reliant l'ACL d'El Kala à la route nationale n° 84. Sur un linéaire de 5 Km.
- ❖ **Sur la bande de 300 mètres**, le chemin de wilaya n° 166, traverse la bande des 300 mètres sur une longueur d'environ 0,77 km.
 - ❖ **Sur la bande des 800 mètres**, nous signalons le passage de : - La route nationale n° 44, sur une distance de 2,43 km.
 - Le chemin de wilaya n° 166 sur un linéaire de 3km environ.
 - S'ajoutant aux chemins communaux desservant les diverses plages de la commune qui longent le littoral, notamment le chemin communal reliant le chef-lieu de la commune à la Missida dans la partie Est de la commune, et le Chemin communal, reliant le cw 166 à la vieille cale.
 - ❖ **Sur la bande de 3km** : cette zone est traversée par :
 - La route nationale n° 44, sur une distance de 10,60 km - La route nationale n° 84 A sur une longueur de 4,46 km - Le chemin de wilaya n° 166, sur une longueur de 5 km.
 - Les chemins communaux reliant les plages de la commune aux différents axes routiers de la commune notamment la RN 44 et la RN 84 A.

e. Commune de Souarekh

La route nationale n° 44, traverse le territoire de la commune d'Ouest vers le Sud centre de la commune traversant l'agglomération chef lieu de la commune (Oum Tboul), pour rejoindre la commune d'Aioune au Sud avant de rejoindre la frontière algéro-tunisienne.

- La route nationale n° 44C, relie l'agglomération chef lieu de la commune (Oum Tboul) à la frontière Algéro-tunisienne, sur un linéaire de 70,70 km.

- ❖ **Sur la bande de 300 mètres**, la bande des 300 mètres de la commune est complètement vierge de toute forme d'occupation notamment le réseau routier.
- ❖ **Sur la bande des 800 mètres**, aucune infrastructure routière n'est à signaler dans la zone de 800 mètres.
- ❖ **Sur la bande de 3km** : excepté un linéaire de 400 mètres de la route nationale n° 44, qui traverse l'extrême Ouest de la bande des 3km.

Le reste des axes routiers de la zone sont représentés par le chemin communal reliant le chef-lieu au chemin communal desservant la Missida du côté d'El kala, en passant par l'agglomération Oum Chetab.

2.4.4.8.2. Infrastructure ferroviaire

Le réseau ferroviaire est totalement absent dans la zone du littoral de la wilaya d'El Tarf.

2.4.5. Contraintes et menaces

2.4.5.1. Assainissement

La problématique des eaux usées (domestique et industrielle) à l'échelle de la wilaya de Tarf est complexe, notamment au niveau des communes côtières, les agglomérations, et les industries rejettent des volumes d'eaux usées assez importants au niveau des différents émissaires (milieu naturel et milieu marin) générant ainsi des risques réels de pollution et de propagation de maladies à transmission hydrique.

Tableau 2. 23: besoin en eau et rejets dans les communes littorales

commune	2015			
	Pop_0EE	Pop_rurale	besoin en eau (Hm ³)	Rejet en (Hm ³)
ECHATT	23017	17938	1,91	1,528
BENI MHIDI	20881	16241	1,74	1,392
BERRIHANE	5531	5080	0,49	0,392
EL KALA	17519	13709	1,46	1,168
SQUAREKH	4513	4197	0,4	0,32
Totale communes littorales	71461	57165	6,00	4,8

Calcul TADC (PATW)

En 2009, il existe 04 stations d'épuration sur tout le territoire de la wilaya, seulement deux au niveau des communes littorales (El Gantra et El Kala), la stratégie nationale pour l'environnement et le développement durable a mis à l'ordre du jour la réalisation de systèmes d'épuration en relation avec des schémas directeurs d'assainissement.

Les communes côtières génèrent un volume de **4,8 Hm³** d'eaux usées, dont les volumes les plus importants sont générés par les communes d'Echatt, de Ben M'Hidi et El Kala.

Tableau 2. 24: STEP en Exploitation

STEP	Année de réalisation	Capacité (EQH)	Débit (M ³ /j)	Process d'épuration
El Gantra	1986 réhabilité en 2006	3 000	425	Boues activées
El Kala	1986 réhabilité en 2006	25 000	3 795	Boues activées
Asfour	1982 réhabilité en 2006	7 000	1 229	Boues activées
Zerizer	1990 réhabilité en 2006	5 000	400	Boues activées

Source : DPAT

La sensibilité du milieu récepteur (territoire de la wilaya) étant très forte, un effort soutenu pour l'épuration des eaux usées est primordial.

Les analyses physico-chimiques effectuées par TAD Consult en Janvier 2011 sur des prélèvements au niveau des lacs : Mellah, Oubeira, Tonga, Lac Noir et l'aulnaie de Ain Khiair n'indiquent pas de pollution pour les paramètres suivants ((PH, Ammonium, Nitrite, Nitrate, Phosphaste, Silices, O₂ dissous). Ces lacs se trouvent dans la bande des 3 km.

Il faut cependant signaler qu'à l'exception des agglomérations prises en charge par les STEP signalées ci-dessus, tous les autres rejets se font dans les oueds et le complexe des zones humides.

2.4.5.2. Gestion des déchets

2.4.5.2.1. Déchets ménagers et assimilés

Chaque jour, une centaine de tonnes de déchets solides urbains sont produits au niveau de la wilaya d'El Tarf. La quasi-totalité de ces déchets aboutit dans des décharges non contrôlées.

L'élimination des déchets est donc problématique, la collecte l'est moins mais quelques lacunes restent à combler. Le manque de matériel et l'insuffisance de la collecte, associés au manque de civisme des citoyens laissent les villes dans un état déplorable. Des panneaux de sensibilisation tels que « **Ne jetez pas vos déchets partout** » fleurissent dans de nombreuses villes mais l'absence de poubelles sur la voie publique réduit à néant cette initiative.

Dans le cas des communes littorales, on dénombre plusieurs dépotoirs sauvages faute d'une collecte totale en raison des manques de moyens de collecte.

Pour remédier aux problèmes liés à la gestion des déchets, la loi n°01-19 du 12 décembre 2001 établit un cadre juridique, soulignant la responsabilité des communes dans la gestion des déchets municipaux. Le Programme National de Gestion Intégrée

des Déchets Municipaux (PROGDEM) s'inscrit dans la politique environnementale urbaine, visant à éliminer les décharges sauvages et à organiser la collecte, le transport et l'élimination des déchets ménagers de manière respectueuse de l'environnement et des règles d'hygiène. Chaque commune doit élaborer un plan communal de gestion, tandis que les grandes villes et les groupements de communes doivent mettre en place un schéma directeur de gestion des déchets solides. L'aménagement et l'équipement de Centres d'Enfouissement Technique (CET) et de décharges contrôlées sont également considérés comme des **priorités**.

❖ Estimation du gisement de déchets solides urbains au niveau des communes côtières

Sur la base d'un ratio moyen de 0,7 kg/hab/j, la génération de déchets par communes du littoral est estimée à près de 102 tonnes/jour, soit 37500 tonnes générées annuellement.

Tableau 2. 25: Estimation du tonnage de déchets solides urbains des communes côtières en 2015.

commune	2015	
	Population	Tonnage annuel de déchets (M)
ECHATT	40950	11,90
BENI MHIDI	37121	10,84
BERRIHANE	10010	3,10
EL KALA	31228	9,12
SQUAREKH	8710	2,54
Total	128025	37,50

Source : TADC (PATW)

❖ Destination finale des déchets ménagers et assimilés des communes côtières :

La destination finale des déchets solides urbains des communes du littoral se fait vers des décharges sauvages données dans le tableau suivant :

Tableau 2. 26: Destination finale des déchets solides urbains des communes côtières.

Commune	Les décharges	Coordonnées WGS 84	Morphologie du site
Echatt	CET de Zrizer	X : 36°42'27.68"N	Terrain plat
Ben M'Hidi		Y : 7°53'39.19"E	
Berrihane	Un site de décharge sauvage Ghomd Erros	y : 36°51'6.31"N Y : 8° 6'39.45"E	Matorral de montagne
El Kala	CET de Rmel Souk	X : 36°47'26.70"N Y : 8°32'51.09"E	Site en pente
Souarikh	Un site de décharge sauvage	X 36°52'0.97"N Y : 8°34'36.23"E	Foret dense de montagne

2.4.5.2.2. Déchets spéciaux industriels

Jusqu'à récemment, les déchets dangereux étaient éliminés dans les décharges publiques, dans les mêmes conditions que les déchets ménagers. Depuis 2001, la loi 01-19 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets a contraint les opérateurs industriels à stocker leurs déchets dans l'enceinte de leurs établissements, et ce dans l'attente d'une solution qui sera mise en œuvre à l'échelle nationale. Parmi les déchets spéciaux générés à travers la wilaya sont:

- Déchets d'activités de soins
- Déchets d'Abattoirs et de tueries
- Pesticides et produits phytosanitaires
- Huiles usagées
- Produits chimiques
- Transformateurs à Askarel
- Pneumatiques

Les unités industrielles qui génèrent des déchets spéciaux au niveau des communes littorales de la wilaya de Tarf sont :

- 03 unités de transformations de tomates industrielles à savoir :
 - Société algérienne de Conserverie Alimentaire (SACA) sise à Ben Amar (commune d'Echatt)
 - Conserverie SIJICO sise au domaine Riahi (Commune Echatt)
 - Conserverie CARSCI à Ben M'Hidi à l'arrêt.
- 01 unité de fabrication de tube en fer et tôle en zinc (GALVA TUBE) sise à Bir H'neche (commune d'Echatt).
- 01 unité de fabrication de films plastiques (Morance Soudure Algérie) sise à (commune de Ben M'hidi).

Les déchets générés sont :

- Des eaux chargées en métaux lourds
- Des produits phytosanitaires
- Des produits de protection de bois et d'aluminium
- Des pneus usagés
- Des batteries
- Des filtres usagés
- Huiles usagées Huiles à base de PCB qui sont en stock

2.4.5.3.1. Les risques environnementaux

Il s'agit de risques qui se manifestent sur le terrain par la dégradation et le recul du couvert végétal, les inondations, l'érosion et la dégradation des sols, les éboulements et les instabilités de terrain et par les variations et les changements du trait de côte.

2.4.5.3.1.1. Menaces naturelles

a. Risque d'inondation

❖ Rappel sur la topo-morphologie

Cordon dunaire :

L'altitude du cordon dunaire dans la région est variable, oscillant entre 10 et 15 m à l'ouest, de 60 à 80 m au centre, et de 90 à 120 m à l'est. Cette zone se caractérise par un enrichissement sableux, manifeste sur le terrain par des dunes imposantes et une importante masse de sable, souvent stabilisée par la végétation. Cet amoncellement de sable crée un obstacle significatif pour l'écoulement des oueds, en particulier ceux provenant du sud.

L'ensemble montagneux au sud

L'ensemble montagneux du sud constitue plus de 50% de la superficie de la wilaya, englobant tous les reliefs développés au sud et partiellement au centre. Ces montagnes s'orientent généralement de NE à SW, avec une orientation secondaire de NW à SE. Le territoire est caractérisé par son relief accidenté, marqué par des altitudes absolues importantes et très variables, souvent dépassant les 600 mètres. Les fortes pentes, dépassant les 25%, et les dénivelés importants entre les sommets des reliefs et les bas-fonds des oueds contribuent à la topographie complexe de cette région.

La plaine de ben m'hidi au centre

La plaine de Ben M'hidi se distingue par des altitudes variables, oscillant entre 20 et 30 mètres au sud, et de 2 à 10 mètres au nord. Ces variations sont influencées par l'orientation générale des oueds et la topographie générale de la plaine, se déployant de l'amont vers l'aval.

Donc il s'agit d'une plaine alluviale sujette à des phénomènes fréquents d'hydromorphie et d'engorgement des sols, accentués par la propension de cette zone à la formation de lacs et de marécages. Cette situation découle de l'encadrement de la plaine de Ben M'hidi par

des reliefs montagneux au sud et à l'est, ainsi que par un cordon dunaire au nord. À l'ouest, la plaine s'ouvre vers la wilaya d'El Tarf, se prolongeant au-delà du lac Fetzara vers les reliefs de Skikda et Guelma, contribuant à la spécificité hydrologique de la région..

❖ Rappel sur la pluviométrie

L'analyse des crues nécessite une étude approfondie de la pluviométrie à l'échelle des bassins versants, car les régimes d'écoulement sont directement conditionnés par les précipitations. Dans la wilaya d'El Tarf, la pluviométrie annuelle est considérable, avec une moyenne de 950 mm par an, dépassant même les 1200 mm lors des années particulièrement humides. Les météorologues attribuent cette forte pluviosité aux perturbations cycloniques d'origine atlantique de l'ouest et du nord-ouest, ainsi qu'aux dépressions formées en méditerranée occidentale. Cette abondance de précipitations se concentre principalement sur quelques mois de l'année, de novembre à avril, pendant lesquels les précipitations surpassent l'évaporation. Une saison sèche, de mai à octobre, est marquée par des précipitations déficitaires par rapport à l'évaporation, avec un minimum annuel en juillet-août.

Le régime des précipitations dans la wilaya est influencé par plusieurs facteurs, dont l'origine orographique des précipitations, notamment du djebel Ghorrah (1191 m). L'ombre hydrique des monts de l'Edough, orientés NW-SE, exerce une influence dépressive sur les stations proches, telles qu'Annaba-Port (787,00 mm) et Ben M'hidi (756,00 mm), avec une atténuation vers l'est. Les quantités de pluie deviennent plus importantes lorsque cette ombre n'affecte plus les stations de Bouteldja, Cap Rosa, et El Kala. De plus, la répartition annuelle des précipitations est saisonnière, avec plus de 70% des pluies se produisant entre novembre et mars.

Cause des inondations

L'aggravation des inondations dans la région est attribuée à des facteurs topo-morphologiques, climatiques et humains. La Direction des Ressources en Eau (DRE) identifie plusieurs causes, dont les principales sont les suivantes :

- Pluviométrie intense et irrégulière, atteignant de 800 à 1 500 mm/an, notamment lors d'orages.
- Pente très faible favorisant la stagnation des eaux dans les zones de plaines.
- Implantation de sept centres dans des zones basses (Ain Assel, Tarf, Bouteldja, Lac des Oiseaux, Ben M'hidi, Besbes et Drean).
- Grande superficie du bassin versant de la Mafragh.
- L'embouchure de l'oued Mafragh ne gère pas le débit de crue généré par tous les oueds simultanément.
- Nature des sols des plaines d'El Tarf, argileux avec une faible perméabilité.
- Présence d'obstacles naturels tels que dépôts d'alluvions et arbustes.
- Nombre important de méandres (Bounamoussa, Kebir Est, Seybouse).

Outre ces causes naturelles, des actions humaines contribuent au problème, notamment :

- Absence d'entretien des émissaires naturels tels que l'oued El Kebir Est, l'oued Bouhalloufa, l'oued Dardane, l'oued Boulathan, l'oued Seybouse, l'oued Besbes et l'oued Bouhalallah.
- Insuffisance d'un réseau d'assainissement dans les périmètres de Bounamoussa et son absence dans les plaines d'El Tarf et Bouteldja, ces zones recevant les eaux des bassins versants de Bougous, Guergour, Bouhalloufa et Boulathan.
- Réalisation de certains chemins communaux dans les communes de Bouteldja, du Lac des Oiseaux et de Berrihane, où quelques tronçons agissent comme de véritables obstacles à l'écoulement normal des eaux vers les exutoires naturels.
- Charriage constant de matériaux solides provenant des chantiers de construction.

❖ Points noirs d'inondations

Cette partie a pour objectif de recenser les points vulnérables aux inondations par débordement d'oued, et ceci à travers les calculs des niveaux d'eau des principaux oueds simulés par le logiciel, et à travers les enquêtes faites sur le terrain de la wilaya d'el tarf.

La wilaya d'el tarf recense une multitude de cours d'eau (plus de 120), dont la majorité drainent une superficie inférieure à 1 km². Ces petits cours d'eau, qui peuvent déborder en période de crue, constituent des zones à risque, mais leur degré de dangerosité est moindre, ceci est dû aux faibles apports et volumes d'eau qu'ils peuvent générer.

Au niveau de la zone littorale, nous pouvons démembrer quelques points noirs, à savoir :

- Toute la plaine de la commune d'echatt, qui est située juste en bas du chemin de wilaya 109.
- La plaine de berrihane longeant l'oued bounamoussa, limitée au nord par le chemin de Wilaya 109, et la route nationale n° 44 au sud.
- Les abords sud du lac obéira juste du côté du carrefour d'el kala.
- Les abords du lac tonga en allant jusqu'à l'agglomération chef lieu d'oum t Boul.

b. érosion et glissement de terrain

La wilaya d'El Tarf et les communes côtières en particulier sont le siège d'une activité hydrologique importante du fait de la dominance d'un faciès géologique favorable au ruissellement.

Sur le plan physique, la sensibilité du massif est particulièrement bien soulignée par la topographie et sa grande dissection par un réseau hydrographique très ramifié, par sa structure Et surtout sa lithologie.

- **La topographie** : elle intervient dans le processus de dégradation des sols de par l'étendue des terrains à forte pente.
- **Le substrat géologique** : très souvent de formation marno-argileuse (+ 30%) la couverture Lithologique est un matériau tendre facilement érodable.
- **Les facteurs climatiques** : hormis leur agressivité générale, les précipitations oscillent dans un intervalle très large qui intercale des années très pluvieuses (parfois jusqu'à 1200 mm) et des périodes sèches (aux environs de 300 mm).

Le ravinement constitue la forme d'érosion prédominante dans la zone du projet. Il se manifeste principalement sur les formations géologiques tendres, en particulier dans les zones dépourvues de végétation et présentant des pentes prononcées. Ce phénomène se caractérise par un réseau d'entailles, généralement rectilignes et parfois inclinées, parfois accentuées par des chaabats de dimensions plus importantes. Les terrains exclusivement marneux avec des pentes abruptes sont particulièrement propices au développement rapide des ravines, atteignant parfois des stades irréversibles

Il est à noter la présence d'une érosion éolienne dans la zone d'étude, accentuée par des éléments anthropiques, à savoir, les défrichements constatés sur le cordon dunaire mettent à nu les dunes et les soumettent à l'érosion éolienne, ceux des forêts et maquis et notamment sur les piémonts, accélèrent leur étendue.

La partie vulnérable de la zone d'étude est représentée par :

- Le littoral des communes de Echatt, Ben Mhidi, Berrihane, de la limite de Berrihane au cap Rosa, et la Massida
- La zone Ouest de l'ACL d'EL kala qui est très visible notamment sur le chemin de wilaya 166 (CW166) reliant l'ACL à la vieille calle. Et sur toute la côte et la zone Est de la commune de Souarekh.



Figure 2. 19: Glissement de terrain (commune d'El kala)

c. les séismes

Sur la carte du zonage sismique de l'Algérie (**RPA 2003**), on peut voir que la wilaya d'El Tarf est en totalité classée dans la zone II a (Moyenne sismicité).

La sismicité, comme partout à travers le monde, est une manifestation néotectonique qui s'exprime par les tremblements de terre affectant cette wilaya et l'ensemble de sa région. Elle

exprime aussi par le sectionnement de ce territoire par les failles récentes ou anciennes ou encore par le rejeu de certaines d'entre elles.

En effet, l'activité sismique de cette région montre que les communes du littoral sont entourées par de nombreux centres sismiques et dont certains épencentres se caractérisent par une intensité importante (Magnitude > 5 sur l'échelle de Richter).

d. Contraintes liées aux incendies

Les incendies représentent la principale menace pour la destruction et la dégradation du patrimoine naturel, en particulier du couvert végétal, dans la zone d'étude et le Parc National d'El-Kala de manière générale. Leur fréquence dans une même région altère la composition et la structure de la végétation, entravant la régénération de certaines espèces.

Par exemple, la cocciféraie, fréquemment touchée par les incendies, est progressivement remplacée par des zones dégradées où *Halimium halimifolium* prédomine. De même, de nombreuses formations de chêne-liège connaissent une régression vers un état de maquis arboré avec une diminution de la densité des arbres. Les subéraies sont alors envahies par un sous-bois riche en espèces épineuses et thermophiles, telles que les genêts (*Genista tricuspidata*, *Calycotome villosa*). La diminution de la superficie forestière est principalement attribuable aux incendies, présentant même le risque de dévaloriser le patrimoine régional et ses facteurs de développement.

2.4.5.3.2.2. Menaces anthropiques :

a. La dégradation et le recul du couvert végétal :

Ce sont des phénomènes dont la présence est liée soit à l'anthropisation et la mauvaise exploitation du milieu, soit à des facteurs purement physiques, telle que la sécheresse.

La quasi-totalité de l'espace végétal des communes côtières se trouve au sein du parc national, d'el kala (pnek), notamment la zone est de la wilaya, qui est relativement protégée, mais il est à signaler que la partie centre et ouest de la wilaya est livrée à elle-même, en subissant des dégradations importantes de son couvert végétal, sous l'effet d'anthropisation de cette sensible frange du littoral de la wilaya à savoir la commune d'Echatt et El kala et à un degré moindre la commune de BenMhidi (as sidi mbarek).



Figure 2. 20: Défrichement sur le cordon dunaire de la commune d’Echatt et Ben_Mhidi.(source google earth)

b. Les activités d’extraction

Les carrières, en plus de contribuer significativement à la dégradation esthétique du paysage, sont également responsables d'une érosion locale intense du sol. L'exploitation du sable, en plus du défrichement, entraîne la déstabilisation des dunes le long du littoral, comme observé dans les sablières de Messida et Aïn Melloul. Actuellement, le village de Righia est soumis à une progression d'ensablement résultant du remaniement des dunes. Dans certaines carrières désormais inactives, on observe l'exposition des argiles du substratum numidien, comme à Ragoubet Essaïd, ainsi que le niveau statique des eaux souterraines, comme à Aïn Khiar.

c. Pollutions

La menace liée à la pollution reste minime dans la région, en nature et/ou en quantité. Pour le moment, les rejets d’eaux usées domestiques, ne constituent pas un facteur d’altération important.

L’intensification de l’agriculture à proximité des lacs, moyennant une amélioration du drainage, peut engendrer la pollution chimique des eaux lacustres. En effet, les produits phytosanitaires, une fois drainés avec les eaux dans les lacs, deviennent toxiques à une certaine concentration pour les poissons. Enfin, la multiplication de motopompes est à l’origine de la présence de petites flaques de carburant sur les berges.

CHAPITRE 3

Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques

Caractérisation des sources anthropiques identifiées

L'urbanisation sur l'écosystème dunaire

Conurbation de littoral

L'érosion côtier

Risques incendies de forets

Risque des inondations

Problème des déchets

Problème des rejets

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

3.1. La dégradation de l'écosystème dunaire de la wilaya d'El Tarf.

3.1.1. Introduction

L'urbanisation côtière se développe à une échelle et à un rythme sans précédent (**Salgado et al., 2022**). De 1970 à 2000, le taux moyen d'expansion urbaine était plus élevé dans les zones côtières de faible altitude (situées à moins de 10 m au-dessus du niveau de la mer) (Seto et al., 2011) que celui observé à l'intérieur des terres (**Barragán & De Andrés, 2015**).

La vulnérabilité des écosystèmes côtiers face aux perturbations naturelles s'est accrue à cause de la pression anthropique (**Benavente et al., 2006; García-Mora et al., 2001**). Ainsi, l'urbanisation croissante du littoral ont provoqué la destruction de dunes côtières et l'altération de la dynamique sédimentaire littorale.

Actuellement, **11%** du total des terres urbaines mondiales sont situées dans des zones côtières de faible altitude, avec près de 400 millions d'habitants (**Brondizio et al., 2019; McGranahan et al., 2007**). En effet, l'urbanisation côtière est une tendance mondiale, comme l'ont démontré **Barragán et De Andrés (2015)**, qui ont montré que les villes et agglomérations côtières ont été multipliées par 4,5 au cours des sept dernières décennies. Au cours de la dernière décennie, près de sept fois plus de personnes vivent dans les villes côtières qu'au milieu du 20e siècle. Cela signifie que les côtes deviennent de plus en plus densément peuplées au fil du temps (**Salgado et al., 2022**).

Les besoins économiques croissants des côtes a conduit à un étalement urbain continu et majoritairement désordonné, entraînant une dégradation de l'habitat ou la perte, ainsi que la pollution, à la fois terrestre et océanique (**Finkl & Charlier, 2003**).

Les dunes sont des écosystèmes fragiles qui sont menacés par plusieurs facteurs de dégradation, dont l'urbanisation et l'artificialisation. Les infrastructures construites en arrière des dunes modifient la dynamique de ces écosystèmes et empêchent leur développement naturel. Les cordons dunaires subissent également l'augmentation de la pression des évolutions sociales, telles que la déprise agricole et l'essor démographique. Plus précisément, les dunes côtières sont détruites par le piétinement excessif, l'utilisation de véhicules tout-terrain, le remodelage des dunes, l'élimination de la végétation et même l'extraction massive de sable (**Hesp et al., 2010**).

En Algérie, les 2/3 de la population sont concentrés sur le littoral, ce qui représente **5%** de la superficie du pays (**Bouroumi, 2014**).

Le cordon dunaire situé le long du littoral de la wilaya d'El Tarf (**figure 3.1**) est au cœur d'une problématique qui ne peut être ignorée. Cette étendue de dunes, s'étalant sur une vaste superficie, joue un rôle essentiel au sein de l'écosystème côtier de la région. En effet, les cordons dunaires de cette wilaya comptent parmi les plus importants de toute la côte algérienne.

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

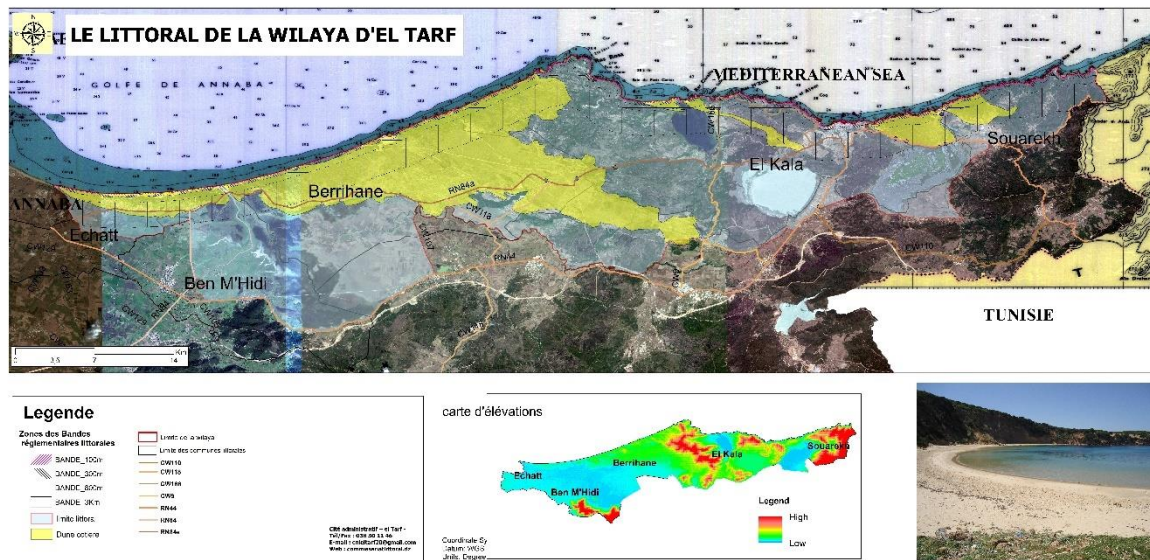


Figure 3. 1 : Le littoral de la wilaya d'El Tarf.

Cet écosystème revêt une importance écologique particulière, étant donné qu'il alimente une nappe d'eau souterraine dont le débit exploitable dépasse les 600 litres par seconde. De plus, il abrite une variété de mammifères ainsi qu'une trentaine d'espèces d'oiseaux, constituant ainsi une riche faune. La végétation présente est principalement composée d'espèces halophiles et xérophiles qui couvrent une part significative du sol.

Dans la wilaya d'El Tarf, la zone littorale accueille deux des trois principaux types de dunes connus : **les dunes littorales et les dunes sub-littorales**. Les ensembles dunaires des lieux tels que le lac Mellah, Cap Rosa, la Messida et Cap Roux résultent de l'apport de sable par des oueds provenant de la désagrégation du substrat gréseux. Ces particules de sable s'accumulent ensuite sur les plages, avant d'être façonnées en dunes par le vent. Par endroits, les dunes éoliennes atteignent même les rives de lacs importants tels que le lac Mellah, Oubeïra et Tonga.

Ces cordons dunaires jouent un rôle important en tant que barrière naturelle entre la plaine intérieure et la mer, bien que cette caractéristique puisse entraver le drainage. Seul l'Oued Mafragh est en mesure de percer cette barrière, même si en hiver, il est souvent obstrué par les éléments.

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

Tableau 3. 1: Principales caractéristiques des dunes

Nom du cordon dunaire	Daïra/Commune	Coordonnées géographiques	Caractéristiques
Enaouarès (zone de la commune de Sourekh)	El Kala/ Sourekh	<p>•Latitude entre : 36°53'59.51"N - 36°54'45.86"N</p> <p>Longitude entre : 8°34'41.27"E - 8°34'36.96"E</p>	-C'est une grande dune de 20m de hauteur recouverte par une végétation très dense. Elle délimite la plage au sud. Les sables sont d'une grosseur remarquable, ils sont issus de l'érosion frontale.
La Messida ou El Kala Ouest	El Kala /El Kala	<p>•Latitude entre : 36°53'40.99"N - 36°53'10.32"N</p> <p>•Longitude entre : 8°30'27.61"E - 8°30'48.73"E</p>	-Elle se développe sur 500m à 600m dans l'arrière-pays et s'élève à 15m de hauteur. -Elle est recouverte que par quelques touffes très éparses de psammophytes.
Vieille Calle ou Lac El Mellah	El Kala/ El Kala	<p>•Latitude entre : 36°54'43.14"N - 36°52'26.19"N</p> <p>Longitude entre : 8°21'12.71"E - 8°20'14.43"E</p>	-Derrière les falaises plus moins indurées, on trouve d'anciennes dunes fixées par la végétation. Elles peuvent atteindre plus de 20 m de hauteur.
El Hennaya	Ben M'hidi/ Berrihane	<p>Latitude : 36°54'29,77''</p> <p>Longitude : 08°07'34,10''</p>	-Il s'agit de dunes anciennes (quaternaires) où le couvert végétal est très développé. Les hauteurs peuvent atteindre les 40m. Cet ensemble semble préserver et ne présente pas un quelconque problème d'exploitation.
Mafragh	Ben M'hidi /Echatt	/	-Les cordons dunaires actuels se forment en occupant un amas de quelques mètres de hauteurs séparant la mer des dépôts éoliens anciens. -Les dunes développent des dunes bordières fraîches sur de longues distances.

3.1.2. Matériel et méthode

Avec autant de progrès, la télédétection est devenue un outil tout à fait approprié pour étudier et suivre l'évolution, dans le temps et dans l'espace, de l'occupation et de l'utilisation du sol d'une surface terrestre étendue grâce aux différents capteurs embarqués dans les satellites (Boulaassal et al., 2020).

Le caractère multi-date des images satellites permet de mettre en évidence les changements et d'analyser les dynamiques urbaines et péri-urbaines (Han et al., 2007; Hu & Lo, 2007; Jin-Song et al., 2009; Masek et al., 2000). L'évolution technologique des capteurs depuis les années 90 a engendré des progrès en matière de résolutions spatiale, spectrale et radiométrique. Suite à la disponibilité des données à haute résolution, les images Spot (XS et P) et Landsat ETM+ sont de plus

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

en plus utilisées en télédétection urbaine (Ackermann et al., 2003; Durieux et al., 2008; FAURE et al., 2004; Jin-Song et al., 2009; Lacroix et al., 2006; Park & Stenstrom, 2008; Skupinski et al., 2009).

Notre démarche avait pour but d'approfondir notre compréhension des tendances liées à l'étalement urbain et aux modifications du paysage, en particulier en ce qui concerne l'évolution de la couverture végétale du cordon dunaire, sur une période s'étendant de 1984 à 2021. Pour ce faire, nous avons eu recours à des méthodes avancées de télédétection et à l'utilisation d'un système d'information géographique (SIG).

Le choix d'intégrer un système d'information géographique (SIG) dans notre étude s'est avéré décisif. Cet outil sophistiqué nous a offert la possibilité de surveiller en temps réel les changements spatio-temporels relatifs à l'utilisation des terres et à la couverture végétale (Abdikan et al., 2018). Plus qu'un simple dispositif de cartographie, le SIG a permis une analyse approfondie des variations au fil du temps, dévoilant ainsi les schémas de transformation du cordon dunaire sur plus de trois décennies.

Ainsi, notre démarche visait à combiner les technologies modernes de télédétection et de SIG pour saisir l'évolution complexe de l'environnement côtier au fil de temps. Cette approche holistique nous a permis d'analyser non seulement les aspects morphologiques et végétaux du cordon dunaire, mais également les facteurs de risque potentiels associés à ces changements. En somme, notre étude a jeté une lumière nouvelle sur les dynamiques subtiles du paysage côtier, offrant des informations essentielles pour la planification et la préservation durables de ces écosystèmes uniques.

Analyse des données

Toutes les images téléchargées et les cartes utilisées dans l'étude (**tableau 3.2**) ont fait l'objet d'un géoréférencement afin que nous permette une digitalisation correcte des différents couches (urbain, couverture végétale et la dune côtière)

La délimitation de la dune côtière.

La délimitation des dunes côtières de la wilaya d'El tarf est réalisée à l'aide de superposition de 02 cartes, l'une sur l'autre notamment la carte de reconnaissance de sol d'Algérie feuille de BONE_ N° 9, d'échelle 1 :200000 dressé, gravée et publiée par le service géographique de l'armée (1930), et la carte d'état-major feuille Bone, 1 :50000, dressé, gravé et publiée par le service géographique de l'armée (révision de 1929).

A l'aide de logiciel Arc_Map v 10.8 les contours de ces terrains ont été extraits par digitalisation afin d'obtenir une délimitation de la dune, sous un format de vecteur avec un système de coordonnées WGS-84 et de projection UTM zone 32N.

Extraction de tissu urbain et la couverture végétale.

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

Les images Landsat utilisées dans cette étude ont été téléchargées dans les archives de l'USGS (<http://earthexplorer.usgs.gov> et <http://glovis.usgs.gov>). Les images ont été sélectionnées de façon à ce qu'elles aient moins de 20% de couverture nuageuse sur la totalité de la scène et moins d'un pixel de décalage spatial pour chaque année de références : 1984, 2000, 2010, 2021. Les produits de Landsat 5 (pour 1984 – 2010), Landsat 7 ETM+ (pour 2010), et Landsat 8 OLI (pour 2021).

Afin de pouvoir exploiter les images satellites Landsat efficacement, nous avons effectués des prétraitements pour réduire les erreurs susceptibles d'avoir lieu. Les prétraitements de ces images passent principalement par les étapes de calibrations radiométriques et de corrections atmosphériques.

Pour faire l'extraction de la couverture végétale multi dates nous avons utilisé L'indice de végétation par différence normalisée, appelé aussi NDVI proposé par **Rouse et al (1974)** est construit à partir des canaux rouge(R) et proche infrarouge (PIR) et réalisation d'une composition colorée "infrarouge fausses couleurs" est très utilisée en télédétection car elle est tout à fait adaptée à l'étude de la végétation, elle associe la couleur rouge à la bande proche IR, la couleur verte à la bande rouge et la couleur bleue à la bande verte.

L'indice de végétation normalisé met en valeur la différence entre la bande visible du rouge et celle du proche infrarouge. $NDVI = (PIR - R) / (PIR + R)$ (**Kustas et al., 1993; Leprieur et al., 2000; Tucker, 1979; Tucker et al., 2005**).

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

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

Afin de perfectionner et d'optimiser l'extraction de diverses informations, telles que la couverture végétale et le tissu urbain, nous avons intégré les images satellitaires provenant de Google Earth Pro. Ce logiciel, développé par la société Google, offre la possibilité de visualiser la surface terrestre grâce à un montage d'images aériennes ou satellitaires de haute résolution. De plus, il présente la capacité de remonter dans le temps pour revenir à un instant précis, ce qui ajoute une dimension temporelle à notre analyse.

En raison de l'absence d'images à haute résolution pour l'année 1984 disponibles sur Google Earth Pro, nous avons été contraints de recourir aux cartes topographiques à l'échelle de 1:25000 élaborées et publiées par l'Institut National de la Cartographie

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

en 1984. Ces cartes couvrent la zone d'étude et ont été utilisées comme source d'information en l'absence d'autres données visuelles de haute qualité pour cette année spécifique.

Les principales étapes effectuées pour réaliser cette étude sont illustrées dans la (figure 3.2).

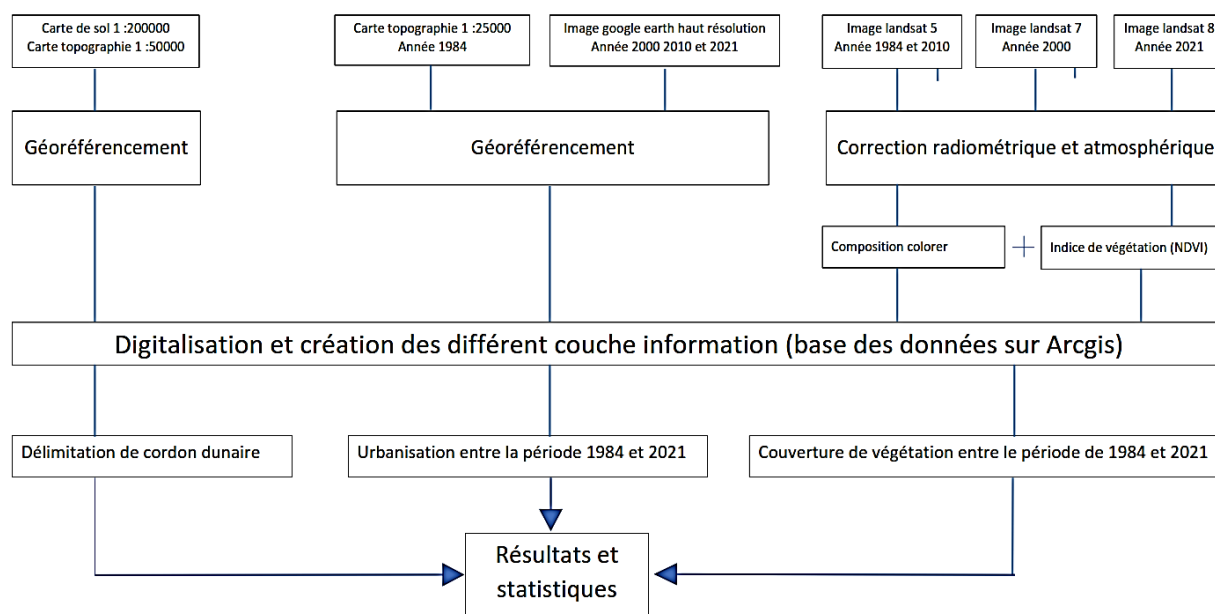


Figure 3. 2: schéma illustrer les principales étapes de l'étude

Tableau 3. 2 : les données utilisées dans l'étude.

Donné	Année	Échelle
Carte topographique	1984	1 :50000
Carte de sol	1929	1 :200000
Image google earth pro	2000	Haut résolution
	2010	
	2021	
Image landsat	1984	Résolution spatiale (30m)
	2000	
	2010	
	2021	

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

Tableau 3. 3: caractéristiques des images Landsat utilisées

Date de d'acquisition	Capteur	Bande spectrales (µm)	Résolution spatiale
27.09.1984 17.07.2010	Landsat 5 TM	Bleu (B1) : 0,45-0,52 Vert(B2) : 0,52-0,6 Rouge(B3) :0,63-0,69 Infrarouge(B4) :0,76-0,9	Multispectrale=30m Panchromatique =15m
19.09.2000	Landsat 7 ETM+	Bleu (B1) : 0,45-1,52 Vert(B2) : 0,52-0,6 Rouge(B3) :0,63-0,69 Infrarouge(B4) :0,76-0,9	Multispectrale=30m Panchromatique =15m
16.08.2021	Landsat 8 OLI	Bleu (B2) :0,45-0, 515 Vert(B3) :0,525- 0,6 Rouge(B4) :0,63-0,68 Infrarouge(B5) :0,845-0,885	Multispectrale=30m Panchromatique =15m

3.1.3. Résultat

Cordon dunaire Mefregh (commune Echatt):

Une superposition spatiale des différentes couches d'informations (urbanisation, végétation et cordon dunaire) sur une plateforme SIG (**figure 3. 3**). ; nous a permis de voir l'évolution de l'occupation de la surface sur le cordon dunaire ; les résultats montrent un étalement urbain sur le long du cordon dunaire avec une dégradation de couverture végétale en parallèle, le **tableau 3.4**, synthétise les principales statistiques de l'occupation de la surface dunaire.

Tableau 3. 4: Le pourcentage de la couverture végétale et urbain par rapport au surface totale de la dune côtier

	1984	2000	2010	2021
Couverture végétale	44%	33%	30%	24%
Tissu Urbain	4%	12%	18%	25%

En 1984, la zone urbaine était de **61,62 hectares** et elle a atteint **428,6 hectares** en 2021, ce qui signifie qu'elle a augmenté de **366,95 hectares**. Le taux d'accroissement annuel de la zone urbaine est de **10ha/an**. En observant les résultats, on constate que la surface de la zone urbaine a été multipliée par 7 en 37 ans (**tableau 3.5**).

Entre 1984 et 2000, nous avons enregistré une augmentation de la surface de la zone urbaine environ **208,56 ha**, (multipliée par 3).

Entre 2000 et 2010, l'augmentation de la zone urbaine atteint **301,84 hectares**, et entre 2010 et 2021, elle a été de **428,6 hectares**.

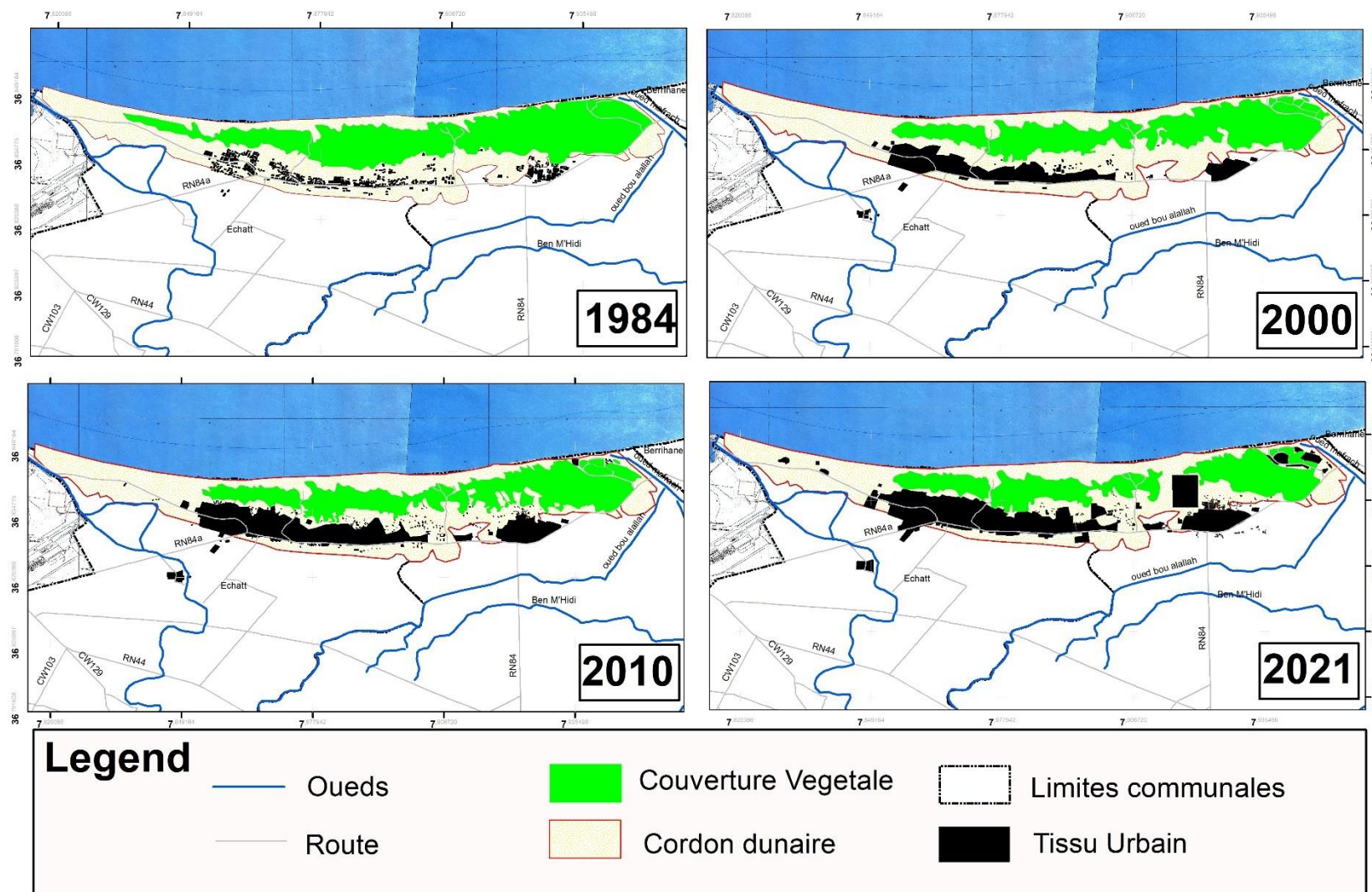


Figure 3. 3: évolution de la couverture végétale et le tissu urbain de cordon dunaire Echatt entre 1984 et 2021

Tableau 3. 5: surface urbanisée et la couverture végétale entre 1984-2021

Année	1984	2000	2010	2021
Surface urbanisée(ha)	61,62	208,56	301,84	428,58
Couverture végétale(ha)	752,74	562,06	512,55	413,45

Une légère augmentation du taux d'urbanisation entre la période de 2010-2021 où il y avait un taux de **11,5 ha/an**. Sachant qu'entre la période 1984-2000 et la période 2000-2021 à un taux de **9,2 et 9,3 hectares/an** respectivement (**tableau 3.6**).

Tableau 3. 6: le taux d'urbanisation pour chaque période

Période	Surface urbanisée(ha)	Taux d'urbanisation(ha/an)
1984-2000	146,93	9,2
2000-2010	93,28	9,3
2010-2021	126,73	11,5

En parallèle le défrichement de la couverture végétale enregistré sur la zone d'étude entre 1984 et 2021 atteint **339.29ha**, soit une moyenne de **9.42ha/an**, entre la période 1984 et 2000 la surface de couverture végétale défriché atteignait **190.69ha**, soit une moyenne de **11,92ha/an** Cette résultat est cohérent avec la croissance démographique enregistrée dans la région au cours de cette période (**tableau 3.7**).

Tableau 3. 7: le taux de défrichement de la couverture végétale pour chaque période

Période	Surface défricher (ha)	Taux de défrichement (ha/an)
1984-2000	190,69	11,92
2000-2010	49,51	4,95
2010-2021	99,09	9,91

Entre 2000 et 2010, nous avons enregistré une diminution de la surface forestière dégradée (**49,51 hectares**). Cette diminution due principalement aux changements dans la politique de logement de l'État, qui est passée de la construction de logements individuels à la construction de complexes résidentiels ; et ceci en application de la loi 02-02 du 5 février 2002, relative à la protection et la valorisation du littoral car elle considérait les dunes littorales comme un espace fragile nécessite la préservation et la protection.

Entre 2010-2021 le défrichement de la couverture végétale atteint **99.09ha** soit une moyenne de **9.91ha/an** ; ce dernier dû essentiellement aux grands projets de l'état notamment la base

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

militaire marine et les projets d'investissement sur la zone d'activités touristiques El BATTAH (figure 3.4).



Figure 3. 4: des photos montrant quelques projets dans la zone d'étude (B.bilal 5-12-2021)

Cordon dunaire El Hennaya:

L'évolution des données présentées dans les deux tableaux reflète des tendances significatives en termes d'urbanisation et de défrichement sur la période allant de 1984 à 2021.

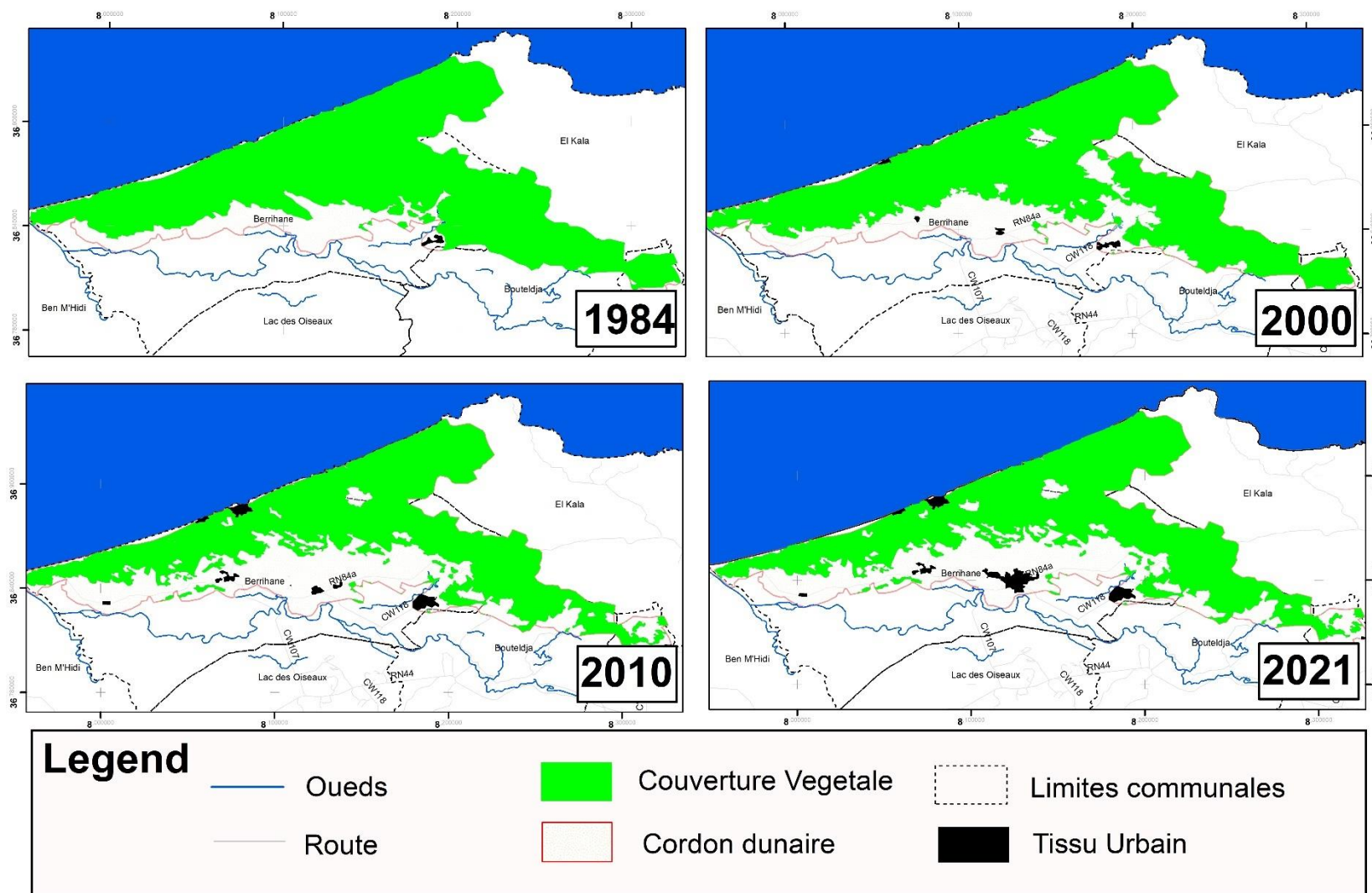


Figure 3. 5 : évolution de la couverture végétale et le tissu urbain de cordon dunaire Hennaya entre 1984 et 2021

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

Tableau 3. 8: Le pourcentage de la couverture végétale et urbain par rapport au surface totale de la dune côtier hennaya

Année	1984	2000	2010	2021
Surface urbanisée	0,18	0,37	1,29	2,09
Couverture végétale	83,50	74,94	63,73	62,75

Les données indiquent une augmentation progressive de la surface urbanisée au fil de temps. Cette expansion reflète l'accroissement des zones urbaines et leur empiétement sur des territoires autrefois végétalisés.

Les taux d'urbanisation sont révélateurs de l'accélération de ce processus. Entre 1984 et 2000, le taux était de **2,09 ha/an**, mais il a considérablement augmenté entre 2000 et 2010, atteignant **16,11 ha/an**. Une certaine décélération s'est ensuite produite entre 2010 et 2021, avec un taux d'urbanisation de **12,84 has/an (tableau 3.9)**.

Tableau 3. 9 : le taux d'urbanisation pour chaque période

Période	Surface urbanisée(ha)	Taux d'urbanisation(ha/an)
1984-2000	33,51	2,09
2000-2010	161,14	16,11
2010-2021	141,20	12,84

L'évolution de la couverture végétale :

Les chiffres indiquent une diminution continue de la couverture végétale sur la période étudiée.

L'ampleur du déclin de la couverture végétale est particulièrement notable entre 1984 et 2000, où une baisse de près de **9 %** a été enregistrée. Les réductions ultérieures sont moins prononcées mais constantes.

Les données des périodes de défrichement (**tableau 3.10**) fournissent un contexte explicatif de ces changements. Entre 1984 et 2000, une surface considérable de 1504,13 hectares a été défrichée à un taux de **94,01 ha/an**. Cette action a eu un impact significatif sur la diminution de la couverture végétale.

La période de 2000 à 2010 a vu une accélération marquée du défrichement, avec un taux de 197,02 hectares/an, ce qui a renforcé la perte de couverture végétale. Entre 2010 et 2021, le taux

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

de défrichement a ralenti, tombant à 15,68 hectares/an. Cela peut être un indicateur positif d'efforts pour réduire le défrichement.

.Tableau 3. 10: le taux de défrichement de la couverture végétale pour chaque période

Période	Surface défricher(ha)	Taux de défrichement (ha/an)
1984-2000	1504,13	94,01
2000-2010	1970,24	197,02
2010-2021	172,45	15,68

En somme, l'analyse des données révèle un schéma d'urbanisation croissante aux dépens de la couverture végétale, avec des taux d'urbanisation et de défrichement variables au fil du temps. Ces résultats soulignent l'importance de l'équilibre entre le développement urbain et la préservation environnementale, mettant en évidence la nécessité de stratégies de gestion durable pour préserver les ressources naturelles tout en répondant aux besoins de développement.

3.1.4. Discussions

L'urbanisation en Algérie a profondément altéré les écosystèmes des dunes côtières. L'érection de constructions et d'infrastructures a entraîné la détérioration et la perte des espaces dunaires, engendrant ainsi une augmentation de l'érosion et une plus grande vulnérabilité face aux risques côtiers (Otmani et al., 2019; Senouci & Taibi, 2019). Parallèlement, l'expansion des zones urbaines a perturbé le flux naturel de sédiments vers les plages avoisinantes, contribuant ainsi à leur dégradation (Rabehi et al., 2019). De plus, le développement non durable des installations touristiques en bord de mer a exacerbé la situation, avec des projets de construction empiétant sur la bande côtière protégée par la loi littorale (Taibi, 2016). La surexploitation des réserves de sable des dunes côtières et des plages a également créé des déséquilibres au sein de ce fragile écosystème côtier, entraînant la destruction des dunes et la pénétration des eaux marines (Habiki & Benslma, 2016) Cela s'applique également au cordon dunaire de la wilaya d'El Tarf, où les mêmes problématiques sont observées.

Il est certain que l'expansion urbaine sur le cordon dunaire Mefregh (commune Echatt) s'oriente résolument vers le nord, en direction de la mer Méditerranée (Figure 3.3), entraînant un impact négatif sur la couverture forestière du cordon dunaire. Cette tendance est accentuée par la nature géologique particulière de la région, dominée par le cordon dunaire, qui favorise le phénomène d'urbanisation en raison de la facilité avec laquelle les terres peuvent être nivelées en vue de constructions.

Cette croissance soutenue de l'extension urbaine est en grande partie due à l'augmentation des besoins en logements pour la population. Selon les données statistiques de la monographie de la wilaya d'El Tarf pour l'année 2020, la population de la zone côtière de la wilaya d'El Tarf

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

est estimée à environ **136 450 habitants**, ce qui équivaut à **28%** de la population totale de la wilaya.

La ville d'El-Chatt subit une pression démographique considérable, en grande partie attribuable à sa situation stratégique. Cette situation privilégiée offre aux habitants un accès aisé à la wilaya d'Annaba, située à seulement 5 km, et qui représente le troisième pôle économique d'importance en Algérie.

Parallèlement, il est notable qu'un développement substantiel et une expansion significative du tissu urbain se manifestent à travers la construction de bâtiments individuels. Ces constructions individuelles prennent place dans le cadre de la politique de l'État algérien visant à accompagner et à garantir l'accès au logement dans les zones classées en tant que zones rurales, ainsi que dans le contexte de constructions individuelles privées, souvent illégales.

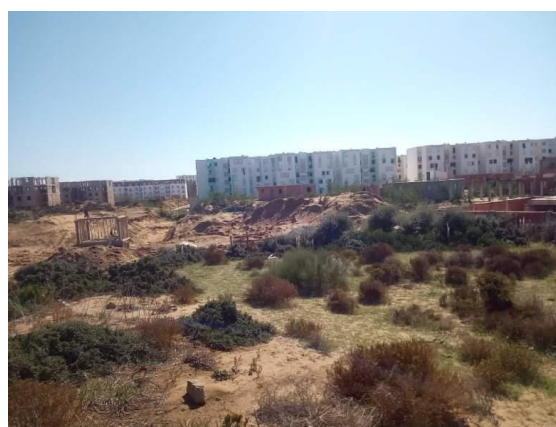


Figure 3. 6: Bâtiments pour des logements individuels et collectifs (B.bilal 17-10-2021)

Cette extension urbaine est demeurée longtemps incontrôlée (**Kacemi, 2011**) en détriment la couverture végétale de la dune côtière(**figure 3.7**) malgré l'existence des instruments législatifs interdisant l'urbanisation sur le cordon dunaire et les bandes de servitudes notamment la loi littorale 02-2002.



Figure 3. 7: changement d'occupation de sol entre 2009 et 2021(google earth pro)

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

La destruction de la végétation et la mobilisation des bancs de sable peuvent avoir des conséquences importantes sur la stabilité et l'intégrité du cordon dunaire de notre zone d'étude. En effet, la végétation joue un rôle crucial dans la fixation des dunes en limitant leur mouvement et leur érosion. La destruction de cette végétation, par le piétinement et le surpâturage, peut donc entraîner une accélération de l'érosion des dunes et une augmentation de leur mobilité.

De même, la mobilisation des bancs de sable à cause de l'exploitation de carrières ou de l'extraction de sable sur les plages (surtout entre les années 2000 -2004) (**figure 3.9**), peut avoir des répercussions sur la morphologie du cordon dunaire en modifiant le régime des courants côtiers et en provoquant des variations dans la hauteur et la forme des dunes.

Le nettoyage mécanique des plages (**figure 3.8**), réalisé de façon régulière sur l'ensemble des plages situées dans le cordon dunaire, peut avoir un impact négatif sur l'écosystème dunaire. En effet, ce type de nettoyage implique souvent l'utilisation de machines lourdes telles que des tracteurs ou des bulldozers, qui peuvent causer des dommages physiques à la structure des dunes.

Le passage de ces engins peut écraser et détruire la végétation dunaire qui stabilise les dunes, perturbant ainsi l'écosystème fragile de ces zones. De plus, le nettoyage mécanique peut également perturber les populations animales qui vivent dans les dunes, comme les oiseaux ou les reptiles, en détruisant leurs habitats et leurs aires de nidification.

Enfin, le nettoyage mécanique peut également modifier la morphologie du cordon dunaire en enlevant le sable de certaines zones et en le déplaçant vers d'autres. Cela peut entraîner des déséquilibres dans le régime des courants côtiers, qui peuvent affecter l'évolution naturelle du cordon dunaire.

En somme, le nettoyage mécanique des plages peut contribuer à la dégradation des écosystèmes d'un cordon dunaire. C'est pourquoi il est recommandé de limiter autant que possible l'utilisation de machines lourdes, et de privilégier des méthodes de nettoyage manuelles ou légères pour préserver la biodiversité et la stabilité du cordon dunaire.



Figure 3. 8 : nettoyage mécanique des plages ((a) : plage Messida (b): plage Echatt)

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

Les parcours réguliers, tels que les sentiers et les chemins d'accès, peuvent influencer l'équilibre du cordon dunaire (**de la Vega, 2012**). Donc les parcours réguliers peuvent affecter la végétation dunaire en provoquant des perturbations physiques et mécaniques. Le passage répété des personnes et des véhicules sur ces parcours peut piétiner et écraser la végétation, entraînant une diminution de la biodiversité et une perte de la capacité de la végétation à fixer le sable et stabiliser les dunes.

Ensuite, les parcours réguliers peuvent également modifier la morphologie du cordon dunaire en créant des zones de dépression ou de surélévation qui peuvent affecter la circulation des vents et des courants. Si ces modifications sont importantes, elles peuvent perturber l'équilibre de l'écosystème dunaire en modifiant les habitats naturels et en favorisant l'érosion des dunes.

Enfin, les parcours réguliers peuvent avoir un impact sur la fréquentation humaine des dunes et des plages, ce qui peut influencer la préservation de la biodiversité et la gestion des écosystèmes dunaire. Si les parcours sont mal conçus ou mal situés, ils peuvent encourager une fréquentation excessive des dunes et des plages, provoquant ainsi des impacts négatifs sur la faune et la flore dunaire.

En conséquence, la destruction de la végétation et la mobilisation des bancs de sable peuvent contribuer à l'affaiblissement du cordon dunaire et à sa vulnérabilité face aux aléas naturels, tels que les tempêtes et les inondations, ainsi qu'à l'impact des activités humaines. Il est donc essentiel de mettre en place des mesures de protection et de gestion adaptées pour préserver la biodiversité et les écosystèmes de ces zones fragiles.

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

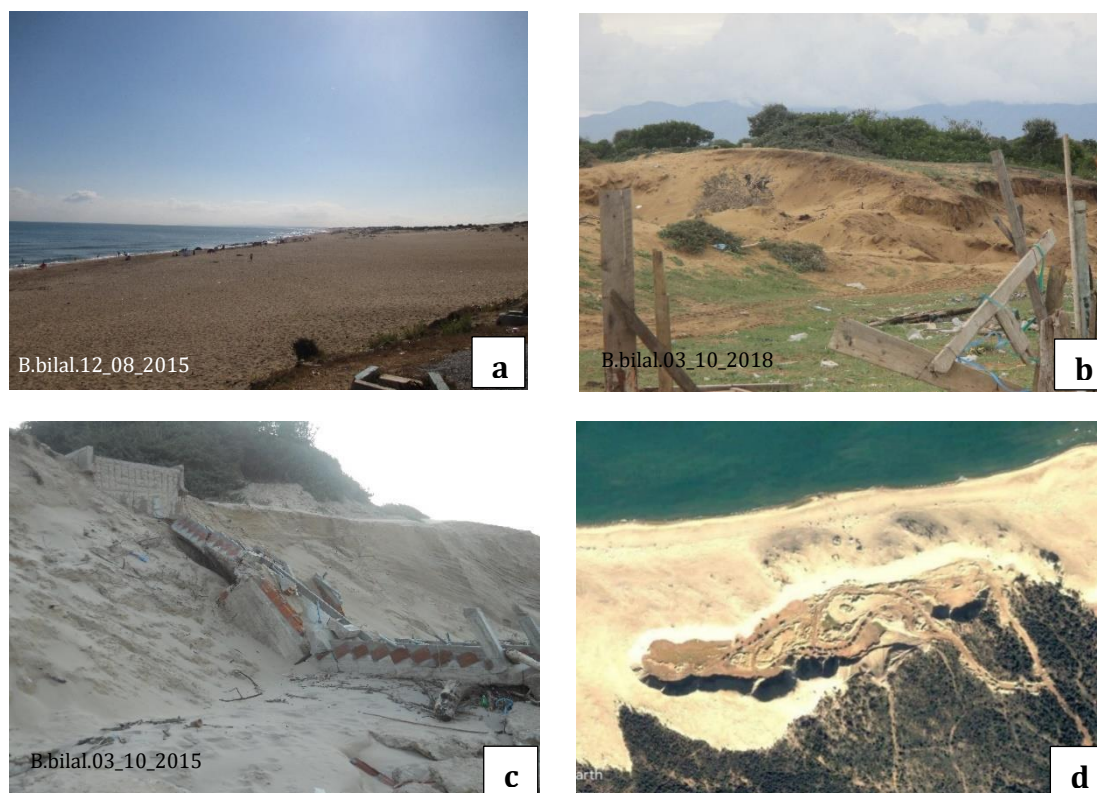


Figure 3. 9: (a) plage autorisée à la baignade, (b) dégradation de la dune côtière, (c) érosion côtière, (d) extraction de sable (google earth en date de 4-2004)

Au cours des dix dernières années, les travaux exercent sur la zone et l'expansion touristique (superficie totale de 1150 ha avec 355 ha aménageables), (**figure 3.10**) ont eu un impact négatif sur les dunes et la couverture végétale de la zone car la pression s'exerce sur le système dunaire, causée par les travaux de construction et d'aménagement, la circulation des engins et des camions.

Ces activités entraînent des perturbations physiques et mécaniques du système dunaire, ce qui conduit à la déstabilisation des dunes et à une érosion accrue.

Ainsi l'augmentation du nombre de visiteurs et les vacanciers sur les plages et la dune côtière surtout pendant la saison estivale (atteint 1million selon la protection civile de la wilaya d'El Tarf pendant la saison estivale 2018), a entraîné une détérioration supplémentaire à travers

- Le Piétinement ce qui détruisait la couverture végétale et nuisait la formation de nouvelles dunes.
- Les Déchets laissés sur les dunes, ce qui nuisait la flore et à la faune locale. Le Stationnement qui cause des dommages physiques aux dunes et nuit leur capacité à résister à l'érosion.

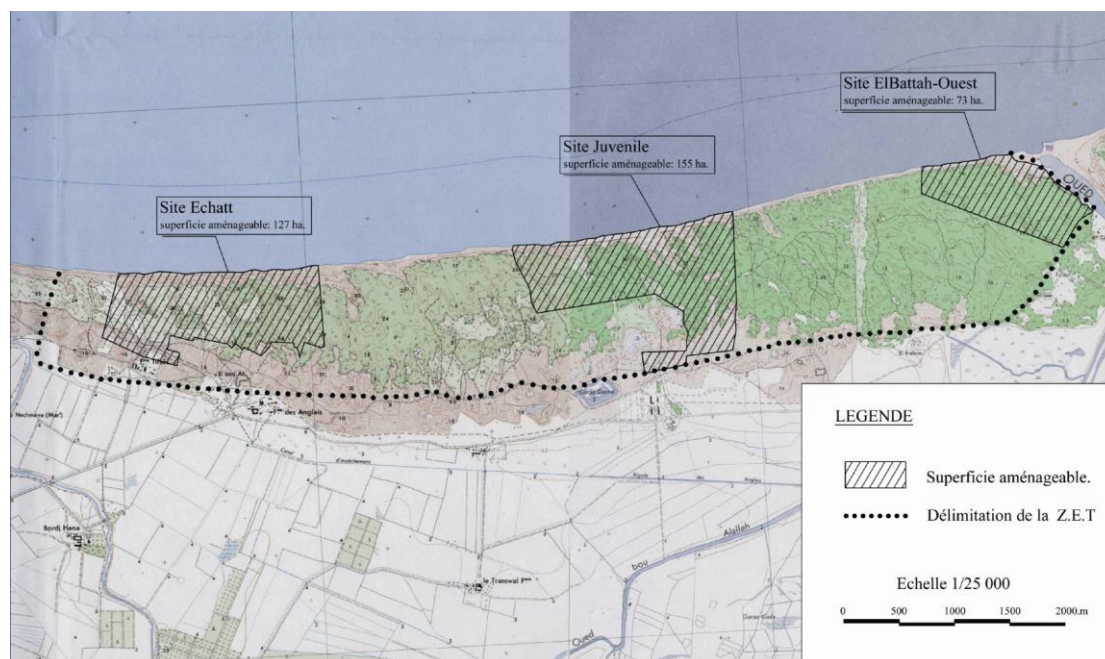


Figure 3. 10: carte de zone d'expansion touristique MAFREGH OUEST (source DTA)

Le potentiel agricole et la proximité de la ville d'Echatt en mer a rendu attrayante sur le plan économique, par conséquent, la population urbaine a augmenté rapidement en raison de la migration des zones rurales proches vers la ville. La population a presque été triplé entre 1984 et 2021. Ce phénomène a entraîné une augmentation du nombre de bâtiments dans toute la ville. Cette évolution du tissu urbain a obligé les éleveurs de la zone à exploiter les dunes côtières en construisant des étables pour abriter ces animaux et à pratiquer l'élevage hors du tissu urbain surtout après la décision communale qui interdit cette activité dans la ville (**figure 3.11**).



Figure 3. 11: des étables pour abriter les animaux à l'intérieur de la dune côtière (B.bilal 17-10-2021)

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

Le piétinement des animaux provoque l'érosion et le tassement du sol, altérant la végétation, ce qui réduit la capacité des plantes d'intercepter le sable (**figure 3.12**). La culture directe sur les dunes a aussi un impact sur les systèmes dunaires côtiers, car elle détruit la végétation et modifie le relief altère gravement les caractéristiques du sol, par les labours, et celles de la nappe phréatique sous-jacente suite à l'utilisation de fertilisants et de pesticides.



Figure 3. 12: activité de pâturage. (B.bilal 5-12-2021)

Il est bien connu que les espèces envahissantes peuvent déplacer et éliminer localement les indigènes (**Gaertner et al., 2009**). Cependant, dans notre cas, la présence de deux espèces invasives (*Carpobrotus edulis*, espèce exotique invasive sud-africaine, *Oenothera drumondii*, espèce exotique invasive d'origine américaine) ne semble pas avoir eu d'impact significatif jusqu'à présent, car elles étaient relativement rares (**figure3.13**). Néanmoins, des précautions doivent être prises pour empêcher toute élargissement potentielle et indésirable de ces espèces étrangères. Un tel suivi est d'autant plus pertinent que l'urbanisation côtière peut favoriser l'arrivée d'espèces exotiques, qui sont souvent introduites comme ornementales et deviennent ensuite des espèces envahissantes naturalisées (**Carboni et al., 2010**). En outre, des espèces exotiques (telles que *Casuarina*) sont également utilisées pour la protection contre les risques côtiers naturels tels que les tempêtes. Cette espèce peut éventuellement devenir problématique car elle semble inhiber la croissance des plantes indigènes (**Moreno-Casasola et al., 2013**)).



Figure 3. 13: (a) *Carpobrotus edulis*, (b) *Oenothera drumondii* (B.bilal 17_10_2021)

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

Les dunes côtières sont considérées comme une zone protégée selon les dispositions de la loi 02-02 relative à la protection et à la valorisation du littoral en tant que zone fragile qui doit être préservée et protégée en fonction de leur destination naturelle, mais ce que l'on remarque sur le terrain est l'inverse.

Le défrichement de la couverture végétale de cordon dunaire de HENNAYA (commune de BENMHIDI et de BERIHANNE) est dû essentiellement aux activités agricoles surtout la culture saisonnière de pastèque qui est de façon illégale ; car pour étendre les zones cultivées, les agriculteurs peuvent défricher les dunes de sable, éliminant ainsi la végétation naturelle qui stabilise ces écosystèmes (Belloulou et al., 2023). La régression de la végétation expose les dunes à l'érosion éolienne et à la perte de leur capacité à retenir le sable

Pour évaluer les effets de ces activités agricoles, on commence par comparer les surfaces occupées par deux éléments clés : les pratiques agricoles et les éléments naturels comme le cordon dunaire et les zones humides. On choisit de mesurer ces surfaces au niveau de chaque commune littorale, ce qui permet d'avoir une vision plus locale et précise des impacts.

Le calcul de ces surfaces comparatives se base sur la superficie totale de chaque commune littorale. Pour chaque commune, on mesure la superficie totale occupée par les pratiques agricoles (cultures, élevages, etc.), puis on mesure la superficie occupée par le cordon dunaire et les zones humides. Ces mesures sont effectuées en hectares ou en mètres carrés.

Une fois les mesures effectuées, on peut comparer les proportions de surfaces occupées par les pratiques agricoles, le cordon dunaire et les zones humides. Cette comparaison permet d'obtenir une vision claire de l'ampleur des pratiques agricoles par rapport aux éléments naturels. Si les pratiques agricoles occupent une grande partie des terres, cela pourrait indiquer un potentiel risque pour les écosystèmes côtiers (figure 3.14).

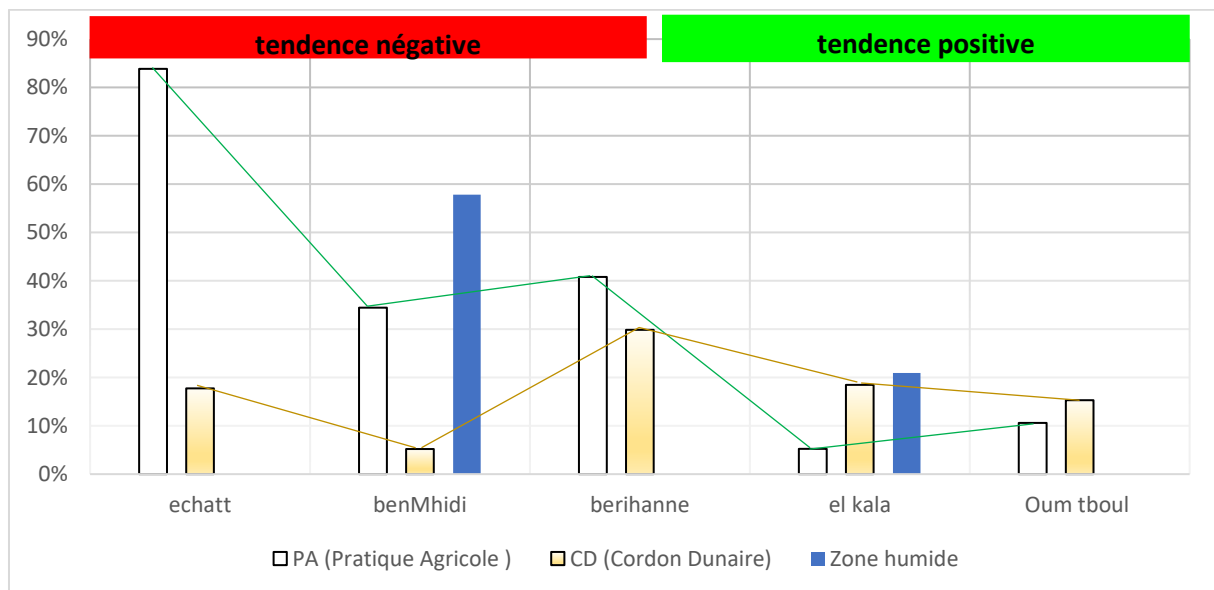


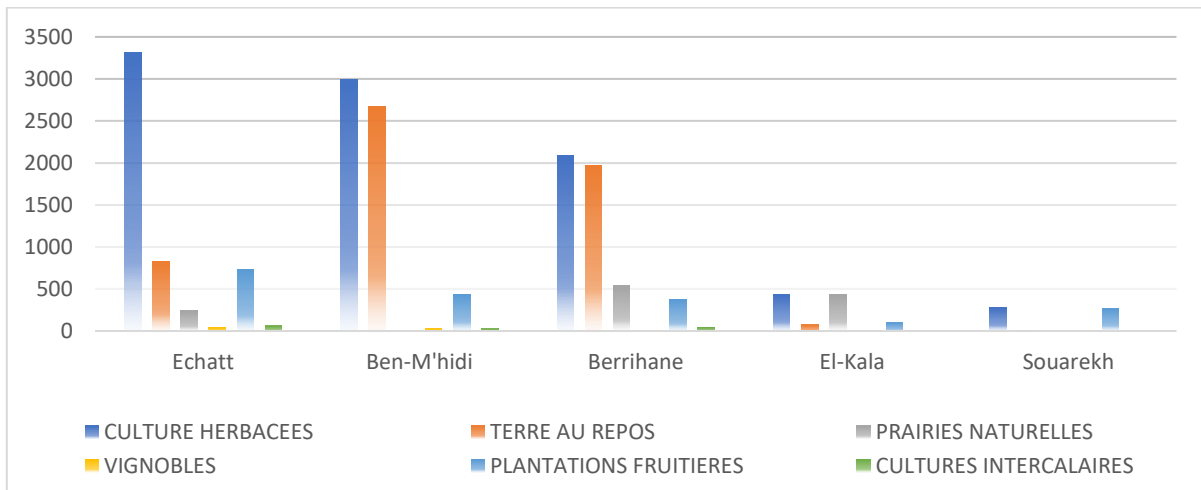
Figure 3.14 : Courbe de la pression des pratiques agricoles sur le cordon dunaire

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

La tendance est négative sur les communes Echatt, Ben M'Hedi et Berrihane, dans la mesure où le pourcentage des pratiques agricoles est supérieur au pourcentage d'occupation du cordon dunaire. Cette tendance devient positive sur les communes El Kala et Souarekh car le pourcentage d'occupation du cordon dunaire est supérieur à celui des pratiques agricoles.

Une observation intéressante émerge de l'analyse de la localisation des îlots de cultures, qui sont des zones où les pratiques agricoles ont un impact significatif sur le cordon littoral (**tableau 3.11**). Cette localisation semble être influencée par des facteurs géographiques et naturels, ce qui crée des schémas distincts entre les communes littorales à l'ouest et celles à l'est. Les îlots de cultures des pratiques agricoles impactantes sur le cordon littoral sont localisés à l'ouest à cause de l'accessibilité caractérisée par le manque de barrières naturelles. Par contre dans les communes situées à l'est, les îlots de cultures sont rares à cause du relief accidenté et de la présence du PNEK.

Tableau 3. 11: la répartition de la SAU par groupe de culture



Ainsi que le problème de pillage de sable (**figure 3.15**) sur le cordon dunaire qui soumis à une destruction systématique et un sabotage en raison du vol de sable ce cordon dunaire est très recherché pour les chantiers de construction. Les dunes côtières, telles que celles du cordon dunaire, sont des formations géologiques uniques et vitales qui jouent un rôle crucial dans la préservation de l'écosystème côtier tout entier. Cependant, l'extraction non réglementée de sable de ces dunes peut avoir des conséquences dévastatrices :

- **Altération de la structure des dunes** : Les dunes sont formées par des processus complexes de sédimentation et d'érosion. L'extraction de sable perturbe ces processus, modifiant la forme et la structure des dunes. Cela peut affaiblir leur capacité à protéger la côte contre l'érosion et les tempêtes.
- **Dégradation de l'habitat** : Les dunes abritent une diversité d'espèces végétales et animales adaptées à ces conditions spécifiques. Le pillage de sable peut détruire ces habitats uniques, mettant en péril la biodiversité et les équilibres écologiques.

- **Vulnérabilité accrue à l'érosion** : Les dunes agissent comme une barrière naturelle contre l'érosion côtière en absorbant l'énergie des vagues. L'extraction de sable affaiblit cette barrière, augmentant la vulnérabilité des côtes aux tempêtes et à l'élévation du niveau de la mer.
- **Impact sur le cycle de l'eau** : Les dunes jouent un rôle essentiel dans la régulation du cycle de l'eau en filtrant et en stockant l'eau douce. Le pillage de sable peut perturber cette fonction, entraînant des problèmes de drainage et des modifications des écosystèmes humides adjacents.

3.1.5. Conclusion

L'étalement urbain rapide peut effectivement avoir un impact significatif sur le paysage du cordon dunaire, qui est une zone fragile et protégée en raison de sa biodiversité et de son rôle dans la prévention de l'érosion côtière.

Lorsque des développements urbains se produisent sur le cordon dunaire, cela peut entraîner la destruction de l'habitat naturel, la fragmentation des écosystèmes et la perturbation de la faune et de la flore locales. De plus, la construction de routes, de bâtiments et d'autres infrastructures peut modifier la topographie naturelle du cordon dunaire, entraînant une augmentation de l'érosion côtière et des risques d'inondation.

Ainsi, le défi auquel nous sommes confrontés aujourd'hui est le suivant : Pouvons-nous combiner l'urbanisation avec la préservation des écosystèmes naturels ? Oui, il est possible de combiner l'urbanisation avec la préservation des écosystèmes naturels, en utilisant des approches d'aménagement du territoire durable.

Une approche clé consiste à concentrer le développement urbain dans les zones déjà urbanisées plutôt que de permettre une expansion incontrôlée en périphérie des villes. Cela peut être réalisé en utilisant des politiques d'aménagement du territoire qui encouragent la réutilisation de terrains urbains vacants ou sous-utilisés, la densification de zones urbaines existantes et le développement de bâtiments et de logements plus durables.

Il est également important de prendre en compte la préservation de la biodiversité dans les plans d'urbanisation en identifiant les zones à haute valeur écologique, telles que les zones humides, les forêts et les habitats naturels sensibles, et en les protégeant. Cela peut être réalisé en créant des zones de conservation, en établissant des corridors écologiques pour permettre la circulation de la faune et en utilisant des pratiques d'aménagement paysager qui préservent la végétation indigène.

Enfin, les villes peuvent également adopter des pratiques d'aménagement durable pour minimiser les impacts négatifs sur l'environnement, telles que la gestion des déchets et de l'eau, l'utilisation de sources d'énergie renouvelable et la promotion des transports en commun et des modes de déplacement actifs tels que la marche et le vélo.

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

En combinant ces approches, il est possible de concevoir des villes plus durables qui prennent en compte la préservation des écosystèmes naturels, tout en répondant aux besoins croissants des populations urbaines.

L'utilisation de systèmes d'information géographique (SIG) et de télédétection pour étudier l'évolution du système dunaire, nous permettant de faire une analyse précise et complète des changements dans la composition, la structure et la distribution des zones dunaire et nous a permis de déterminer la dégradation enregistrée dans cet écosystème entre 1984 et 2021.

En 37 ans la surface de la couverture végétale de cordon dunaire recule de 55% en raison de défrichement intense due à l'urbanisation et la forte demande de structures résidentielles pour la population locale,

La zone urbaine de la ville de Chat et Sidi Moubarak s'est considérablement développée au cours des dix dernières années en raison de la croissance démographique rapide.

Malgré l'existence de la loi littorale _02-02_ relative à la protection et à la valorisation du littoral, qui interdit les nouvelles constructions sur les cordons dunaires et oblige tous les services compétents à prendre toutes les mesures nécessaires pour réhabiliter et préserver en raison de leur faiblesse et de la fragilité de ce système.

Il était également clair que l'expansion du tissu urbain se fait aux dépens de l'écosystème dunaire de la zone, ce qui signifie l'épuisement du couvert végétal, ce qui a accru les risques d'érosion et de désertification.

Cependant, ce que nous sommes authentifiés sur le terrain est une action systématique pour saboter cet écosystème en prenant le développement local de la zone comme prétexte et couvertures.



Figure 3. 15 : Dégradation de cordon dunaire due au pillage de sable (commune Souarekh)
(B.Bilal 2017)

3.2. Conurbanisation et la littoralisation de littoral de la wilaya d'El Tarf

3.2.1. Introduction

Envisagé dans la perspective de la durabilité des territoires, le développement des littoraux est une problématique complexe, recouvrant des enjeux territoriaux variés (**Liziard, 2013**). Le littoral est soumis à une pression considérable du fait de son attractivité. Le phénomène de littoralisation se caractérise par un puissant mouvement de migration vers les territoires littoraux (**Dachary-Bernard et al., 2011**). De cette polyvalence émergent de nombreux conflits et défis qui imposent une forte coordination entre acteurs publics et privés, et ce, à de multiples échelles. L'attractivité des côtes opérant sur de nombreux plans (économique, commercial, touristique...), les littoraux sont devenus des territoires particulièrement aménagés (**Daeden, 2015**). Donc les côtes sont devenues des territoires particulièrement aménagés en raison de leur attractivité dans de nombreux domaines tels que l'économie, le commerce, le tourisme, etc. C'est pourquoi il est crucial de concilier les différentes fonctions du littoral en assurant une gestion intégrée et durable de la zone côtière, impliquant la participation active des différents acteurs.

La gestion et la préservation du littoral sont donc des enjeux majeurs pour assurer la durabilité de cet écosystème (**Cadore, 2011**). Cela implique notamment la mise en place de politiques de gestion intégrée du littoral, la protection des zones sensibles, la réglementation des activités humaines, ...etc.

C'est pourquoi l'Algérie s'est efforcée de promulguer la loi n°02-02 relative à la protection et à la valorisation du littoral le 05 février 2002, pour protéger et gérer de manière durable les espaces naturels, les paysages et les activités économiques du littoral (**Ghodbani & Bougherira, 2019**). Elle vise à limiter l'urbanisation excessive, préserver les milieux naturels et favoriser un développement équilibré de cette zone côtière. Cette loi permet ainsi de préserver les ressources naturelles, de protéger la biodiversité, de maintenir la qualité de l'eau et de prévenir les risques naturels, tout en assurant la pérennité des activités économiques liées au littoral (**Kacemi, 2013**).

Les systèmes d'information géographique (SIG) et la télédétection sont des outils importants pour la connaissance du littoral (**Amyay & OUAMMOU, 2022; Diédhiou et al., 2020; Elkafrawy et al., 2021; Yousefi et al., 2022**). Les SIG permettent de stocker, analyser et afficher des données géographiques, telles que les cartes, les images satellitaires, les modèles numériques de terrain et les données environnementales (**Deshayes & Chery, 2000**).

Le SIG peuvent être utilisés pour étudier l'occupation des sols, les changements d'usage des terres, la télédétection, quant à elle, permet de collecter des données à distance à partir de capteurs aéroportés ou satellitaires, et d'obtenir des images haute résolution du littoral à différentes échelles. La télédétection permet de surveiller les changements du littoral, de mesurer les mouvements des dunes et des plages (**Ennouali et al., 2023; Grottoli et al., 2020**). En combinant les données de SIG et de télédétection, nous peuvent mieux comprendre les

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

processus côtiers et les dynamiques environnementales du littoral, et ainsi contribuer à une gestion plus efficace et durable des zones côtières.

Les informations sur l'utilisation et la couverture des sols (LULC) jouent un rôle clé dans l'analyse des informations terrestres pour le développement humain. Elles jouent un rôle important dans les programmes de planification, de gestion et de surveillance aux niveaux local, régional et national. (Rana & Suryanarayana, 2020).

Des études empiriques menées par des chercheurs de diverses disciplines ont prouvé que les informations sur l'utilisation et la couverture des sols sont essentielles pour diverses applications telles que l'hydrologie l'agriculture, la forêt, l'environnement, la géologie et l'écologie (Masayi et al., 2021; Yonaba, 2020).

Plusieurs méthodes peuvent être utilisées pour détecter les changements dans l'occupation des sols. Parmi celles-ci, la comparaison d'images consiste à comparer directement deux images prises à des moments différents. Les indices de différence permettent également de repérer les variations. Une autre approche, la classification supervisée, consiste à classer les deux images en utilisant des algorithmes tels que la classification du maximum de vraisemblance ou les réseaux de neurones. De plus, les méthodes basées sur l'apprentissage automatique, comme les réseaux de neurones convolutifs et les méthodes de segmentation d'images, offrent la possibilité de détecter automatiquement les changements d'occupation des sols (Ozguven & Adem, 2019).

L'objectif primordial de cette étude est d'analyser de manière approfondie l'évolution de la zone côtière de la wilaya d'El Tarf, conformément aux dispositions de la loi 02-02 relative à la protection et à la valorisation du littoral. Cette analyse consistera à quantifier et à enregistrer les changements d'occupation du sol sur une période allant de 1990 à 2022. Pour mener à bien cette étude, la méthode de travail choisie est la classification supervisée, reconnue pour son efficacité et sa précision.

3.2.2. Méthodologie

La méthodologie utilisée dans cette étude repose sur deux piliers principaux. Le premier pilier se base sur la loi n° 02-02 du 5 février 2002, relative à la protection et à la valorisation du littoral, où nous avons mis en évidence, à partir des articles de cette loi, les mesures les plus importantes prises pour préserver le littoral algérien.

La loi 02-02 du 05-02-2002 relative à la protection et à la valorisation du littoral a pour but de mieux gérer les espaces littoraux en Algérie. Elle définit le littoral comme une entité englobant diverses zones et impose des restrictions à l'urbanisation dans trois bandes définies selon leur distance par rapport aux plus hautes eaux maritimes. La bande 1 (100m) est inconstructible, la bande 2 (800m) interdit les voies carrossables nouvelles parallèles au rivage, et la bande 3 (3km) interdit toute extension longitudinale du périmètre urbanisé, l'extension de deux agglomérations adjacentes situées sur le littoral et les voies de transit nouvelles parallèles au rivage (figure 3.16).

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

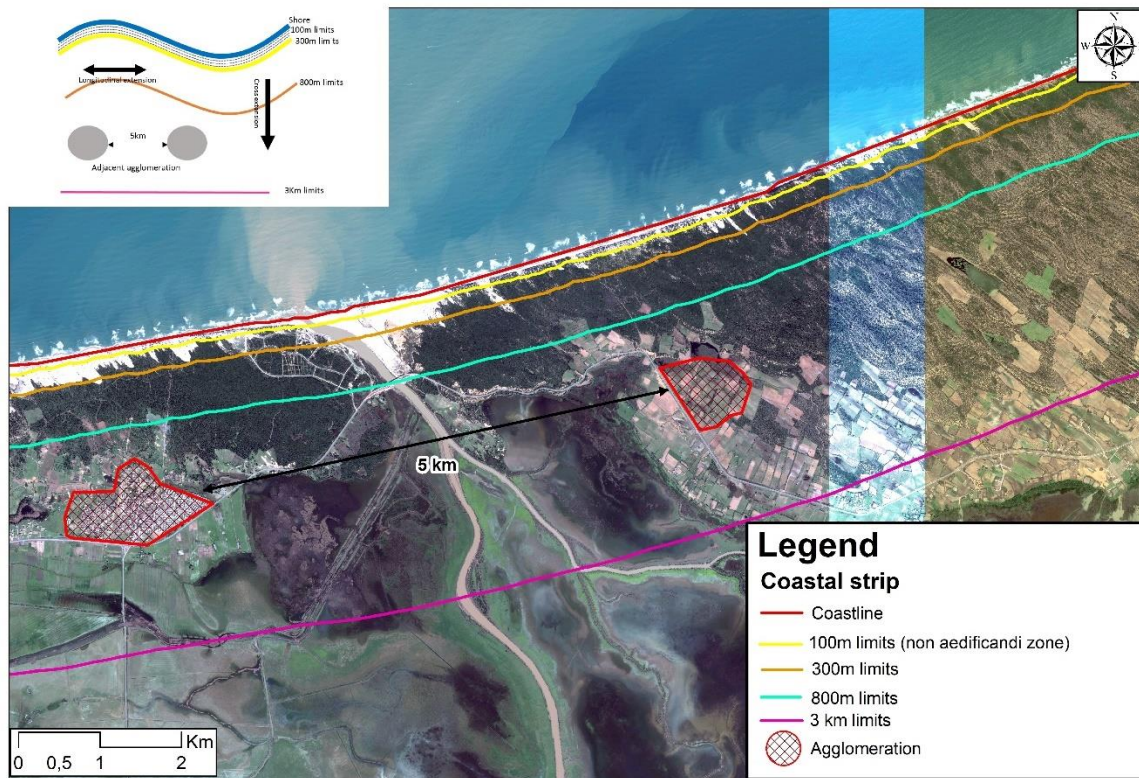


Figure 3. 16: Bande délimitée par la loi 02-02 de 05 février 2002 (B.Belloulou 2022)

Le deuxième pilier de notre méthodologie repose sur l'utilisation de systèmes d'information géographique et de télédétection, grâce auxquels nous avons étudié l'occupation des sols et leur répartition dans le domaine littoral pour les années 1990, 2000, 2010 et 2022). Pour mener à bien cette tâche, nous avons choisi d'appliquer une méthode de classification supervisée par maximum de vraisemblance en utilisant les images de capteur Landsat 5 Thematic Mapper (TM) et Landsat 08 (OLI) (**Tableau 3. 12**).

La classification par maximum de vraisemblance est basée sur la règle de Bayes :

$$\Pr\{A_i|B\} = \frac{\Pr\{A_i\} \cdot \Pr\{B|A_i\}}{\sum \Pr\{A_i\} \cdot \Pr\{B|A_i\}} \dots\dots\dots (1)$$

Où A_i représente la classe i , B représente les valeurs de réponse du pixel.

$\Pr\{A|B\}$ est la probabilité conditionnelle que la classe A_i soit la classe où placer le pixel B .

Tableau 3. 12 : les caractéristiques des images LANDSAT utilisées

Date of acquisition	Sensor	Spectral band (μm)	Spatial resolution
01.06.1990	Landsat 5 TM	Blue (B1): 0.45-0.52	Multispectral=30m Panchromatic =15m
24.06.1990		Green(B2): 0.52-0.6	
28.06.2000		Red(B3) :0.63-0.69	
21.07.2000		Infrared(B4) :0.76-0.9	
17.06.2022	Landsat 8 OLI	Bleu (B2) :0,45-0, 515	Multispectral=30m Panchromatic =15m
24.05.2022		Vert(B3):0,525- 0,6	
		Rouge(B4) :0,63-0,68	
		Infrared (B5) :0.845-0.885	

3.2.2.1. Traitement des données de télédétection.

Avant la classification des images satellitaires, des opérations de prétraitement ont été réalisées pour faciliter leur exploitation. Ces opérations comprennent : la combinaison des bandes individuelles des images Landsat pour obtenir une seule image multispectrale à l'aide de l'outil "composite bands" dans le logiciel ArcGIS 10.8 ; et l'extraction de la zone d'étude à partir des images multispectrales, en utilisant les limites de la zone côtière définies dans le cadre du plan d'aménagement côtier (PAC) de la wilaya d'El Tarf, établies par le ministère algérien de l'Environnement.

Les améliorations géométriques se sont avérées inutiles suite à la réorganisation des archives Landsat en 2016, sur le site officiel du gouvernement des États-Unis USGS. Cette réorganisation a introduit une structure de gestion de collection à plusieurs niveaux appelée Collection Landsat. De plus, la Collection 2 présente plusieurs améliorations du traitement des données, notamment sur les plans géométrique et radiométrique (source : <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-collection-2-level-1-data> ; consulté le 2 mai 2023).

Cependant, pour assurer la compatibilité et la cohérence des données, toutes les autres données cartographiques complémentaires, telles que les limites administratives, les données de GPS, les données hydrographiques et les voies de communication, ont été reprojétées dans le système de coordonnées UTM (Universal Transverse Mercator) avec le système géodésique WGS84 et la zone 32 (Snyder, 1987).

La projection des données dans le système UTM offre plusieurs avantages pour l'analyse spatiale. Tout d'abord, il permet de représenter les données dans une projection conforme, qui

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

conserve les angles locaux et permet des mesures précises des distances et des angles sur le terrain. De plus, le système UTM divise la surface terrestre en zones rectangulaires étroites, ce qui facilite les calculs et les analyses à petite échelle.

En choisissant la zone 32 du système UTM, cela signifie que la région d'étude se situe dans la plage de longitudes correspondant à cette zone spécifique. En reprojectant toutes les données cartographiques complémentaires dans ce système de coordonnées, il est possible d'intégrer et de superposer facilement ces informations avec les données d'occupation du sol classifiées à partir des images satellites Landsat.

Cette démarche de reprojection dans le système UTM WGS84 zone 32 garantit une harmonisation des références spatiales entre les différentes sources de données, ce qui facilite leur intégration et leur utilisation conjointe dans l'étude spatio-temporelle de l'occupation du sol.

3.2.2.2. Classification supervisée

Pour effectuer la classification, en utilisez l'outil Classification du maximum de vraisemblance dans l'ArcGIS 10.8.

L'outil Classification de vraisemblance maximale va classer les pixels de l'image selon les propriétés spectrales des classes d'apprentissage ; grâce à l'extension ArcGIS Spatial Analyst, il est possible de regrouper des cellules raster en classes. Une classe représente une catégorie connue, telle que les forêts, les zones urbains ou les plans d'eau.

Les échantillons d'apprentissage, qui sont des emplacements réels identifiant des zones de classes connues, sont définis sur une couche de polygone.

Cette approche de classification supervisée, utilisée dans les études sur l'utilisation et l'occupation des sols, a démontré son efficacité en révélant une corrélation significative entre l'utilisation des sols et l'interprétation des données de terrain (**Benz et al., 2004; Blaschke & Strobl, 2001; Congedo, 2016; Jensen, 1996**). Pour mettre en œuvre cette méthode, il est nécessaire de disposer de plusieurs sources de données externes, telles que des cartes topographiques, l'Inventaire forestier national (IFN), des images d'archives de Google Earth Pro, des images satellites et des indices spectraux tels que l'indice de végétation par différence normalisée (NDVI), l'indice de différence d'eau normalisée (NDWI), l'indice de végétation ajusté au sol (SAVI), l'indice de différence de zones construites normalisées (NDBI) et l'indice de brûlure normalisée (NBR). L'intégration de ces données externes permet d'apporter des éléments distinctifs supplémentaires (Batini & Scannapieco, 2016) afin d'améliorer l'identification et l'interprétation des classes thématiques échantillonnées dans l'image satellitaire.

3.2.2.3. Classe d'occupation de sol

La nomenclature de CORINE Land Cover est une typologie hiérarchisée en trois niveaux qui englobe l'intégralité d'un territoire. Cette norme européenne permet de cartographier le territoire

dans son ensemble et de fournir des informations sur l'état de l'environnement. Elle se concentre spécifiquement sur l'occupation biophysique du sol, en mettant l'accent sur la caractérisation des différents éléments tels que les forêts, les cultures, les surfaces en eau, les roches affleurantes, etc.

En basant sur la nomenclature CLC, les classes d'occupation retenue sont :

- **Classe forêt** : Constituée des îlots forestiers, des forêts dégradées moins denses, maquis ...
- **Classe la cote** : classe regroupée tout ce qui est plage sableuse ou dune de sable.
- **Classe terres agricole.**
- **Classe zones urbains** : Zones principalement occupées par des habitations et des bâtiments utilisés par les services administratifs/publics, y compris leurs zones connectées (terrains associés, réseau routier d'accès, parkings).
- **Classe zone submergée** : classe regroupée tout ce qui est étangs, lacs, et plaines inondées.
- **Classe de sols nus**

3.2.2.4. Traitement post-classification et validation des résultats

Une fois la classification terminée, des traitements ont été effectués pour affiner, évaluation la précision et valider les résultats. Le premier traitement a consisté à faire passer l'image classée dans un filtre majoritaire qui remplace les cellules d'un raster selon la valeur de majorité des cellules voisines contiguës. La classification est simplifiée et débarrassée des pixels isolés.

Ensuite, nous avons converti l'image produite en un fichier de forme (SHP polygone) en utilisant l'outil "raster to polygon" dans le logiciel ArcGIS 10.8. Cette conversion nous a permis d'obtenir une représentation vectorielle des différentes classes d'occupation des sols, facilitant ainsi l'analyse spatiale et la manipulation des données. Le fichier de forme résultant utilisé pour effectuer des analyses plus avancées et des études supplémentaires sur la répartition et la caractérisation des différentes classes d'occupation des sols.

La précision des classifications a été évaluée à travers l'utilisation d'une matrice de confusion (**Foody, 2002**). A cet effet, les résultats des classifications ont été confrontés à un ensemble de 240 points d'échantillonnage répartis sur toute la zone d'étude de façon aléatoire, les informations relatives au type d'occupation de sol relevés à partir des données de GPS collectées sur le terrain ou à l'aide de Google Earth pro pour des endroits inaccessibles ou difficiles d'accès, tels que des zones reculées, des zones protégées ou des terrains accidentés, où les relevés GPS sur le terrain peuvent être limités ou impossibles à réaliser. Dans de tels cas, l'utilisation de Google Earth Pro s'est révélée extrêmement utile. Afin de déterminer deux indices de validation de classification qui sont la précision globale (proportion de pixels bien classés, calculé en pourcentage) et l'indice de Kappa (rapport entre les pixels bien classés et le total des pixels sondés) (**Schlaepfer & Büttler, 2002**)

3.2.2.5. Détection du changement.

Pour mesurer les changements dans les classes d'occupation du sol, (taux d'évolution annuel et taux de changement global) entre les années 1990 et 2022 furent déterminés respectivement à travers l'équation proposée par la FAO (**Project, 1996**) (2) et celle de **Bernier (1992)** (3) couramment employée pour mesurer la croissance des agrégats macroéconomiques entre deux périodes données (**Kpedenou et al., 2016; Rabehi et al., 2019; Xiuwan, 2002**). dans notre cas ,l'agrégat serait la combinaison de toutes ces classes d'occupation du sol pour former une mesure globale de la superficie totale occupée par ces différentes catégories.

Les valeurs positives représentent une progression de la superficie de la classe pendant la période analysée tandis que les valeurs négatives indiquent la perte de surface d'une classe entre les deux dates. Les valeurs proches de zéro nous indiquent que la classe reste relativement stable entre les deux dates.

$$T_g = \frac{S_2 - S_1}{S_1} \times 100 \dots\dots\dots(2)$$

$$T_c = \left(\frac{\ln S_2 - \ln S_1}{(t_2 - t_1) * \ln(e)} \right) * 100 \dots\dots\dots(3)$$

Avec S_1 : la surface d'une classe d'unité de surface à la date t_1 ; S_2 la superficie de la même classe d'unité de surface à la date t_2 ; \ln le logarithme népérien ; e la base des logarithmes népériens ($e = 2,71828$).

3.2.2.6. Résultat

3.2.2.6.1. Evaluation de la précision des classifications

L'évaluation de la précision des classifications d'une image satellitaire est une étape cruciale pour garantir la qualité et la fiabilité des informations obtenues, ainsi que pour assurer leur pertinence pour les applications envisagées (**Caprioli & Tarantino, 2001; Diédhiou et al., 2020; Rwanga & Ndambuki, 2017; Xiuwan, 2002**). Pour ce faire ; la matrice de confusion est l'un des outils les plus couramment utilisés. Elle permet de calculer le coefficient de kappa (**Cohen, 1968**) variant entre 0 et 1. Cet indice traduit un niveau d'accord (de concordance) d'autant plus élevé que sa valeur est proche de 1. Le coefficient Kappa se calcule en appliquant la formule suivante :

$$K = \frac{Pr(a) - Pr(e)}{1 - Pr(e)} \dots\dots\dots(4)$$

Où $Pr(a)$ est la proportion de l'accord entre codeurs et $Pr(e)$ la probabilité d'un accord aléatoire

Ce processus permet d'évaluer la précision de manière plus objective et fiable, Les résultats montrent que notre classification est un Accord fort (**tableau 3. 13**)

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

Tableau 3. 13: Matrice de confusion des classifications des images Landsat pour les dates de 1990, 2000, 2010 et 2022

1990							
Land cover	Foret	La cote	Terre Agricole	Zones urbain	Zone submerge	Sol nus	Total
Foret	67	1	1	2	1	1	73
La cote	0	19	0	0	0	0	19
Terre Agricole	1	0	72	10	4	0	87
Zones urbain	0	0	0	17	0	0	17
Zone submerge	0	0	0	1	34	0	35
Sol nus	0	0	0	0	0	9	9
Total	68	20	73	30	39	10	240
Confusion Matrix						90.83%	
Kappa coefficient						0,87	

2000							
Land cover	Foret	La cote	Terre Agricole	Zones urbain	Zone submerge	Sol nus	Foret
Foret	58	5	1	0	0	0	64
La cote	1	17	0	0	1	0	19
Terre Agricole	0	0	52	3	5	1	61
Zones urbain	2	0	2	30	0	0	34
Zone submerge	0	1	1	0	43	0	45
Sol nus	0	0	0	1	0	16	17
Total	61	23	56	34	49	17	240
Confusion Matrix						90%	
Kappa coefficient						0,87	

2010							
Land cover	Foret	La cote	Terre Agricole	Zones urbain	Zone submerge	Sol nus	Total
Foret	101	0	2	2	4	1	110
La cote	0	3	0	0	0	0	3
Terre Agricole	9	0	60	3	4	3	79
Zones urbain	1	0	0	14	0	0	15
Zone submerge	0	0	2	0	29	0	31
Sol nus	0	0	0	0	0	2	2
Total	111	3	64	19	37	6	240
Confusion Matrix						90%	
Kappa coefficient						0,80	

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

2022							
Land cover	Foret	La cote	Terre Agricole	Zones urbain	Zone submerge	Sol nus	Total
Foret	52	1	2	1	0	0	55
La cote	0	19	0	0	0	1	18
Terre Agricole	3	0	73	5	4	0	89
Zones urbain	0	1	1	31	0	1	36
Zone submerge	0	0	0	0	36	0	36
Sol nus	1	0	0	0	0	8	6
Total	58	19	77	37	39	10	240
Confusion Matrix						91%	
Kappa coefficient						0,88	

3.2.2.6.2. Dynamique d'occupation de sol.

3.2.2.6.3. Sur le domaine littoral

La classification supervisée par la méthode de vraisemblance nous a permis de produire une carte d'occupation du sol de la zone d'étude (**figure 3. 17**), en 1990, l'étude a montré que la zone forestière était dominante, avec un pourcentage de **55,08%** de la superficie totale de la zone d'étude, alors que la superficie des terres agricoles était estimée à **27,26%** ; la superficie de la zone submergée est d'environ **16,38%**, tandis que les zones urbaines ne représentaient que **0,71%**, et **0,13%** pour la classe de sols nus (**tableau 3. 14**).

Pour l'année 2000, l'étude a montré que la superficie forestière est prédominante avec un pourcentage estimé à **53,36%** de la superficie totale de la zone d'étude localise en centre et l'Est de la zone tandis que la superficie des terres agricoles est estimée à **29,02%** localise à l'ouest de la zone ; la superficie des zone submergées d'environ **15,45%.**, tandis que les zones urbaines ne constituent que **1,38%** et pour les zones de sols nus en à enregistrer **0.16%** .

En 2010, la superficie totale de la zone d'étude était composée de **49,39%** de forêts, **32,42%** de terres agricoles et **2,42%** de zones urbaines. Les zones submergées et les zones de sol nus représentaient respectivement **14,96%** et **0,17%** de la superficie totale de la zone d'étude.

Tableau 3. 14: superficie en hectares et en pourcentage des classes d'occupation de sol

Année	1990		2000		2010		2022	
	Surface (ha)	Pourcentage %	Surface (ha)	Pourcentage %	Surface (ha)	Pourcentage %	Surface (ha)	Pourcentage %
Foret	40957,42	55,08	39678,38	53,36	36726,86	49,39	36128,20	48,58
La cote	343,37	0,46	461,29	0,62	472,71	0,64	481,67	0,65
Terre Agricole	20268,91	27,26	21582,64	29,02	24107,10	32,42	24552,07	33,02
Zones urbain	525,64	0,71	1024,45	1,38	1803,07	2,42	2118,94	2,85
Zone submerge	12177,34	16,38	11492,44	15,45	11127,56	14,96	10792,09	14,51
Sol nus	93,20	0,13	122,04	0,16	125,97	0,17	290,42	0,39

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

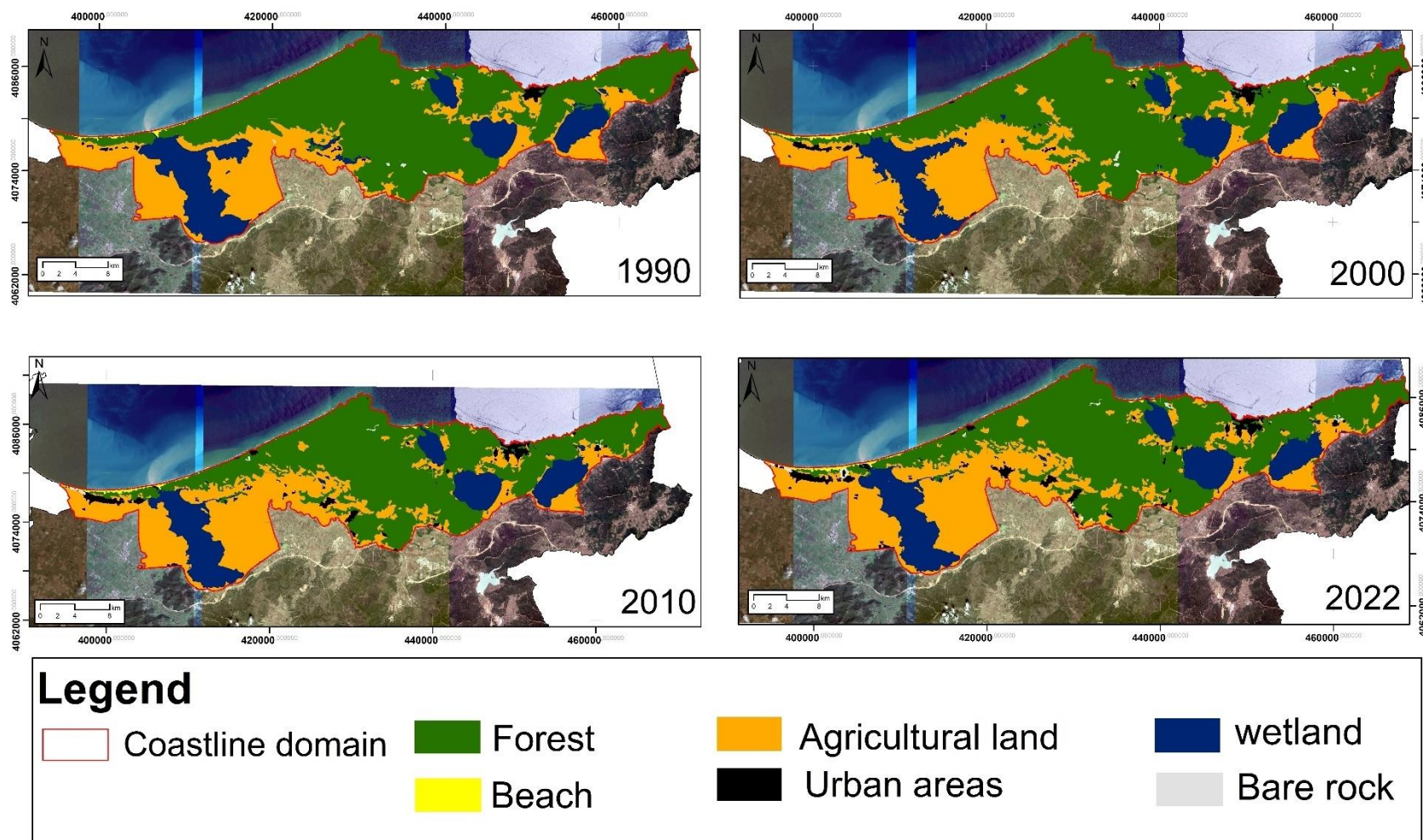


Figure 3. 17: Carte d'occupation de sol entre 1990, 2000, 2010et 2022 (B.belloulou).

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

En 2022 la classe de forêts est estimée à **48.58%**, quant aux terres agricoles et aux zones urbaines, nous avons enregistré respectivement **33.02%** et **2.85%** de la superficie totale de la zone d'étude ; concernant les zones submergées, et les zones de sol nus occupent **14,51%** et **0,39%** respectivement de la superficie totale de la zone d'étude.

D'après l'analyse du **tableau 3. 14**, il ressort que deux des six classes d'occupation du sol identifiées dans la zone d'étude ont subi une régression, à savoir les forêts et les zones submergées. La régression de ces deux classes est variée pour chaque période (**tableau 3. 15**).

Pour les forêts, un taux de changement de **-3,2%** a été enregistré entre la période de 1990-2000, de **-7,4%** entre la période de 2000-2010 et **-1,6%** entre 2010-2022. Pour les zones submergées, la régression s'est établie à **-6,5%** entre la période de 1990-2000 ; de **-3,2%** entre la période de 2000-2010 et **-3%** entre 2010-2022. En considérant l'ensemble de la période de 32 ans, les forêts ont connu une régression totale de **-11,8%**, tandis que pour les zones submergées, cette régression a atteint **-12,2%**.

Tableau 3. 15: Taux d'évolution annuel et taux de changement global

	ENTRE 1990-2000		ENTRE 2000-2010		ENTRE 2010-2022		ENTRE 1990-2022	
	Tg	Tc	Tg	Tc	Tg	Tc	Tg	Tc
FORET	-3,2	-0,3	-7,4	0,8	-1,6	-0,1	-11,8	-0,4
LA COTE	34,3	3,0	2,5	-0,2	1,9	0,2	40,3	1,1
TERRE AGRICOLE	7,4	0,6	11,6	-1,2	1,8	0,2	22,0	0,6
ZONES URBAIN	94,9	8,0	76,0	-4,3	17,5	1,3	303,1	4,4
ZONE SUBMERGE	-6,5	-0,7	-3,2	0,3	-3,0	-0,3	-12,2	-0,4
SOL NUS	9,6	4,6	-0,8	3,8	130,5	7,0	150,8	2,9

Par ailleurs, les autres classes d'occupation du sol ont connu une progression, à savoir les terres agricoles avec un taux de **22 %**, la classe de la côte avec un taux de **40,3%**, les sols nus avec un taux de changement global de **150,8%** et le tissu urbain qui a connu la progression la plus spectaculaire avec un taux de **303,1%** (**Tableau 3. 15**).

Dans le détail la dynamique de l'occupation des sols est très complexe (**Tableau 3. 16**), l'analyse de quelques exemples permet de mieux la cerner.

Entre 1990 et 2022, la proportion de la classe de forêts a diminué de manière significative, passant de **55,08%** à **48,59%**, ce qui représente une réduction de **6,49** points de pourcentage.

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

En termes de surface, cette baisse équivaut à une perte de **5058,04** ha de forêt ce qui équivaut à un taux annuel moyen de déforestation de **-0,4%**.

Parmi les **55,08%** de forêts d'origine, **6,54%** ont été convertis en terres agricoles à cause de l'exploitation illégale notamment le défrichement de la couverture végétale pour pratiquer des cultures saisonnières telles que la pastèque, **0,24%** en cote car la zone d'étude caractérise par la présence d'un écosystème dunaire maintient par une couverture végétale et à cause des activités humaine sur cette écosystème notamment la réalisation des projets touristique et les équipement de l'état telle que la zone militaire sur cette écosystème provoque l'érosion et l'avancement de sable vers les zones intérieurs ce qui explique ce changement (**Belloulou et al., 2023**), **0,59%** en tissus urbains, **0,36%** en zones submergées et 0,31% sont devenus de sol nus.

Au cours des 32 dernières années, la superficie de tissu urbain a connu une augmentation considérable, passant de **525,64ha (0,71%)** en 1990 à **2118,94ha (2,85%)** en 2022, avec un taux de croissance annuel moyen de **4,4%**. Cette augmentation s'est produite principalement au détriment des terres agricoles (**1,6%**), et les forêts (**0,59%**).

La dynamique paysagère révèle que **85,33%** de l'espace sont restés stables et n'ont pas évolué vers d'autres classes, tandis que **4,34%** des superficies ont évolué vers des classes supérieures. Cependant, **11,02%** du paysage ont subi une dégradation.

3.2.2.6.4. Sur les bandes littorales

À l'aide de l'outil intersection polygones dans le logiciel Arcgis 10.8 nous sommes arrivés à extraire la répartition de l'occupation de sol sur les différentes bandes littorales (**Tableau 3. 17**).

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

Tableau 3. 16: Matrice de transition de l'occupation de sol entre 1990 et 2022

		2022						
		Foret	La cote	Terre Agricole	Zones urbain	Zone submerge	Sol nus	Total
1990	Foret	47,04%	0,24%	6,54%	0,59%	0,36%	0,31%	55,08%
	La cote	0,04%	0,39%	0,00%	0,02%	0,00%	0,00%	0,46%
	Terre Agricole	0,74%	0,01%	23,97%	1,60%	0,87%	0,06%	27,25%
	Zones urbain	0,03%	0,00%	0,03%	0,64%	0,00%	0,00%	0,71%
	Zone submerge	0,70%	0,00%	2,39%	0,00%	13,28%	0,00%	16,38%
	Sol nus	0,03%	0,00%	0,08%	0,00%	0,00%	0,02%	0,13%
	Total	48,59%	0,64%	33,02%	2,85%	14,52%	0,39%	100%

Tableau 3. 17: Occupation de sol sur les différentes bandes littorales entre 1990, 2000, 2010 et 2022

		OS band 100m				OS band 300m				OS band 800m				OS band 3km			
OS	année	1990	2000	2010	2022	1990	2000	2010	2022	1990	2000	2010	2022	1990	2000	2010	2022
	Foret		677,98	653,57	608,84	600,03	1542,79	1399,43	1368,62	1333,54	3802,20	3680,16	3628,28	3501,95	12407,82	12290,35	10959,01
La cote		192,94	192,57	219,31	221,82	115,44	216,50	200,91	201,65	28,28	47,15	41,20	41,23	0,87		5,68	5,68
Terre Agricole		13,63	16,35	10,10	15,49	32,44	30,87	22,01	36,62	183,88	176,72	185,32	215,83	3084,84	3090,32	4172,65	4172,65
Zones urbain		33,84	52,96	70,89	71,61	61,38	82,35	127,64	146,57	117,15	151,87	227,24	276,63	213,47	637,09	752,20	752,20
Zone submerge		0,01		4,17	4,17	5,15	0,95	10,70	10,70	39,13	33,77	49,47	49,47	1582,05	1255,80	1370,44	1370,44
Sol nus			2,49	1,20	1,39		27,05	27,31	28,11	3,37	84,35	42,45	88,83	44,60	60,01	73,74	73,74

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

Bien que la population vivant sur le littoral soit relativement importante, **28 %** de la population totale de la wilaya, la bande littorale est réellement peu artificialisée (environ 12 km sur 90 km) comparée à celle d'autres wilayas côtières. Deux principales agglomérations ont connu une faible urbanisation, hélas anarchique : Echatt et El Kala.

Selon la loi N° 02-02 du 5 février 2002 relative à la protection et à la valorisation du littoral sont interdites :

- L'extension longitudinale des périmètres urbanisés au-delà de 3km.
 - Le périmètre côtier urbanisé d'El Kala dépasse 5 km ;
 - Le périmètre côtier urbanisé d'Echatt avoisine les 7km.
- L'extension de deux agglomérations adjacentes à moins que la distance les séparant soit égale ou supérieure à 5 km.
 - La distance séparant les agglomérations d'Echatt et l'AS de Sidi M'barek (commune de Ben M'hidi) n'est plus que de 1km.

Les images satellitaires qui suivent rendent bien compte de l'impact de l'occupation humaine sur la bande littorale.

4.2.2.1. Bande de 100m

Ce qui est remarquable sur la bande littorale de 100 m, c'est la régression de la classe des forêts car il s'agit d'une zone d'attraction pour la population, donc le couvert végétal ont été enlevés afin d'établir des projets résidentiels et/ou économiques tels que le projet de centrale électrique à Kedyet El- Draouche, de la commune de Berihanne (**figure 3.18**). En effet, celle-ci est passée de 677,98 ha en 1990 à 600 ha en 2022, ce qui représente une perte de **77,8 ha** de surface forestière.



Figure 3. 18: Centre d'électricité Kodyet El-Draouche commune de Berihanne (*source google earth*)

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

La surface de la classe "la cote" est restée relativement stable entre 1990 et 2000 avec une superficie de **192 ha**. Cependant, entre 2000 et 2022, on observe une légère augmentation de cette superficie, qui atteint désormais **221,82 ha**.

Nous avons remarqué aussi que pendant la période d'étude, les classes des sols défrichés, des zones submergées et des terres agricoles sont restées relativement stables, sans beaucoup de changement.

Ce qui est remarquable aussi une augmentation de la superficie de la classe "tissu urbain" au fil du temps, passant de **33,84 ha** en 1990 à **52,96 ha** en 2000, puis à **71,61 ha** en 2022.

4.2.2.2. Bande de 300m

Les résultats statistiques de l'occupation des sols dans la bande littorale de 300 m montrent que les classes "terres agricoles", "zone submergée" et "sols nus" n'ont pas connu de changements significatifs de superficie au cours de la période d'étude. Cependant, pour la classe "forêts", on observe une régression contenue de la superficie, qui est passée de **1542,79 ha** en 1990 à **1333,54 ha** en 2022, soit une perte de **209,25 ha**.

On observe également une légère mais constante augmentation de la superficie de la catégorie "tissu urbain" le long de la bande côtière de 300 mètres. En effet, la superficie est passée de **61,38 ha** en 1990 à **82,35 ha** en 2000, puis à **127,64 ha** en 2010, pour atteindre finalement **146,57 ha** en 2022.

4.2.2.3. Bande de 800m

L'analyse de l'occupation des sols dans la bande littorale de 800 m montre une régression de la superficie de la classe "forêts", tandis que les autres classes telles que "terres agricoles", "tissu urbain", "la côte", "zone submergée" et "sols nus", ont connu une progression de leur superficie au fil du temps.

4.2.2.4. Bande de 3km

En ce qui concerne l'évolution de la superficie des différentes classes d'occupation des sols dans la bande littorale de 3 km, on observe que deux classes sont en régression : la classe "forêts", qui est passée de **12407,82 ha** en 1990 à **10959 ha** en 2022, et la classe "zone submergée", qui est passée de **1582,5 ha** en 1990 à **1370,44 ha** en 2022. En revanche, les superficies des classes "terres agricoles" et "tissu urbain" ont augmenté, tandis qu'on constate l'absence des classes "sols nus" et "côte".

3.2.2.7. Discussion :

Les résultats de cette étude montrent une évolution significative de l'occupation du sol dans la zone d'étude au cours des 32 dernières années (de 1990 à 2022). En 1990, la zone forestière était dominante, représentant plus de la moitié de la superficie totale de la zone d'étude (**55,08%**), tandis que les terres agricoles représentaient environ un quart de la superficie totale (**27,26%**). Les zones submergées représentaient une part importante de la superficie totale, avec

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

près de **16%**. Les zones urbaines et les zones de sols nus étaient peu développées, ne représentant qu'une petite fraction de la superficie totale.

En 2000, les résultats montrent une diminution de la superficie forestière, qui est passée à **53,36%** de la superficie totale de la zone d'étude. Cette diminution a été compensée par une augmentation des terres agricoles, qui représentaient environ **29%** de la superficie totale en 2000. Les zones submergées ont également diminué pour représenter **15,45%** de la superficie totale. Les zones urbaines ont augmenté légèrement mais restent une petite fraction de la superficie totale, tandis que les zones de sols nus ont légèrement augmenté.

En 2010, les résultats indiquent une réduction de la superficie forestière, qui est passée à **49,39 %** de la superficie totale de la zone étudiée. Cette diminution a été compensée par une augmentation des terres agricoles, qui représentaient environ **32,42 %** de la superficie totale cette année-là. Les zones submergées ont également diminué pour représenter **14,96 %** de la superficie totale. Bien que les zones urbaines aient légèrement augmenté, elles restent une petite fraction de la superficie totale, tandis que les zones non cultivées ont légèrement augmenté.

En 2022, les résultats mettent en évidence une diminution plus marquée de la superficie forestière, qui est descendue à **48,58 %** de la superficie totale de la zone étudiée. Parallèlement, les terres agricoles ont augmenté pour représenter environ un tiers de la superficie totale, tandis que les zones urbaines ont également connu une augmentation pour atteindre près de **3 %** de la superficie totale. Les zones submergées ont légèrement diminué pour représenter environ **14,5 %** de la superficie totale, tandis que les zones dépourvues de végétation ont également connu une légère diminution.

Ces résultats suggèrent une tendance à la diminution de la superficie forestière dans la zone d'étude au fil du temps, ce qui peut avoir des implications importantes pour l'environnement et la biodiversité de la région (**Mostari et al., 2021**). En revanche, l'augmentation de la superficie des terres agricoles et des zones urbaines peut indiquer une pression croissante sur les ressources naturelles de la région, ainsi que sur les habitats et les espèces qui y vivent (**Amar, 2010**). Ces résultats soulignent l'importance de la gestion durable des ressources naturelles et de l'utilisation de l'occupation du sol dans la région.

Les régressions observées dans les forêts et les zones submergées sont préoccupantes, car ces zones sont importantes pour la biodiversité et la régulation des écosystèmes (**Doumenge, 1990**). De même, la réduction des zones submergées peut avoir des effets sur la qualité de l'eau et la régulation des inondations (**Breil, 2018**).

D'un autre côté, la progression observée dans les terres agricoles, les sols nus, la classe de la côte et le tissu urbain peut être liée à l'expansion humaine et à l'augmentation de la demande pour ces zones. Cependant, cette expansion peut avoir des conséquences négatives sur l'environnement (**Wang et al., 2020**), telles que la perte de terres arables, l'augmentation de la pression sur les écosystèmes naturels et la fragmentation des habitats.

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

La loi 02-02 du 05-02-2002 relative à la protection et à la valorisation du littoral en Algérie fixe des dispositions particulières pour la protection et la valorisation du littoral. Cette loi définit le littoral comme une entité englobant 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 incluant diverses zones telles que les versants de collines et montagnes, les plaines littorales, les massifs forestiers, les terres à vocation agricole, les zones humides et leurs rivages, ainsi que les sites présentant un caractère paysager, culturel ou historique.

Les résultats de l'étude montrent une évolution inégale de l'occupation des sols dans les différentes bandes littorales étudiées. Dans la bande de 100 m, la classe des forêts a subi une perte importante de superficie, tandis que la classe de la côte est restée relativement stable. Les zones submergées, les terres agricoles et les sols défrichés n'ont pas connu de changements significatifs.

Dans la bande de 300 m, la classe des forêts a également subi une régression, tandis que la classe du tissu urbain a augmenté. Les autres classes ont connu des changements minimes. Dans la bande de 800 m, on observe une régression de la superficie de la classe des forêts, tandis que toutes les autres classes ont augmenté.

Dans la bande de 3 km, la classe des forêts et la classe des zones submergées ont toutes deux subi une régression, tandis que les classes des terres agricoles et du tissu urbain ont augmenté. Ces résultats soulignent l'impact négatif de l'activité humaine (urbanisation et l'agriculture) sur la biodiversité et les écosystèmes côtiers, en particulier sur les forêts littorales. La perte de superficie de ces forêts peut avoir des conséquences importantes sur la biodiversité et les écosystèmes côtiers (**Burak et al., 2004**), en affectant les habitats des espèces animales et végétales et les processus écologiques.

La croissance du tissu urbain dans les zones littorales peut également entraîner des problèmes environnementaux (**Cui & Shi, 2012**) tels que la pollution de l'eau et de l'air, la fragmentation des habitats naturels, et la destruction des zones humides côtières. Ces résultats soulignent l'importance de mesures de conservation et de planification urbaine pour préserver les écosystèmes côtiers et protéger la biodiversité dans les zones littorales.

Sur le plan juridique, et le degré de la mise en œuvre de la loi littorale sur le littoral de la wilaya d'El-Tarf, nous avons constaté les éléments suivants : malgré une interdiction formelle de toute nouvelle construction dans la bande littorale de 100 mètres, l'urbanisation a continué à se développer. Ceci s'explique en grande partie par la présence de zones urbaines établies de longue date dans la bande côtière de 100 mètres, ainsi que par la construction de la centrale électrique "Draouche" dans la commune de Berihanne, qui nécessite d'être située près de la mer.

En ce qui concerne l'interdiction de deux agglomérations adjacentes sur le littoral, sauf si la distance qui les sépare est d'au moins cinq (5) kilomètres, la réalité montre que cet article de la loi n'est pas appliqué, comme nous l'avons constaté dans les communes d'Echatt et d'El-Kala,

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

de même que pour les nouvelles voies de transit parallèles à la côte et l'extension longitudinale du périmètre urbanisé (**figure 3.19**).

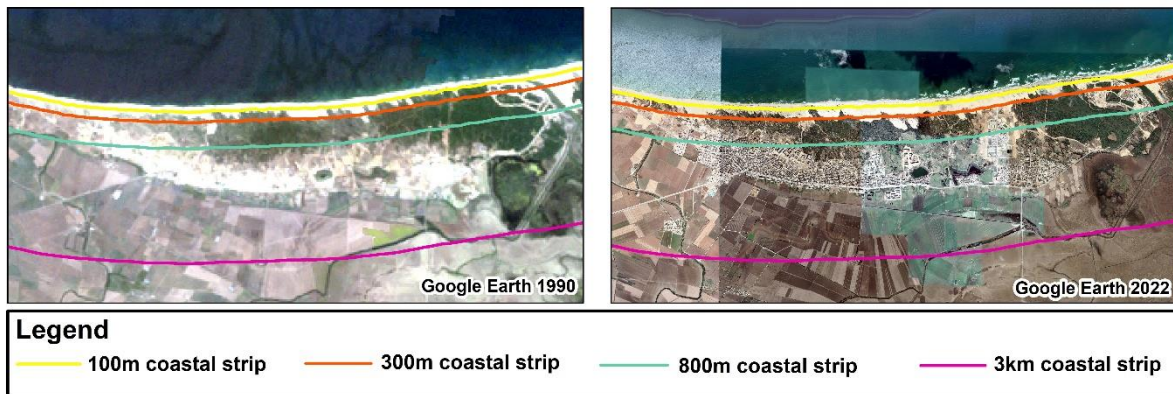


Figure 3. 19: la commune d’Echatt entre 1990 et 2022 (Google Earth pro)

En note aussi que la loi accorde une grande importance à la protection et la valorisation des dunes côtières en tant qu'écosystème fragile, et interdit toute construction sur celles-ci, à l'exception des installations ou constructions légères nécessaires à la gestion, au fonctionnement et à la mise en valeur de cet écosystème (**article 10 de la loi 02-02**). Cependant, notre étude montre que la dune côtière de la wilaya d'El Tarf est fortement occupée par le tissu urbain, malgré l'interdiction de construire sur les dunes côtières en vertu de la loi littorale, visant à limiter l'expansion urbaine et protéger cet écosystème fragile (**figure 3.20**).



Figure 3. 20: Projets de construction des logements sur le cordon dunaire de la commune d’El Chatt.

La mise en œuvre de la loi littorale est très complexe (**Ghodbani & Bougherira, 2019**) et nécessite une coordination entre différents acteurs (les autorités locales, les propriétaires fonciers, les investisseurs immobiliers, les promoteurs, etc.). Car peut y avoir des obstacles bureaucratiques, juridiques ou financiers qui empêchent la mise en œuvre effective de la loi. De plus, la pression foncière sur le littoral de la wilaya d’El-Tarf surtout dans la commune d’Echatt est très forte, notamment en raison du potentiel économique et touristique de ces zones.

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

Ce qui est poussé les propriétaires fonciers ou les investisseurs immobiliers chercher à contourner la loi pour maximiser leurs profits (**figure 3.21**).



Figure 3. 21: Projets des complexes touristiques sur le cordon dunaire de la commune d'Echatt

La loi "Littoral" a été promulguée en réponse à la constatation de dégradations causées par l'urbanisation côtière. Cependant, une fois la loi votée, les décrets d'application ont été retardés. Pour que cette loi soit appliquée efficacement, elle nécessite pas moins de 11 décrets (**Kacemi, 2013**). De même, la loi 90-29 du 1er décembre 1990 relative à l'aménagement et à l'urbanisme prescrit une zone inconstructible de 100 mètres le long du rivage, mais autorise les constructions nécessitant la proximité de la mer. Le décret spécifiant ces activités n'a pas encore été promulgué, créant une "brèche" dans la loi 90-29 et permettant de nombreux abus. Les dispositions de cette loi n'ont pas empêché l'urbanisation de s'étendre dans les zones proches du rivage, et ces espaces sont également affectés par une dégradation importante due à l'extraction non autorisée de sable et à la fréquentation excessive des plages.

Il est fréquent que la loi soit contournée en l'absence de textes clairs et précis. Ainsi, pour éviter ce problème, il est essentiel que les textes juridiques soient définis avec précision et qu'ils ne contiennent pas de notion floue qui pourrait prêter à confusion. De plus, il est important de clarifier les responsabilités de chacun et de permettre l'adaptation de la réglementation aux réalités territoriales locales, en tenant compte de la géographie. Les décrets d'application doivent être publiés rapidement après la promulgation de la loi pour assurer une application efficace. En outre, une meilleure collaboration entre les scientifiques de différentes disciplines et les décideurs politiques, ainsi qu'une large diffusion de l'information, pourraient contribuer à une prise de décision plus éclairée.

3.2.2.8. Conclusion

L'étude montre une évolution significative de l'occupation des sols dans le littoral de la wilaya d'El Tarf au cours des 32 dernières années, caractérisée par une diminution progressive de la superficie forestière (**6,8 points de pourcentage**) et une augmentation des terres agricoles (taux

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

de changement global = +22 %) ; et des zones urbaines avec un taux de croissance annuel moyen de **4,36%**. Ces résultats suggèrent une pression croissante sur les ressources naturelles de la région, ainsi que sur les habitats et les espèces qui y vivent. Cette tendance est préoccupante, car les zones forestières et submergées sont importantes pour la biodiversité et la régulation des écosystèmes (**Doumenge, 1990**), telles que la perte de terres arables, l'augmentation de la pression sur les écosystèmes naturels et la fragmentation des habitats.

La promulgation de la loi relative à la protection et à la valorisation du littoral est une avancée majeure dans la mise en place des conditions nécessaires pour assurer le développement durable de cette zone stratégique du territoire national. Cette loi est un outil essentiel pour protéger et préserver les ressources naturelles du littoral, ainsi que pour promouvoir une gestion intégrée de cette zone.

La pression sur ces espaces amplifie les conséquences sur les écosystèmes, les biotopes et les paysages côtiers. Le chapitre 1 de cette loi met clairement en exergue l'implication de tous les acteurs concernés dans la mise en place de mesures de protection et de valorisation du littoral. Les principes fondamentaux de la loi soulignent que l'ensemble des actions doit être coordonné entre l'État, les collectivités territoriales, les organisations et les associations impliquées dans ce domaine. Ceci implique également une perspective de développement durable, où les mesures prises doivent tenir compte des besoins actuels sans compromettre les capacités des générations futures à répondre à leurs propres besoins.

En d'autres termes, la loi relative à la protection et à la valorisation du littoral établit un cadre juridique qui permet de concilier les impératifs de protection environnementale et de développement économique de cette zone. Cette loi offre également une vision globale de la gestion du littoral en favorisant une approche intégrée et coordonnée, qui tient compte des interactions entre les différents usages de la zone littorale (tourisme, pêche, transport maritime, etc.).

Bien que la promulgation de la loi relative à la protection et à la valorisation du littoral soit une avancée majeure pour la préservation de cette zone stratégique, il convient de souligner que certains de ses aspects nécessitent encore une clarification et une précision. Ces articles concernent notamment des questions telles que la réglementation des activités économiques sur le littoral, la gestion des zones côtières protégées, la coordination entre les différents acteurs impliqués dans la gestion du littoral, etc.

Ces dispositions nécessitant des précisions ne doivent pas être considérées comme un obstacle à la mise en place de cette loi. Au contraire, elles témoignent de la complexité de la gestion du littoral et de la nécessité de réfléchir avec soin aux mesures à prendre pour garantir une protection efficace de cette zone.

De plus, le développement de textes juridiques complémentaires ne doit pas être vu comme une fin en soi, mais plutôt comme une opportunité pour améliorer la mise en œuvre de cette loi. Les

textes juridiques qui seront élaborés devront être conçus dans une perspective de cohérence et de complémentarité avec la loi relative à la protection et à la valorisation du littoral, de manière à garantir une gestion intégrée et efficace du littoral.

Enfin, il convient de souligner que l'application effective de cette loi dépendra également de la mobilisation des acteurs locaux et de la participation citoyenne. Les acteurs concernés doivent s'impliquer activement dans la mise en œuvre de cette loi en contribuant à l'élaboration des textes juridiques nécessaires et en veillant à leur application effective sur le terrain.

En somme, bien que certains aspects de la loi relative à la protection et à la valorisation du littoral nécessitent encore une clarification et une précision, cela ne doit pas remettre en cause l'importance de cette loi pour la préservation de cette zone stratégique. Au contraire, cela souligne la complexité de la gestion du littoral et la nécessité d'une réflexion approfondie pour garantir une protection efficace de cette zone.

3.3. L'érosion côtier

3.3.1. Introduction

L'étude de l'évolution du trait de côte est une discipline scientifique qui vise à comprendre les mécanismes qui sous-tendent les changements qui se produisent sur les côtes. Elle est essentielle pour la gestion des risques côtiers, car elle permet de prévoir l'évolution future du trait de côte et d'adapter les mesures de protection en conséquence.

L'évolution du trait de côte est un phénomène complexe qui est influencé par un ensemble de facteurs, naturels et anthropiques. Les facteurs naturels comprennent le niveau de la mer ; Les courants marins et les vagues ; et les variations climatiques telles que les changements de température et de précipitations, peuvent affecter la fréquence et l'intensité des événements météorologiques extrêmes, tels que les tempêtes, qui peuvent entraîner une érosion côtière.

Les facteurs anthropiques comprennent l'urbanisation ; L'extraction de granulats marins ; et Les activités agricoles et industrielles

- L'étude de l'évolution du trait de côte s'appuie sur une variété de méthodes, dont :
- L'analyse des données historiques : l'analyse des données historiques, telles que les cartes et les photographies aériennes, permet de retracer l'évolution du trait de côte sur une longue période.
- Les levés topographiques : les levés topographiques permettent de mesurer la position actuelle du trait de côte.
- Les modélisations numériques : les modélisations numériques permettent de simuler l'évolution du trait de côte à l'avenir.

L'étude de l'évolution du trait de côte est une discipline qui permet de mesurer les changements de la ligne de côte au fil du temps. Cette étude est importante pour comprendre les risques littoraux et pour planifier des mesures de protection côtière.

Les études diachroniques permettent d'analyser l'évolution de l'érosion de la côte meuble (Atroune & KADRI, 2020; Blaise, 2017; Durand, 2002). Pour calculer le taux d'évolution du trait de côte, il est nécessaire de numériser au moins deux traits de côte à différentes dates et de mesurer les écarts entre eux. Les SIG (Systèmes d'Information Géographique) sont souvent utilisés pour combiner les informations sur le littoral et pour réaliser une approche diachronique de la position du trait de côte (Amyay & OUAMMOU, 2022; Faye, 2010; Thior et al., 2021).

L'analyse de l'évolution du trait de côte (cinématique) du littoral de la wilaya d'El Tarf, exige le choix d'un indicateur. Il existe en effet une diversité de méthodes pour détecter, extraire, et suivre la dynamique du trait de côte (Berre et al., 2005; Di et al., 2003; Ghorai & Mahapatra, 2020; Heyes et al., 2000; McAllister et al., 2022) Mais, les différentes approches méthodologiques reposent sur la compilation et la comparaison de données acquises, soit sur le terrain par des instruments de topométrie (niveau de chantier, théodolite, tachéomètre électronique, lidar, récepteur DGPS, etc.), soit en laboratoire par le traitement numérique d'images satellites ou aériennes (Blaise, 2017; Faye, 2010). Dans cette étude L'approche méthodologique adoptée s'inspire de la démarche adoptée dans les études de cinématique littorale utilisant des données multi-sources, traitées, intégrées dans une base d'informations géographiques et exploitées par un SIG (Baig et al., 2020; Blaise, 2017; el Imène Mouhoubi et al., 2022; Elkafrawy et al., 2021; Fletcher et al., 2003; Ghorai & Mahapatra, 2020; Juigner et al., 2013; Remmache et al., 2020; Thior et al., 2021)

3.3.2. Digitalisation du trait de côte – méthodologie

3.3.3. Indicateur choisi pour le trait de côte

La ligne de référence du trait de côte a été définie comme étant la position instantanée de la ligne de rivage (Boak & Turner, 2005; Durand, 2002). La numérisation du trait de côte a été réalisée avec le logiciel ArcGis sur des images satellitaires de Google Earth pro. Cette méthode est prise sur les images de Google Earth pro zoomées en lissant des effets à très petite échelle (< 5 m). Elle est utilisée dans des conditions de beaux temps, idéalement pendant la période estivale, et dans la situation optimale des plages les plus larges.

3.3.4. Les marges d'erreurs

Dans la littérature, l'erreur globale appelée Erreur de Position Globale du Trait de côte est calculée en prenant la racine carrée de la somme des carrées de chaque erreur (Fletcher et al., 2003; Juigner et al., 2013). Ainsi, dans cette étude, on calcule pour chaque année la valeur des trois erreurs déjà identifiées sur les images. Cela donne donc la formule suivante pour chaque date :

$$E_{pt} = \sqrt{E_p^2 + E_g^2 + E_d^2} \dots\dots\dots(5)$$

$$E_{\alpha} = \frac{\sqrt{E_{pt1}^2 + E_{pt2}^2}}{Période} \dots\dots\dots(6)$$

E_{pt} : Erreur de position globale du trait de côte

E_p : Erreur de pixel (résolution spatiale)

E_g : Erreur de Géoréférencement (RMS)

E_d : Erreur de digitalisation

E_α : Erreur globale en moyenne en m/an

La somme de ces racines carrées donne l’erreur d’un pas de temps étudié.

Ainsi, pour intégrer la marge d’erreur sur les résultats d’analyse, il faut obtenir le cumul des sommes des erreurs de position globale du trait de côte pour chaque pas de temps d’analyse.

La marge d’erreur globale de la position du trait de côte est de l’ordre de 0,5 m.

3.3.5. Les dates et sources d’images

Nous avons choisi les dates 2007 et 2022 car Google Earth Pro propose des images à haute résolution de notre zone d’étude pour ces deux années. Pour la date de 2013, nous avons utilisé un levé topographique du trait de côte réalisé par la direction des travaux publics de la wilaya d'El Tarf dans le cadre de projets de la délimitation du Domaine Public Maritime (DPM).

3.3.6. Calculs statistiques sur Digital Shoreline Analysis System (DSAS)

Les travaux de numérisation ont été faits sur le logiciel ArcGIS 10.8, à partir duquel, les calculs statistiques des vitesses d’évolution du trait de côte sont effectués à l’aide de l’extension DSAS 5.1. En effet, DSAS est une extension qui permet de faire des calculs sur les écarts des traits de côte déjà digitalisés à partir des images retenues.

Le calcul de la vitesse d’évolution du trait de côte nécessite préalablement la mise en place d’au moins deux traits de côte numérisés à différentes dates. Ainsi, avec l’outil DSAS couplé avec ArcGis, le calcul des taux d’évolution est automatisé suivant les manipulations exigées. Le principe général de cet outil est de mesurer les écarts entre les traits de côte d’une même série mais aussi de calculer les statistiques des taux d’évolution (en m/an) (**Le Guern et al., 2012; Thior et al., 2021**). Ainsi, lorsque tous les paramètres d’entrées sont correctement saisis, DSAS génère automatiquement selon le pas de mesure défini des transects. Les transects sont perpendiculaires au linéaire côtier et mesurent les écarts entre les traits de côte puis calculent les taux moyens de déplacement le long de chaque transect (**Faye, 2010**).

3.3.7. Les indices calculés

Pour calculer le changement du trait de côte qui s'est produit au cours de l'enquête l'analyse DSAS a été effectuée sur le mouvement net du trait de côte (NSM) et le taux de point final (EPR) (Dolan et al., 1991; Genz et al., 2007; Thieler et al., 2009).

End Point Rate (EPR) est calculé en divisant la distance (en mètres) entre deux lignes de rivage par le nombre d'années entre les dates des deux lignes de rivage Le mouvement net du trait de côte indique une valeur de distance et non un taux.

$$EPR = \frac{D_1 - D_2}{t_1 - t_0} \dots\dots\dots(7)$$

D₁ et D₂ : la distance entre la ligne de rivage et les lignes de base.

t₀ et t₁ : les dates des deux positions de la ligne de rivage.

NSM (Net Shoreline Movement) est associé aux dates de deux rivages seulement et indique la distance entre le premier et le dernier rivage pour chaque transect

$$NSM = D_{t_2} - D_{t_1} \dots\dots\dots(8)$$

D_{t₂} : Distance des premières lignes de rivage pour chaque transect

D_{t₁} : Distance des lignes de rivage les plus récentes pour chaque transect

3.3.8. Résultats

3.3.8.1. Echatt

En analysant les données fournies par le logiciel DSAS concernant l'évolution du trait de côte, mesurée en mètres par an (m/an), à partir des taux de variation NSM (Net Shoreline Movement) et EPR (End Point Rate), voici les principales conclusions et observations :

a. Entre 2008_2013

Taux de variation NSM (Net Shoreline Movement) :

- L'analyse du NSM indique que le trait de côte présente une tendance à la réduction, avec un taux moyen de **-1,4758 m/an**.
- Environ **58,4%** des transects montrent un recul du trait de côte, avec un taux moyen de recul d'environ **-9,3795 m/an**.
- Environ **41,6%** des transects montrent une avancée du trait de côte, avec un taux moyen d'avancée d'environ **9,6197 m/an**.
- Les valeurs maximales de recul et d'avancée sont respectivement de **-35,1192 m** et **83,1960 m**.

Taux de variation EPR (End Point Rate) :

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

- L'analyse EPR confirme également une tendance générale à la réduction du trait de côte, avec un taux moyen de **-0,2859 m/an**.
- Environ **58,4%** des transects montrent une érosion, avec un taux moyen d'érosion d'environ **-1,8172 m/an**.
- Environ **41,6%** des transects montrent une accrétion, avec un taux moyen d'accrétion d'environ **1,8637 m/an**.
- Les valeurs maximales d'érosion et d'accrétion sont respectivement de **-6,8040 m/an** et **16,1184 m/an**.

Discussion

Les résultats obtenus à partir de l'analyse du trait de côte dans la période 2008-2013 mettent en lumière des changements significatifs dans la dynamique côtière de la zone étudiée (Echatt), en se basant sur les taux de variation Net Shoreline Movement (NSM) et End Point Rate (EPR).

Tendance générale de réduction du trait de côte :

L'analyse du NSM (**figure 3.22**) révèle une tendance générale à la réduction du trait de côte, avec un taux moyen de recul de **-1,4758 m/an**. Cela suggère que la ligne de rivage a tendance à se retirer vers l'intérieur des terres au fil du temps. Cette tendance est corroborée par l'EPR, qui affiche un taux moyen de réduction de **-0,2859 m/an**.

Répartition des transects en recul et en avancée :

Environ **58,4%** des transects montrent un recul du trait de côte, tandis que **41,6%** des transects montrent une avancée. Cela indique une répartition inégale des changements du trait de côte, avec une **prédominance du recul**.

Variabilité importante des taux de changement :

Les valeurs maximales de recul et d'avancée sont très élevées, atteignant respectivement **-35,1192 m** et **83,1960 m**. Cette variation substantielle indique une hétérogénéité considérable dans les processus côtiers le long de la zone étudiée. Il peut y avoir des zones particulièrement sensibles aux processus d'érosion et d'accrétion.

Érosion prédominante et accrétion significative :

En analysant l'EPR, (**figure 3.23**) on constate que l'érosion est plus prédominante que l'accrétion, avec **58,4%** des transects montrant un recul contre **41,6%** montrant une avancée. Cependant, la valeur moyenne d'accrétion (**1,8637 m/an**) est significative, mettant en évidence des processus d'accumulation de sédiments dans certaines zones côtières.

En conclusion, l'analyse des taux de variation du trait de côte (NSM et EPR) pour la période 2008-2013 met en évidence une tendance générale à la réduction du trait de côte, avec des variations significatives dans les changements de la ligne de rivage le long des différents transects.

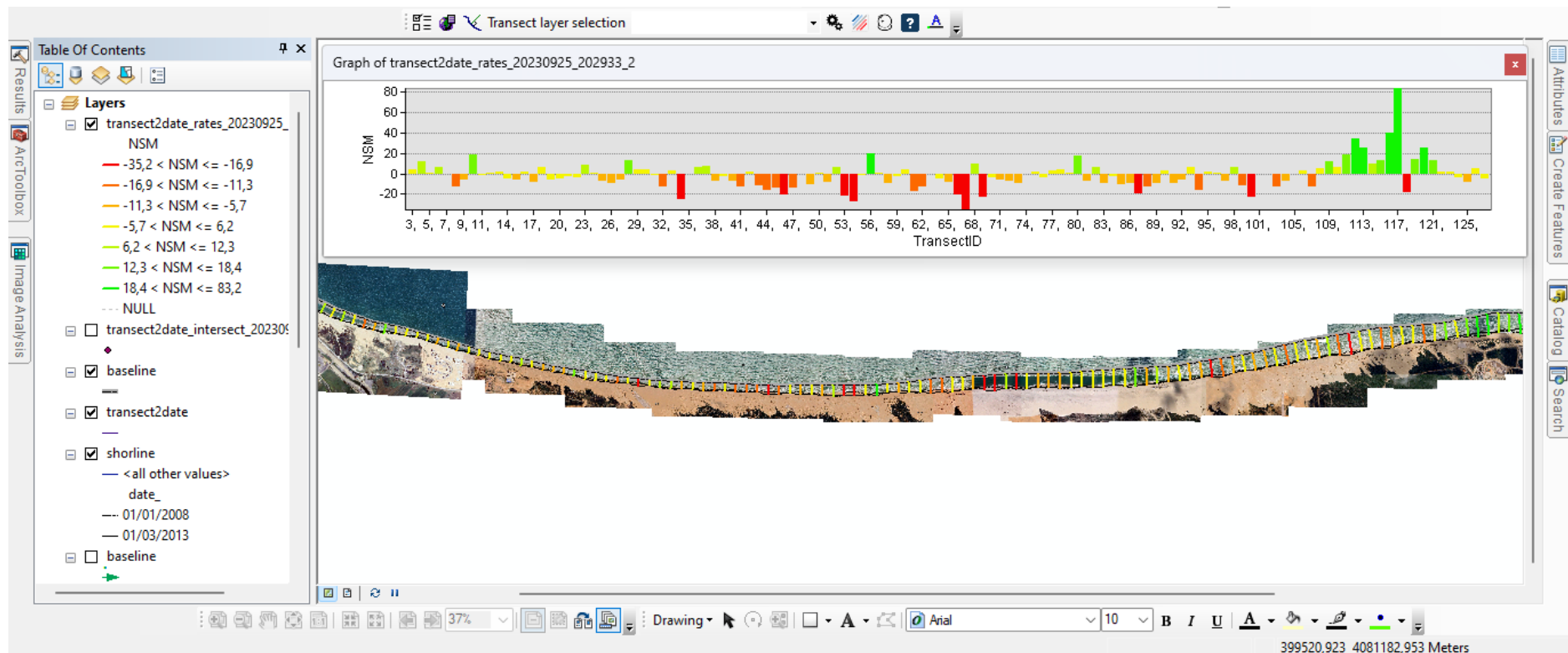


Figure 3. 22: Net Shoreline Movement (NSM) commune Echatt (entre 2008-2013) (B.Belloulou)

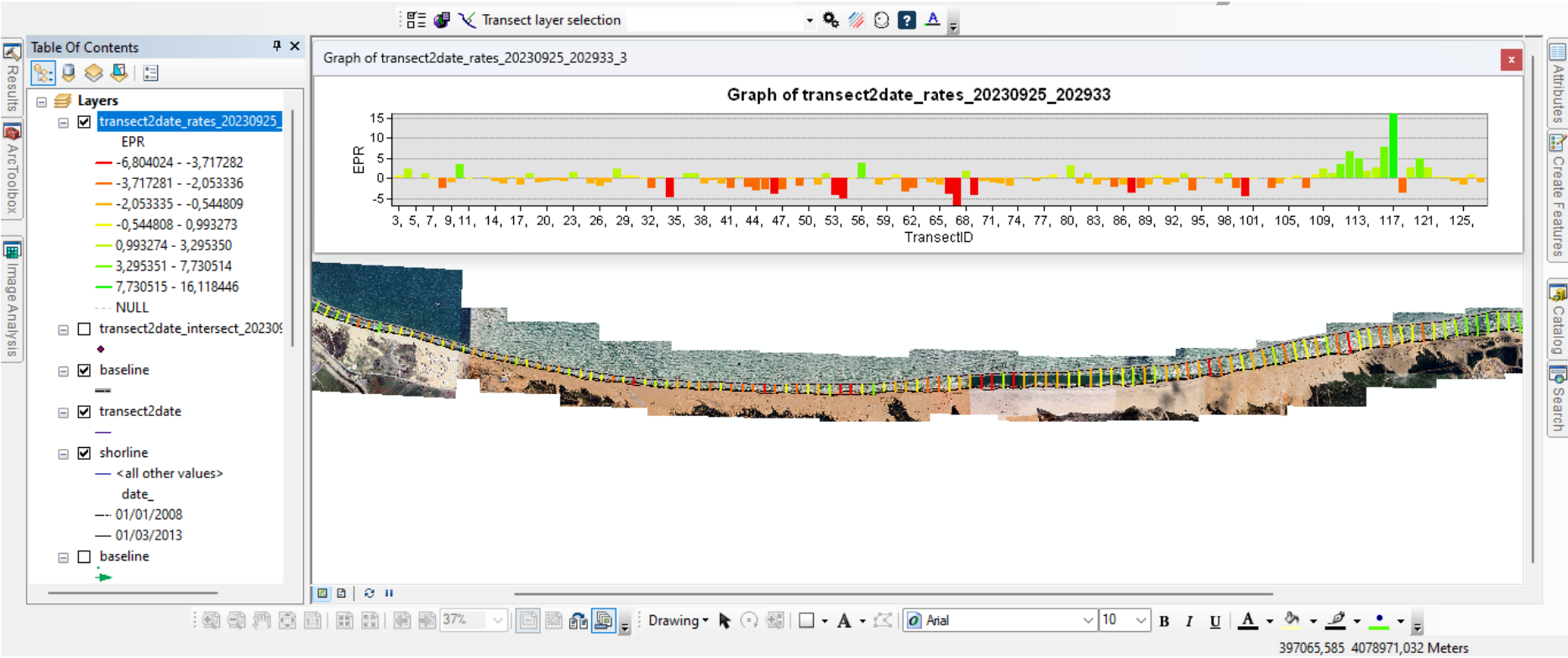


Figure 3. 23 : End Point Rate (EPR) littorale de la commune d’Echatt (entre 2008-2013) (B.Bilal)

b. Entre 2013_2022

Taux de variation NSM (Net Shoreline Movement) :

L'analyse du NSM indique que le trait de côte présente une tendance à la réduction, avec un taux moyen de **-3,1880 m/ an**.

- Environ **62,4%** des transects montrent un recul du trait de côte, avec un taux moyen de recul d'environ **-10,5755 m/ an**.
- Environ **37,6%** des transects montrent une avancée du trait de côte, avec un taux moyen d'avancée d'environ **9,0722 m/ an**.
- Les valeurs maximales de recul et d'avancée sont respectivement de **-43,6525 m** et **24,3886 m**.

Taux de variation EPR (End Point Rate) :

L'analyse EPR confirme également une tendance générale à la réduction du trait de côte, avec un taux moyen de **-0,3542 m/ an**.

- Environ **62,4%** des transects montrent une érosion, avec un taux moyen d'érosion d'environ **-1,1751 m/ an**.
- Environ **37,6%** des transects montrent une accrétion, avec un taux moyen d'accrétion d'environ **1,0080 m/an**.
- Les valeurs maximales d'érosion et d'accrétion sont respectivement de **-4,8503 m/an** et **2,7098 m/an**.

Discussion

Les résultats obtenus pour la période 2013-2022 concernant le taux de variation du trait de côte (Net Shoreline Movement - NSM et End Point Rate - EPR) révèlent une poursuite de la tendance à la réduction du trait de côte observée précédemment (entre 2008_2013).

Tendance persistante de réduction du trait de côte :

L'analyse du NSM et de l'EPR confirme la tendance générale à la réduction du trait de côte. Le taux moyen de réduction est plus prononcé pendant cette période, avec un NSM de **-3,1880 m/an** et un EPR de **-0,3542 m/an**. **Cela indique une accélération des processus d'érosion côtière.**

Répartition des transects en recul et en avancée :

Environ **62,4%** des transects montrent un recul du trait de côte, tandis que **37,6%** des transects montrent une avancée. Cette répartition confirme la tendance observée dans la période précédente, où le recul prédomine sur l'avancée.

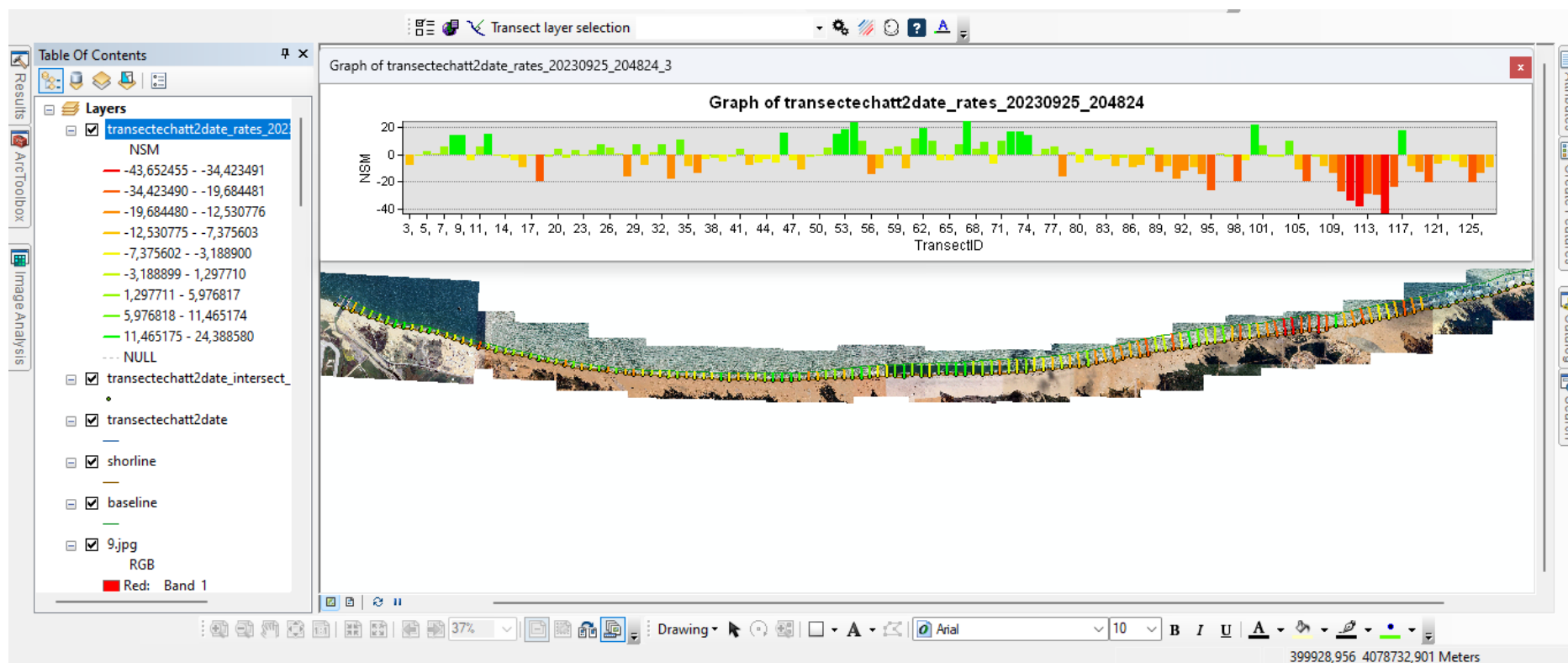


Figure 3. 24 : Net Shoreline Movement – NSM (période 2013-2022_littoral d’Echatt) (B.bilal)

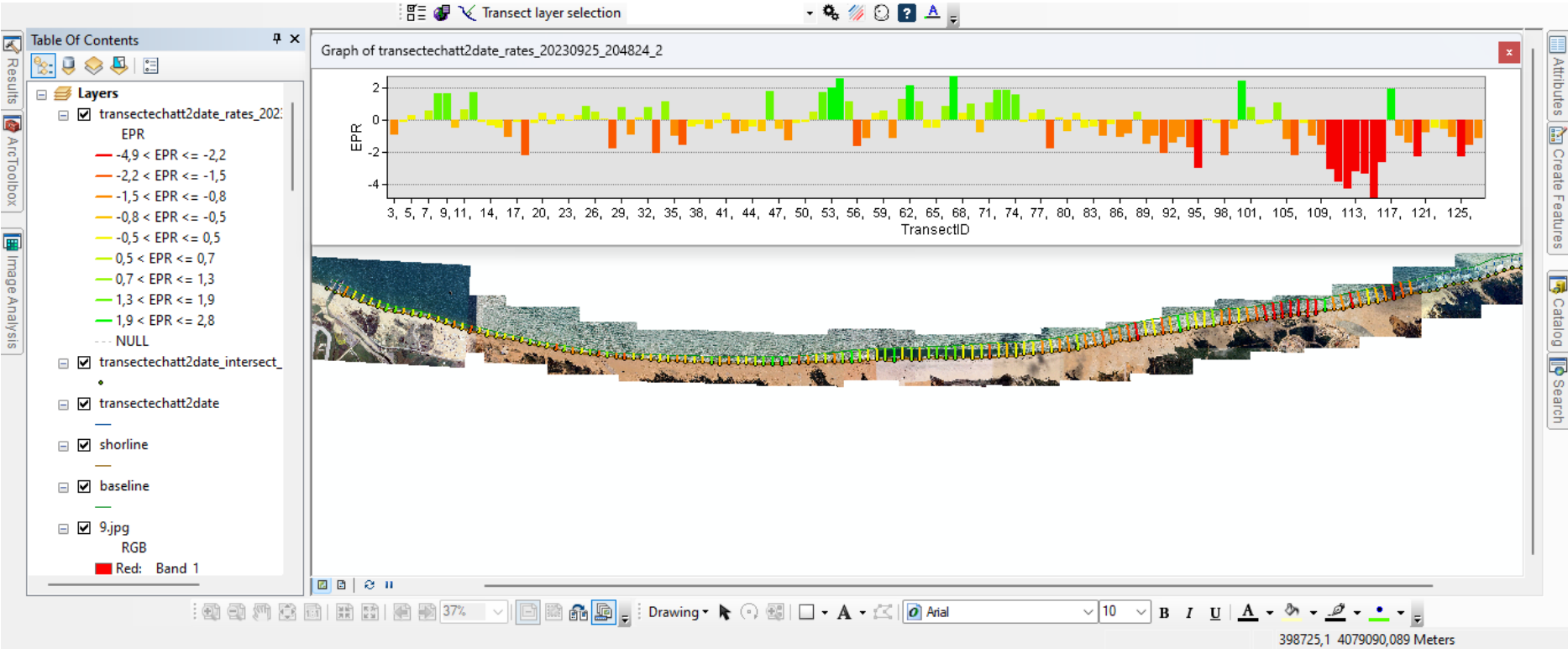


Figure 3. 25 : End Point Rate (EPR) (période 2013-2022 _littoral d’Echatt)

Variabilité importante des taux de changement :

Les valeurs maximales de recul et d'avancée sont encore plus élevées que celles de la période précédente, atteignant respectivement **-43,6525 m** et **24,3886 m**. Cette variabilité importante met en évidence la dynamique complexe et souvent abrupte du trait de côte.

Érosion prédominante et accrétion limitée :

Comme précédemment, l'érosion est plus prédominante que l'accrétion, avec 62,4% des transects montrant un recul contre 37,6% montrant une avancée. Cependant, la valeur moyenne d'accrétion (1,0080 m/an) est moindre par rapport à l'érosion (moyenne de -1,1751 m/an).

En conclusion, la période 2013-2022 a vu une intensification de la tendance à la réduction du trait de côte, avec des taux de variation plus marqués.

c. Entre 2008 _ 2022

NSM (Net Shoreline Movement)

- Nombre de Transects: 140
- Moyenne de la Distance: -5,851 m/an
- Pourcentage de Transects Erosion: 69,29%
- Maximum d'Erosion: -42,55 m/an (Transect ID: 130)
- Pourcentage de Transects Accrétion: 30,71%
- Maximum d'Accrétion: 100,50 m/an (Transect ID: 117)

EPR (End Point Rate)

- Nombre de Transects: 140
- Moyenne du Taux: -0,418 m/an
- Pourcentage de Transects Erosion: 69,29%
- Pourcentage de Transects Accrétion: 30,71%
- Maximum d'Erosion: -3,04 m/an (Transect ID: 130)
- Maximum d'Accrétion: 7,18 m/an (Transect ID: 117)

Les résultats obtenus pour la période 2008-2022 concernant le taux de variation du trait de côte (Net Shoreline Movement - NSM et End Point Rate - EPR) mettent en évidence une tendance persistante à la réduction du trait de côte, bien que la variabilité des taux de changement soit importante.

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

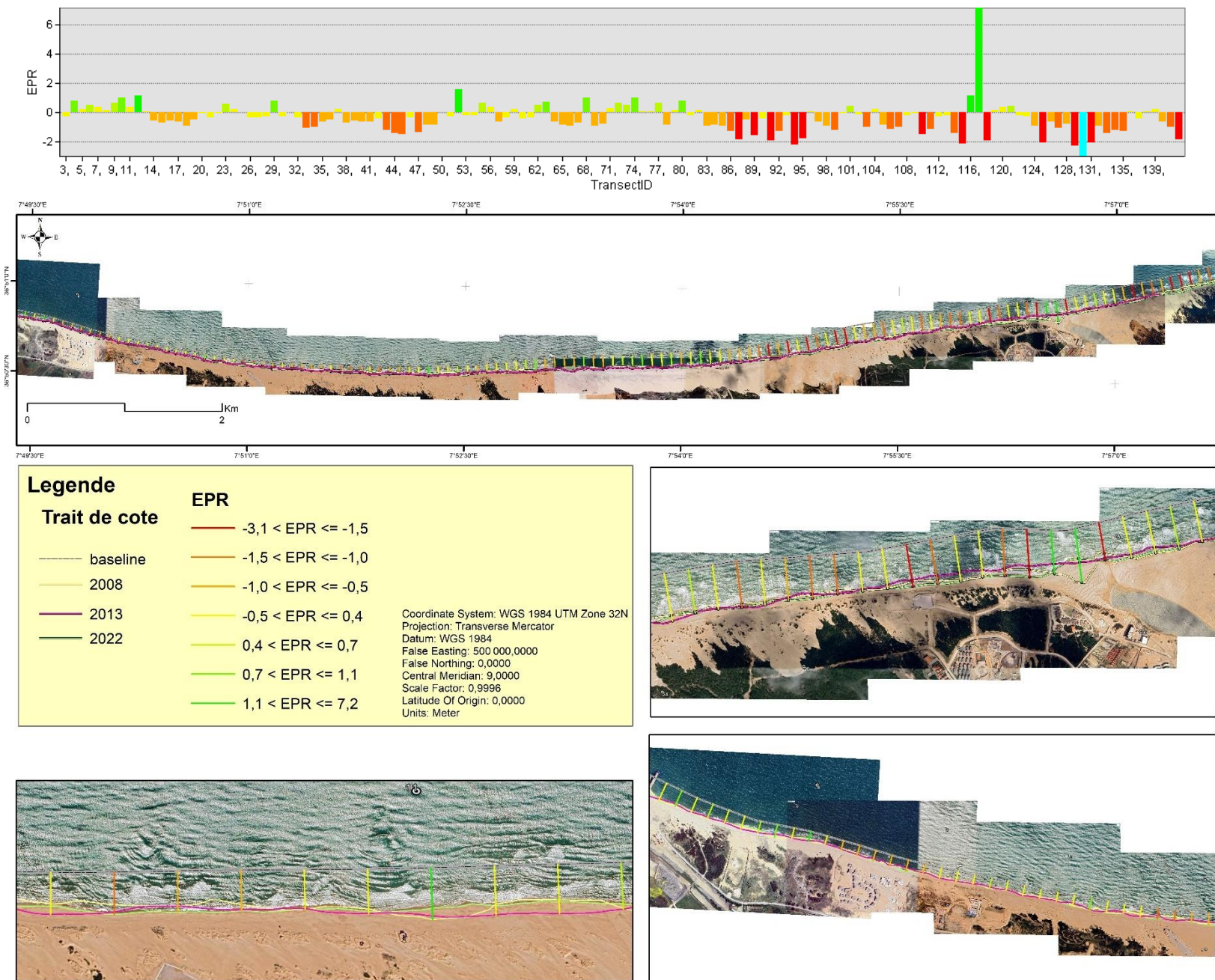


Figure 3. 26: EPR littoral d’Echatt période 2008-2022

Tendance globale à la réduction du trait de côte :

La moyenne du NSM (**-5,851 m/an**) et de l'EPR (**-0,418 m/an**) indique une réduction générale du trait de côte pendant cette période. Ces valeurs suggèrent que le littoral a subi un recul significatif.

Répartition des transects en recul et en avancée :

Environ **69,29%** des transects montrent un recul du trait de côte, tandis que **30,71%** des transects montrent une avancée. Cette répartition confirme que la réduction prédomine sur l'avancée.

Variabilité importante des taux de changement :

Les valeurs maximales de recul et d'avancée sont importantes, avec un maximum d'érosion de **-42,55 m/an** et un maximum d'accrétion de **100,50 m/an**. Cette variabilité souligne la complexité des processus côtiers et la nécessité d'une analyse fine pour comprendre ces variations.

Érosion prédominante et accrétion limitée :

Comme observé, l'érosion est plus prédominante que l'accrétion, ce qui est cohérent avec la moyenne du NSM et de l'EPR. Cependant, le maximum d'accrétion (**100,50 m/an**) est considérable, bien que moins fréquent.

En conclusion, les résultats de l'étude indiquent que la côte d'Echatt a subi un recul généralisé au cours de la période 2008-2022, avec des variations significatives entre les différents secteurs.

Les facteurs naturels, tels que la houle, les courants et les changements du niveau de la mer, ont contribué à l'érosion. Cependant, l'activité humaine a également joué un rôle important, notamment par la perturbation du cordon dunaire situé au nord de la ville d'Echatt. Ce dernier a été causée par une combinaison de facteurs, notamment : L'urbanisation et le développement côtier, qui ont réduit la superficie du cordon dunaire et perturbé son fonctionnement naturel et la pression humaine durant la saison estivale (activités de loisirs, piétinement...), qui ont également contribué à la perturbation du cordon dunaire.

3.3.8.2. Sable d'or

a. Entre 2008_2013

NSM (Net Shoreline Movement)

- Moyenne de la Distance NSM: 1,72 m/an
- Pourcentage de Transects Erosion: 43,56%
- Maximum d'Erosion: -20,68 m/an (Transect ID: 79)
- Pourcentage de Transects Accrétion: 56,44%
- Maximum d'Accrétion: 25,99 m/an (Transect ID: 66)

EPR (End Point Rate)

- Moyenne du Taux EPR: 0,34 m/an
- Pourcentage de Transects Erosion: 43,56%
- Pourcentage de Transects Accrétion: 56,44%
- Maximum d'Erosion: -4,14 m/an (Transect ID: 79)
- Maximum d'Accrétion: 5,20 m/an (Transect ID: 66)

Les résultats du DSAS pour la zone côtière Sable d'or indiquent une diversité de changements dans la ligne de rivage au fil du temps. La moyenne positive de la distance NSM (1,72 m/an) suggère une tendance globale à l'accrétion. Cependant, il est essentiel de noter que près de la moitié des transects (43,56%) présentent une érosion de la ligne de rivage.

L'EPR confirme cette tendance avec une moyenne positive (0,34 m/an), indiquant que, en moyenne, la ligne de rivage progresse vers le large. Néanmoins, il est important de noter que près de 43,56% des transects montrent une érosion. Cette variation substantielle dans les changements de la ligne de rivage souligne la complexité de la dynamique côtière.

Le pourcentage relativement élevé de transects présentant une accrétion (56,44%) suggère que certaines parties de la zone côtière étudiée peuvent être sujettes à un apport de sédiments, ce qui entraîne une expansion de la ligne de rivage. D'autre part, la présence d'une proportion considérable de transects en érosion soulève des préoccupations quant à la stabilité côtière et à la perte potentielle de terres.

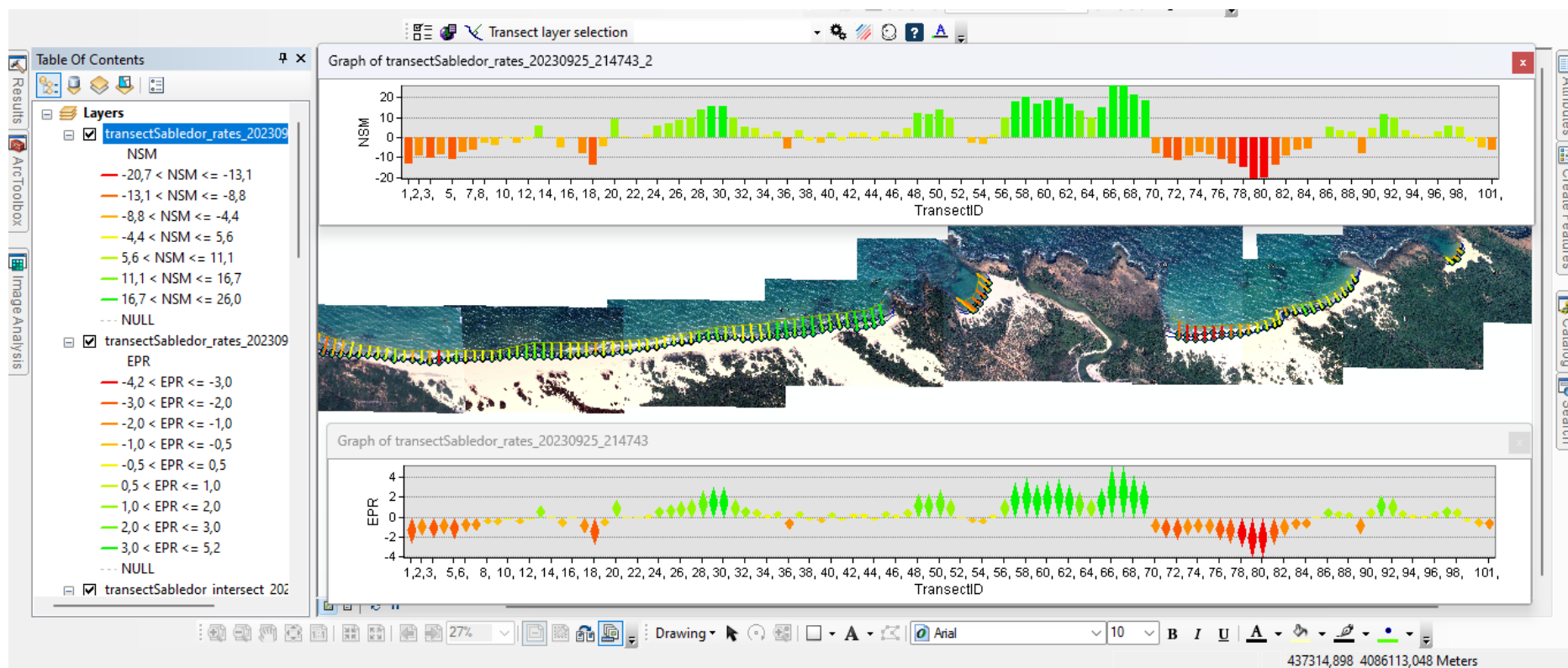


Figure 3. 27 : NSM et EPR littoral sable d'Or période 2008_2013

b. Entre 2013_2022

Net Shoreline Movement (NSM) :

- Taux moyen de variation (NSM) : -2,5979 m/ an
- 63,37% des transects montrent un recul du trait de côte, avec un taux moyen de recul d'environ -8,8990 m/ an.
- 36,63% des transects montrent une avancée du trait de côte, avec un taux moyen d'avancée d'environ 8,3013 m/ an.
- Les valeurs maximales de recul et d'avancée sont respectivement de -28,8477 m et 23,5761 m.

End Point Rate (EPR) :

- Taux moyen de variation (EPR) : -0,2887 m/ an
- 63,37% des transects montrent une érosion, avec un taux moyen d'érosion d'environ -0,9888 m/ an.
- 36,63% des transects montrent une accrétion, avec un taux moyen d'accrétion d'environ 0,9224 m/ an.
- Les valeurs maximales d'érosion et d'accrétion sont respectivement de -3,2053 m/yr et 2,6196 m/ an.

Tout d'abord, le taux moyen de variation du NSM est de **-2,5979** m/an, indiquant un recul global du trait de côte. Environ **63,37%** des transects montrent un recul, avec un taux moyen d'environ **-8,8990** mètres par an, ce qui démontre que le recul est plus prononcé dans la région de Sable d'Or.

D'un autre côté, **36,63%** des transects montrent une avancée du trait de côte, avec un taux moyen d'avancée d'environ **8,3013 m/ an**. Cependant, les valeurs maximales de recul et d'avancée sont respectivement de **-28,8477m** et **23,5761** m, ce qui montre que, bien que certaines zones connaissent une avancée significative, le recul est plus prononcé et peut potentiellement l'emporter sur ces avancées.

En ce qui concerne l'End Point Rate (EPR), le taux moyen de variation est de -0,2887 mètres par an, avec **63,37%** des transects montrant de l'érosion à un taux moyen d'environ -0,9888 mètres par an. En revanche, **36,63%** des transects montrent une accrétion, avec un taux moyen d'accrétion d'environ **0,9224** m/ an. Les valeurs maximales d'érosion et d'accrétion sont respectivement de **-3,2053** m/ an et **2,6196** m/ an. Ces données indiquent une prédominance de l'érosion, bien que certaines zones connaissent une accrétion.

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

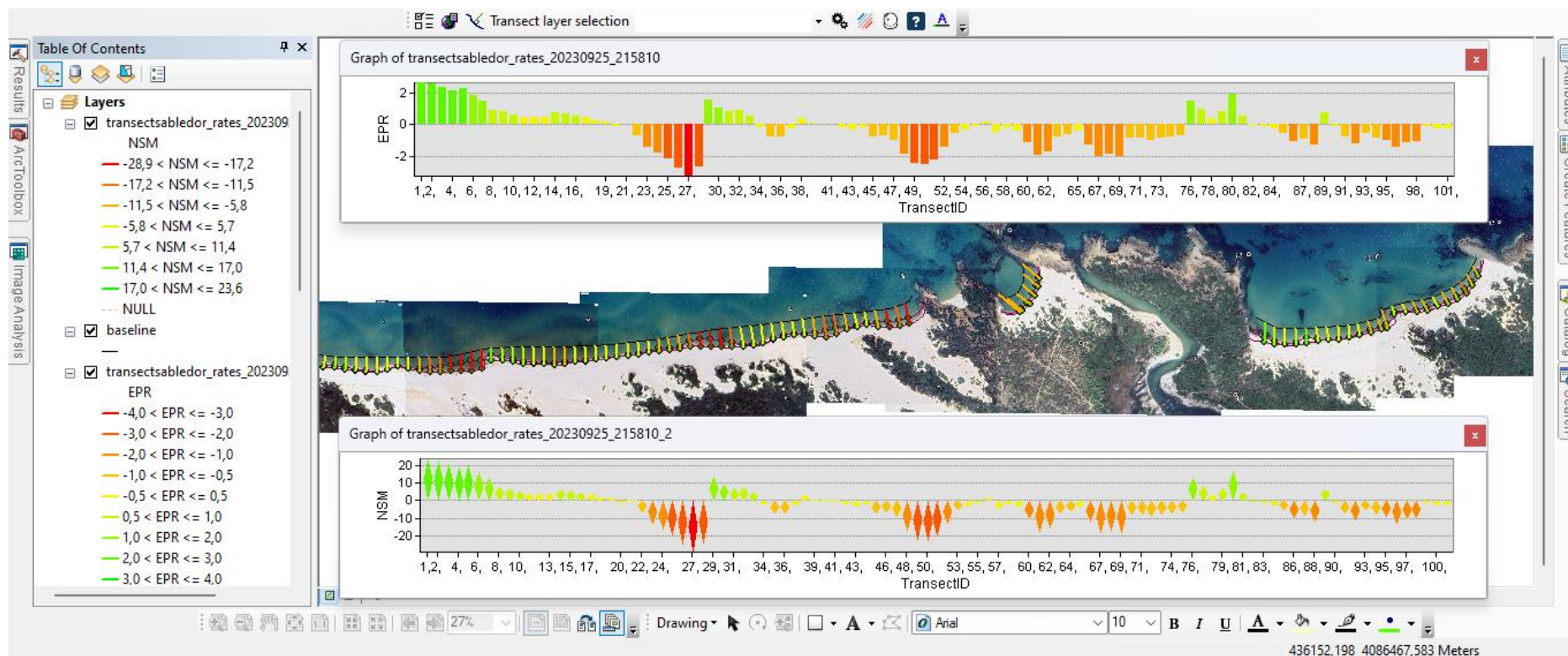


Figure 3. 28 : NSM et EPR littoral sable d'Or période 2013_2022

c. Entre 2008_2022

Net Shoreline Movement (NSM) :

- Taux moyen de variation (NSM) : -0,8730 m/ an
- 55,45% des transects montrent un recul du trait de côte, avec un taux moyen de recul d'environ -7,8641 m/ an.
- 44,55% des transects montrent une avancée du trait de côte, avec un taux moyen d'avancée d'environ 7,8270 m/ an.
- Les valeurs maximales de recul et d'avancée sont respectivement de -20,0286 m et 29,5863 m.

End Point Rate (EPR) :

- Taux moyen de variation (EPR) : -0,0624 m/ an
- 55,45% des transects montrent une érosion, avec un taux moyen d'érosion d'environ -0,5617 m/ an.
- 44,55% des transects montrent une accrétion, avec un taux moyen d'accrétion d'environ 0,5591 m/ an.
- Les valeurs maximales d'érosion et d'accrétion sont respectivement de -1,4306 m/an et 2,1133 m/ an.

Les résultats de l'étude menée sur la période 2008-2022 concernant le taux de variation du trait de côte (Net Shoreline Movement - NSM et End Point Rate - EPR) révèlent une tendance modérée à la réduction du trait de côte, avec des variations significatives observées d'une zone à l'autre (**figure 3.29**).

En moyenne, le NSM affiche un recul annuel moyen de **-0,8730m**, tandis que l'EPR montre un taux de réduction moyen de **-0,0624m** par an. Bien que cette réduction soit notable, elle est moins prononcée que dans certaines périodes précédentes.

Les données montrent que **55,45%** des sites d'observation enregistrent un recul du trait de côte, tandis que **44,55%** présentent une avancée. Cette répartition indique que, bien que la réduction prédomine, il existe également une proportion importante de zones où le trait de côte progresse.

La variabilité des taux de changement est frappante, avec des valeurs maximales d'érosion atteignant jusqu'à **-20,0286m** par an et des valeurs maximales d'accrétion atteignant **29,5863m** par an. Cette diversité souligne la complexité des processus côtiers et la nécessité d'une analyse approfondie pour comprendre ces variations.

Une particularité de cette période est que l'érosion et l'accrétion sont relativement équilibrées, avec des taux moyens similaires mais opposés. Cela suggère une sorte de compensation entre les zones en recul et celles en avancée.

Comparaison entre les périodes :

La période 2008-2013 présente une tendance légère à l'accrétion, illustrant une certaine stabilité ou une expansion limitée de la zone côtière.

La période 2013-2022 montre un recul important par rapport à la période 2008-2013, indiquant un changement significatif dans la dynamique côtière vers une tendance de recul plus marquée.

La période 2008-2022 montre un recul global, bien que moins important que celui de 2013-2022, confirmant une détérioration générale de la ligne de rivage sur cette période plus longue.

En résumé, la zone de la plage Sable d'Or a montré une évolution complexe du trait de côte au fil du temps, avec des périodes d'accrétion, suivies de périodes de recul plus marqué.

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

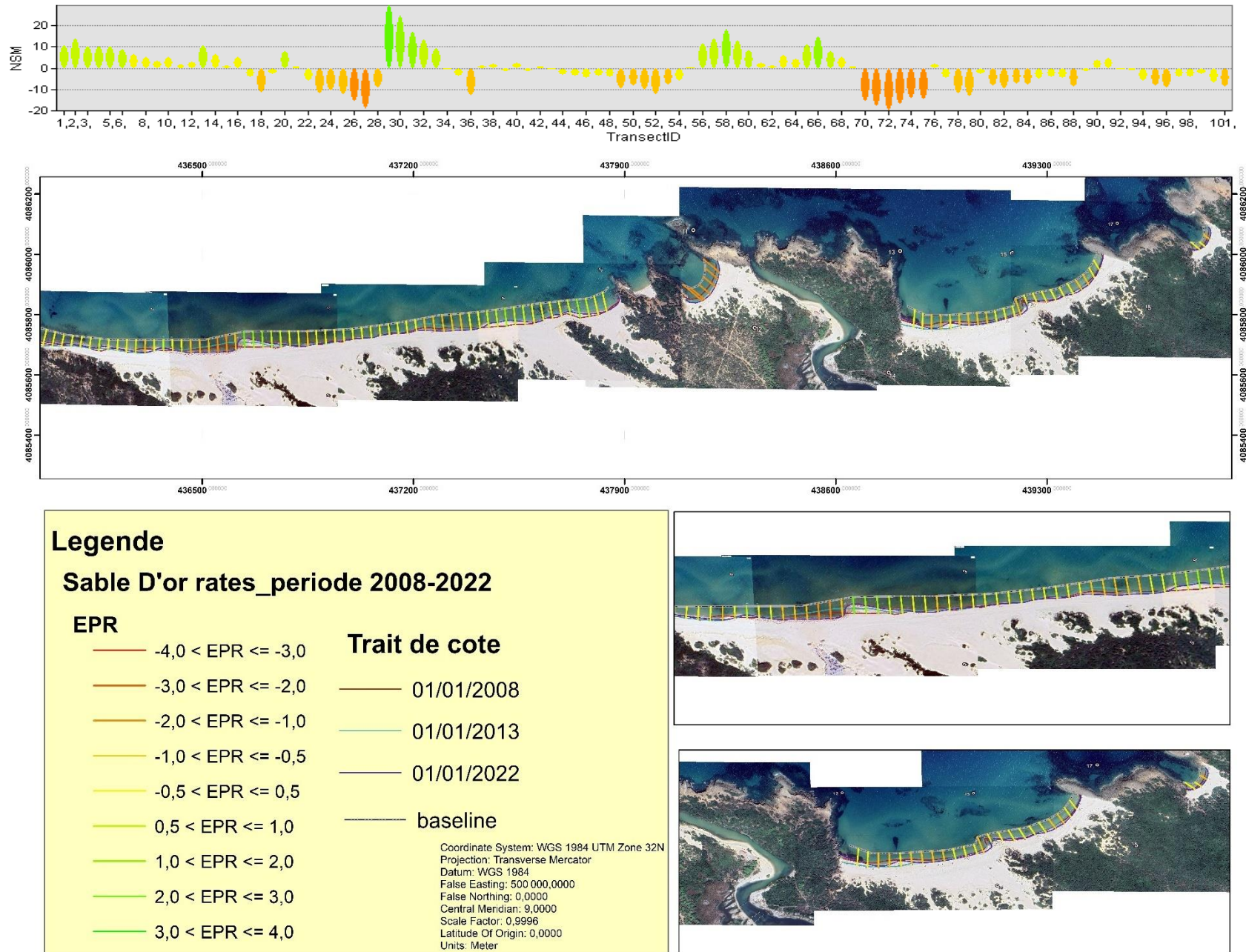


Figure 3. 29: NSM et EPR littoral sable d'Or période 2008_2022

3.3.8.3. El Mordjanne

a. Entre 2008-2013

Les données obtenues du logiciel DSAS pour la zone côtière "Mordjanne" mettent en lumière des changements significatifs dans le trait de côte.

Net Shoreline Movement (NSM) :

- Moyenne de la Distance NSM : **-16,299 m/an**
- Pourcentage de Transects en Érosion : **80%**
- Maximum d'Érosion : **-39,870 m/an** (Transect ID: 1)
- Pourcentage de Transects en Accrétion : 20%
- Maximum d'Accrétion : **11,438 m/an** (Transect ID: 34)

La grande majorité des transects (**80%**) montrent une érosion, avec un maximum d'érosion considérable.

Cependant, il est important de noter qu'environ 20% des transects montrent une avancée du trait de côte, bien que ces avancées soient généralement moins significatives que les reculs.

End Point Rate (EPR) :

- Moyenne du Taux EPR : **-3,260 m/an**
- Pourcentage de Transects en Érosion : **80%**
- Pourcentage de Transects en Accrétion : 20%
- Maximum d'Érosion : **-7,974 m/an** (Transect ID: 1)
- Maximum d'Accrétion : **2,288 m/an** (Transect ID: 34)

L'EPR confirme la tendance observée dans NSM, montrant une moyenne négative et une majorité de transects en érosion (**Figure 3.30**).

La variation dans les taux d'érosion est significative, avec des transects montrant un recul considérable de la ligne de rivage.

Les données indiquent un phénomène général de recul de la ligne de rivage dans la plage d'El Mordjanne. La majorité des transects présentent des taux de recul élevés, tandis que quelques-uns montrent une certaine avancée.

Les courant dominant de la wilaya d'El tarf est de Ouest-Nord-Ouest (300°) ; et Nord-Nord-Est (20-40°) (**Chemam et al., 2018; Goumrassa et al., 2021**)

Les vagues du secteur NNE conservent leur énergie lorsqu'elles parviennent aux côtes d'El Kala, en particulier dans les zones proches du NW de l'ancien port. Dans ces régions, la morphologie côtière a un effet limité sur la dissipation des vagues venant du secteur NNE, ce qui les rend presque perpendiculaires à la côte. Par conséquent, il existe un potentiel d'érosion marine significatif dans ces zones. Cette possibilité d'érosion est corroborée par l'observation de la géomorphologie littorale, caractérisée par des côtes rocheuses et l'absence d'accumulations sédimentaires.

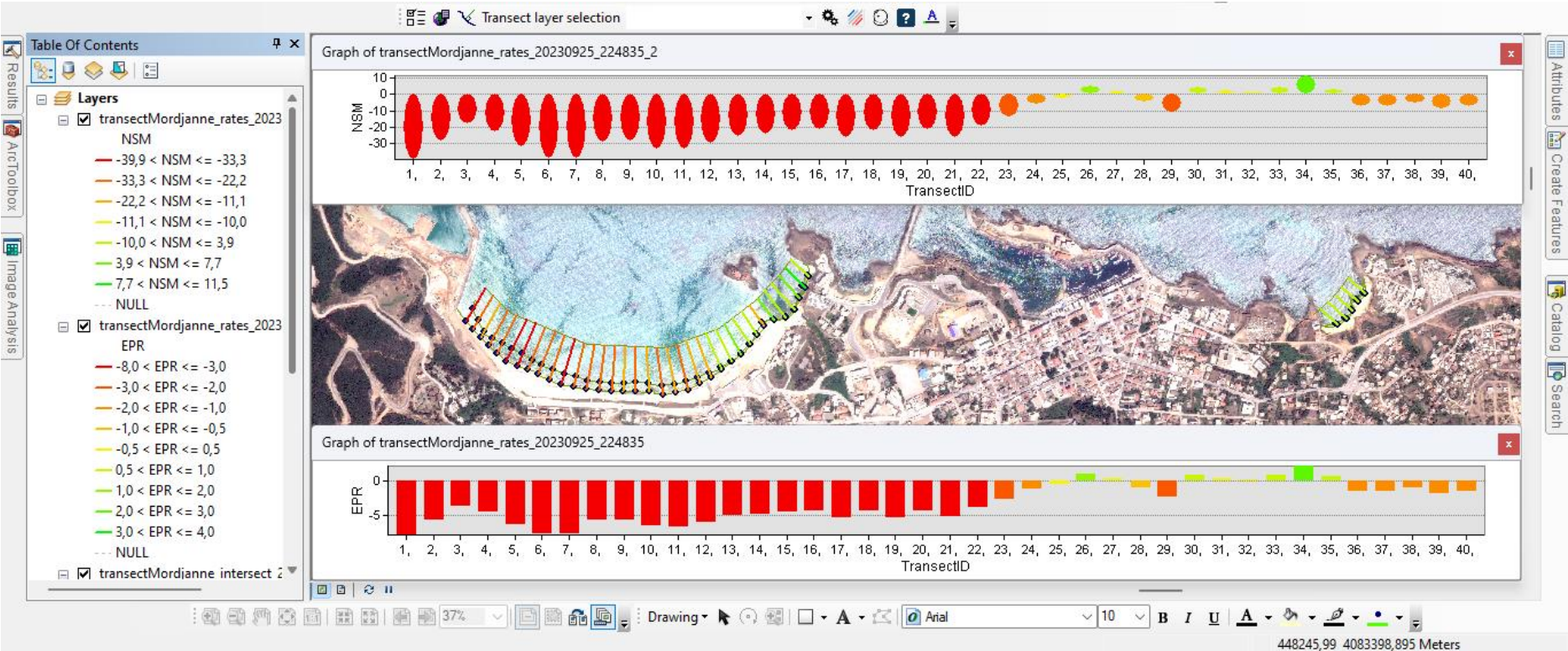


Figure 3. 30: NSM et EPR littoral plage El Mordjanne période 2008_2013

b. Entre 2013-2022

Résultats du NSM (Net Shoreline Movement)

- Nombre Total de Transects: 40
- Distance Moyenne: 26,038 mètres par an
- Pourcentage de Transects avec Distance Négative: 20%
- Distance Négative Maximale: -15,785 mètres
- Distance Positive Maximale: 60,996 mètres

Résultats de l'EPR (End Point Rate)

- Nombre Total de Transects: 40
- Taux Moyen: 2,893 m/an
- Pourcentage de Transects Erosionnels: 20%
- Pourcentage de Transects Accrétionnels: 80%
- Valeur d'Erosion Maximale: -1,754 m/an
- Valeur d'Accrétion Maximale: 6,777 m/an.

Ces résultats montrent que la majorité des transects (**80%**) présentent une accrétion, tandis que 20% montrent une érosion. Le taux moyen d'accrétion est d'environ **3,812m/an**, tandis que le taux moyen d'érosion est d'environ **-0,781m/an**. Les valeurs d'accrétion maximale et d'érosion maximale illustrent des changements significatifs dans certaines parties de la zone étudiée.

Notamment, le transect 11 affiche le taux d'accrétion maximale, atteignant **6,777m/an** ce qui peut être le résultat de dépôts sédimentaires ou d'autres processus côtiers favorables. À l'inverse, le transect 34 montre la plus grande érosion, atteignant **-1,754m/an**, ce qui peut être dû à divers facteurs, tels que l'érosion côtière ou des changements dans les apports sédimentaires.

La conclusion importante de ces résultats est que la plupart des transects (**60%**) montrent des taux d'accrétion statistiquement significatifs, ce qui suggère un schéma global d'accrétion le long de la plage d'Elmordjanne, avec quelques zones présentant une érosion. Il est essentiel de comprendre ces tendances pour la gestion côtière, la planification urbaine et la protection des écosystèmes côtiers.

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

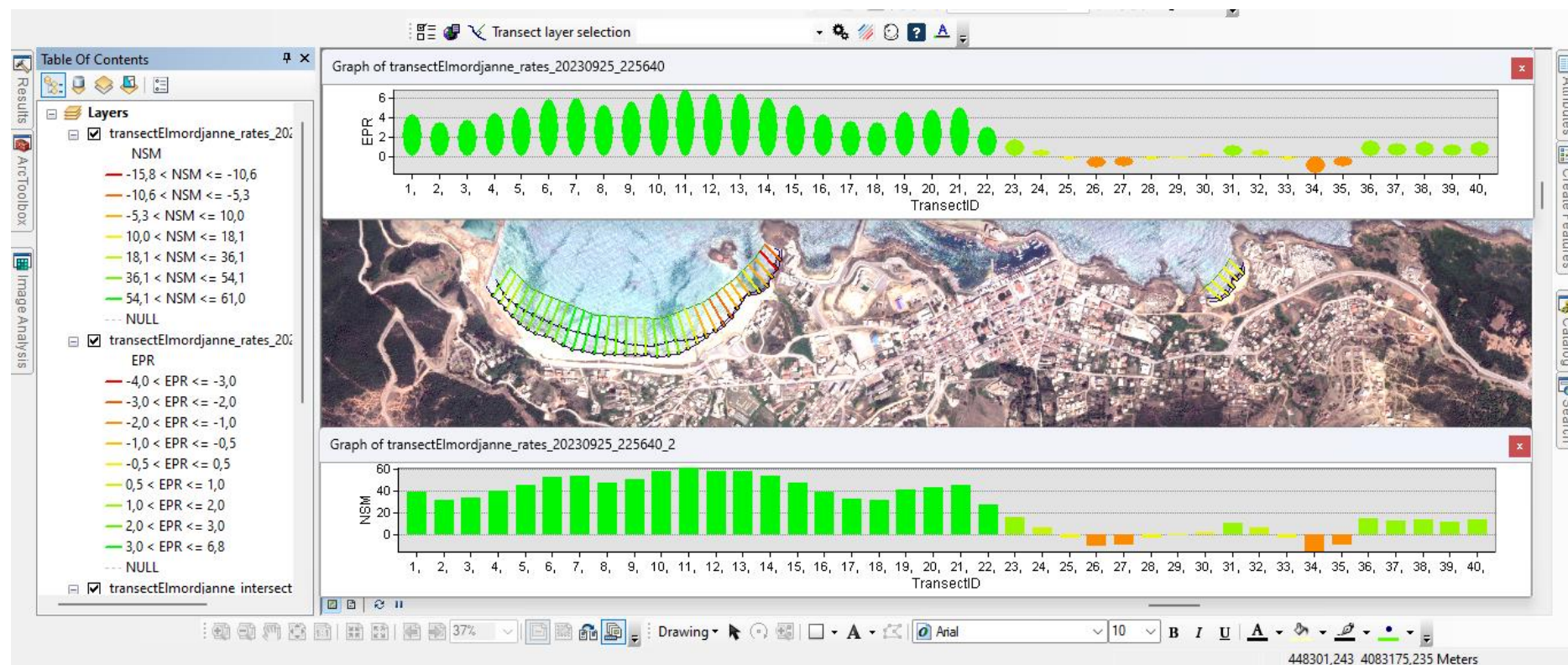


Figure 3. 31: NSM et EPR littoral plage El Mordjanne période 2013_2022

c. Entre 2008-2022

NSM (Net Shoreline Movement)

- Nombre Total de Transects: 40
- Distance Moyenne: 9,739 m
- Pourcentage de Transects avec Distance Négative: 22,5%
- Distance Négative Maximale: -12,820 m
- Distance Positive Maximale: 32,104 m

Résultats de l'EPR (End Point Rate)

- Nombre Total de Transects: 40
- Taux Moyen: 0,696 m/an
- Pourcentage de Transects Erosionnels: 22,5%
- Pourcentage de Transects Accrétionnels: 77,5%
- Valeur d'Erosion Maximale: -0,916 m/an
- Valeur d'Accrétion Maximale: 2,293 m/an

La majorité des transects (77,5%) montrent une accrétion, tandis que 22,5% montrent une érosion (**figure 3.32**).

- Le taux moyen d'accrétion est d'environ 1,015 mètres par an, tandis que le taux moyen d'érosion est d'environ -0,404 mètres par an.
- Le transect 13 a le taux d'accrétion maximale, atteignant 2,293 mètres par an.
- Le transect 29 présente la plus grande érosion, atteignant -0,916 mètres par an.
- La plupart des transects (77,5%) montrent des taux d'accrétion statistiquement significatifs.

Ces résultats suggèrent un schéma général d'accrétion le long de la ligne de rivage étudiée, à l'exception de quelques zones qui affichent une érosion notable, en peu dire que cette résultats due à l'installation du nouveau port d'El Kala.

Cette infrastructure a créé une zone protégée où l'impact des vagues et des courants est considérablement réduit. Dans cette zone de protection, les sédiments s'accumulent, car les forces qui les maintenaient en suspension dans l'eau sont nettement atténuées.

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

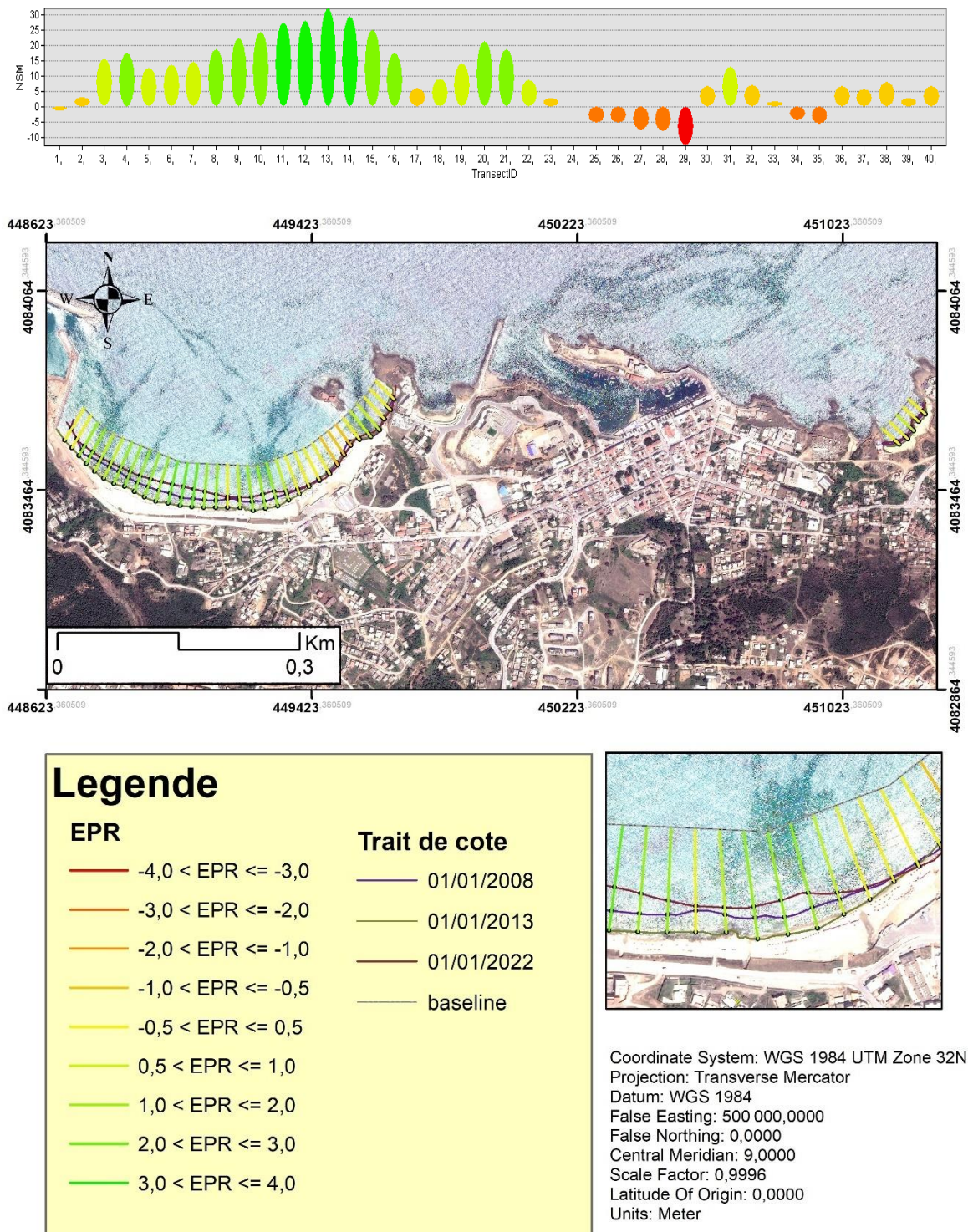


Figure 3. 32: NSM et EPR littoral plage El Mordjanne période 2008_2022

3.3.8.4. Messida

a. Entre 2008_2013

Net Shoreline Movement (NSM) :

- Moyenne de la Distance NSM : 7,096 m/an
- Pourcentage de Transects en Érosion : 27,54%
- Maximum d'Érosion : -49,792 m/an (Transect ID: 45)
- Pourcentage de Transects en Accrétion : 72,46%
- Maximum d'Accrétion : 61,141 m/an (Transect ID: 43)

La moyenne positive de la distance NSM indique une tendance globale à l'accrétion de la ligne de rivage, avec une majorité des transects en phase d'accrétion.

Environ 27,54% des transects montrent une érosion du trait de côte, bien que la tendance générale soit à l'accrétion.

End Point Rate (EPR) :

- Moyenne du Taux EPR : 0,507 m/an
- Pourcentage de Transects en Érosion : 27,54%
- Pourcentage de Transects en Accrétion : 72,46%
- Maximum d'Érosion : -3,557 m/an (Transect ID: 45)
- Maximum d'Accrétion : 4,367 m/an (Transect ID: 43)

L'EPR confirme la tendance observée dans NSM, montrant une moyenne positive et une majorité de transects en accrétion.

La variation dans les taux d'accrétion est significative, avec certains transects montrant une avancée considérable de la ligne de rivage.

La zone côtière de la plage Messida présente une dynamique du trait de côte où l'accrétion domine, comme indiqué par les résultats positifs dans NSM et EPR. Cependant, la présence substantielle de transects en érosion souligne la complexité de la dynamique côtière et suggère une nécessité de surveiller attentivement ces changements pour une gestion côtière efficace.

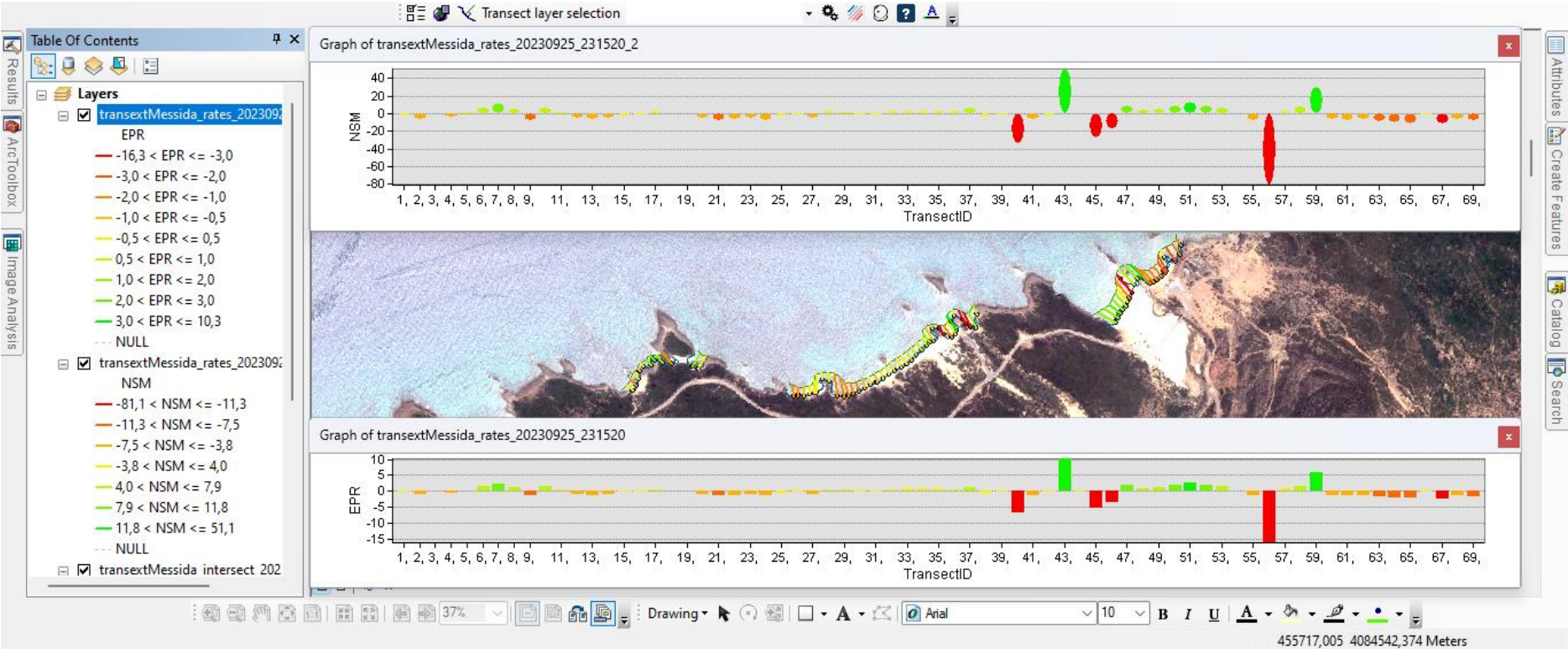


Figure 3. 33 : NSM et EPR littoral plage Messida période 2008_2013

b. Entre 2013-2022

Net Shoreline Movement (NSM) :

- Moyenne de la Distance NSM : 9,010 m/an
- Pourcentage de Transects en Érosion : 14,49%
- Maximum d'Érosion : -22,969 m/an (Transect ID: 45)
- Pourcentage de Transects en Accrétion : 85,51%
- Maximum d'Accrétion : 42,250 m/an (Transect ID: 47)

La moyenne positive de la distance NSM indique une tendance globale à l'accrétion de la ligne de rivage, avec la majorité des transects en phase d'accrétion.

Environ 14,49% des transects montrent une érosion du trait de côte, bien que la tendance générale soit à l'accrétion.

End Point Rate (EPR) :

- Moyenne du Taux EPR : 1,001 m/an
- Pourcentage de Transects en Érosion : 14,49%
- Pourcentage de Transects en Accrétion : 85,51%
- Maximum d'Érosion : -2,552 m/an (Transect ID: 45)
- Maximum d'Accrétion : 4,694 m/an (Transect ID: 47)

L'EPR confirme la tendance observée dans NSM, montrant une moyenne positive et une majorité de transects en accrétion.

La variation dans les taux d'accrétion est significative, avec certains transects montrant une avancée considérable de la ligne de rivage.

La zone côtière Messida présente une dynamique du trait de côte où l'accrétion domine, comme indiqué par les résultats positifs dans NSM et EPR (**figure 3.34**). Cependant, la présence substantielle de transects en érosion souligne la complexité de la dynamique côtière et suggère une nécessité de surveiller attentivement ces changements pour une gestion côtière efficace.

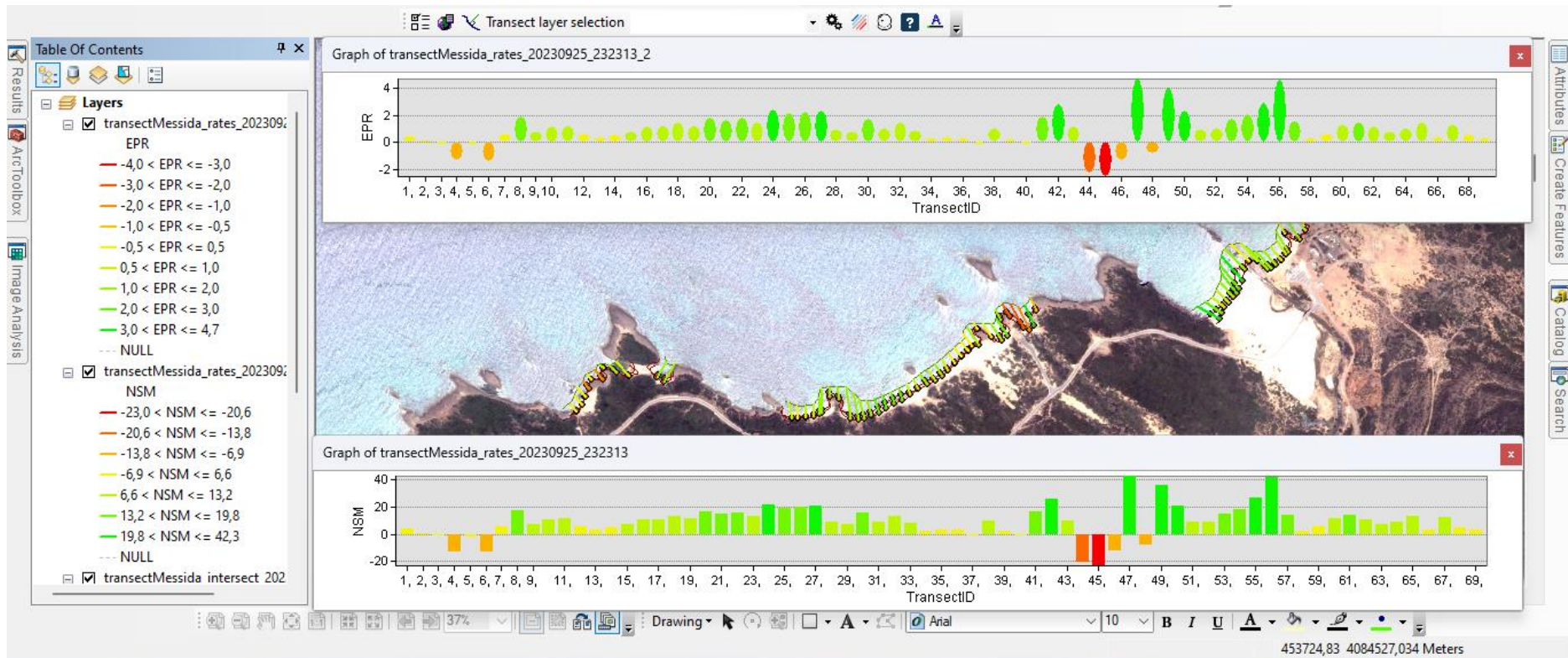


Figure 3. 34 : NSM et EPR littoral plage Messida période 2013_2022

c. Entre 2008-2022

Net Shoreline Movement (NSM) :

- Moyenne de la Distance NSM : 7,096 m/an
- Pourcentage de Transects en Érosion : 27,54%
- Maximum d'Érosion : -49,792 m/an (Transect ID: 45)
- Pourcentage de Transects en Accrétion : 72,46%
- Maximum d'Accrétion : 61,141 m/an (Transect ID: 43)

La moyenne positive de la distance NSM indique une tendance globale à l'accrétion de la ligne de rivage.

Environ 27,54% des transects présentent une érosion de la ligne de rivage, tandis que 72,46% des transects montrent une avancée.

End Point Rate (EPR) :

- Moyenne du Taux EPR : 0,507 m/an
- Pourcentage de Transects en Érosion : 27,54%
- Pourcentage de Transects en Accrétion : 72,46%
- Maximum d'Érosion : -3,557 m/an (Transect ID: 45)
- Maximum d'Accrétion : 4,367 m/an (Transect ID: 43)

La variation dans les taux d'accrétion est significative, avec certains transects montrant une avancée considérable de la ligne de rivage.

Les données indiquent une tendance générale à l'accrétion du trait de côte dans la zone côtière "Messida". La majorité des transects présentent des taux d'accrétion élevés, tandis qu'un nombre limité montre une certaine érosion. Ces résultats suggèrent une dynamique côtière positive dans cette zone.

Conclusion générale

La zone côtière de la wilaya d'El Tarf caractériser par un phénomène d'érosion du côté ouest (cap rosa vers Annaba) et une alternance entre l'érosion et l'accrétion de trait de côte dans le cote Est (Cap rosa vers Tunisie).

Pour la zone côtière Ouest la pression anthropique exercée sur la zone située du côté Ouest est une préoccupation majeure qui a des répercussions significatives sur l'environnement local. L'une des conséquences les plus directes de la pression anthropique est l'érosion côtière. La construction d'infrastructures telles que la station d'électricité (draouche commune de berihanne), les complexes touristiques (ZET el battah commune de benmhidi) et l'activité agricole peut perturber les processus naturels qui maintiennent les plages et les dunes. La déforestation et la construction sur le cordon dunaire, par exemple, affaiblissent la résistance naturelle aux tempêtes et à l'érosion, ce qui peut entraîner une perte de terres côtières.

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

L'activité agricole sur le cordon dunaire peut entraîner la destruction de la végétation côtière qui joue un rôle crucial dans la stabilisation des dunes et la protection contre l'érosion. La dégradation de cette végétation augmente la vulnérabilité des zones côtières aux tempêtes et aux marées montantes.

Les infrastructures côtières, notamment le port de la wilaya d'Annaba et les complexes touristiques de la commune d'Echatt et benMhidi, peuvent modifier les courants marins et perturber les flux sédimentaires le long de la côte. Cela peut contribuer à l'accumulation de sédiments dans certaines zones et à l'érosion dans d'autres, entraînant des changements dans la configuration du trait de côte.

Le pillage de sable a un impact direct sur la composition des plages et des dunes. L'extraction excessive de sable peut réduire la capacité des plages à se reconstituer naturellement, ce qui peut accélérer l'érosion côtière.

Les modifications apportées à la couverture végétale et aux écosystèmes côtiers peuvent augmenter le risque d'inondations côtières en affaiblissant les mécanismes de protection naturels. Les tempêtes et les marées hautes peuvent alors avoir des conséquences plus graves pour les populations côtières.

Pour faire face à ces défis, il est crucial de mettre en œuvre des mesures de gestion côtière intégrée qui prennent en compte les aspects environnementaux, économiques et sociaux. Cela peut inclure la restauration des écosystèmes côtiers, la réglementation du développement côtier, la promotion de pratiques agricoles durables, la surveillance du trait de côte et la sensibilisation des populations locales aux risques liés à l'érosion côtière. La protection du trait de côte est essentielle non seulement pour préserver l'environnement, mais aussi pour assurer la sécurité et la durabilité des communautés vivant à proximité des zones côtières.

Concernant la zone côtière du côté Est, caractérisée par une alternance entre l'érosion et l'accrétion du trait de côte, jouit d'une stabilité relative grâce à son statut de réserve naturelle, le Parc National d'El Kala (PNEK). Cette réserve naturelle assume un rôle essentiel dans l'atténuation des pressions humaines sur la zone côtière et contribue à maintenir l'équilibre fragile de cet écosystème côtier

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

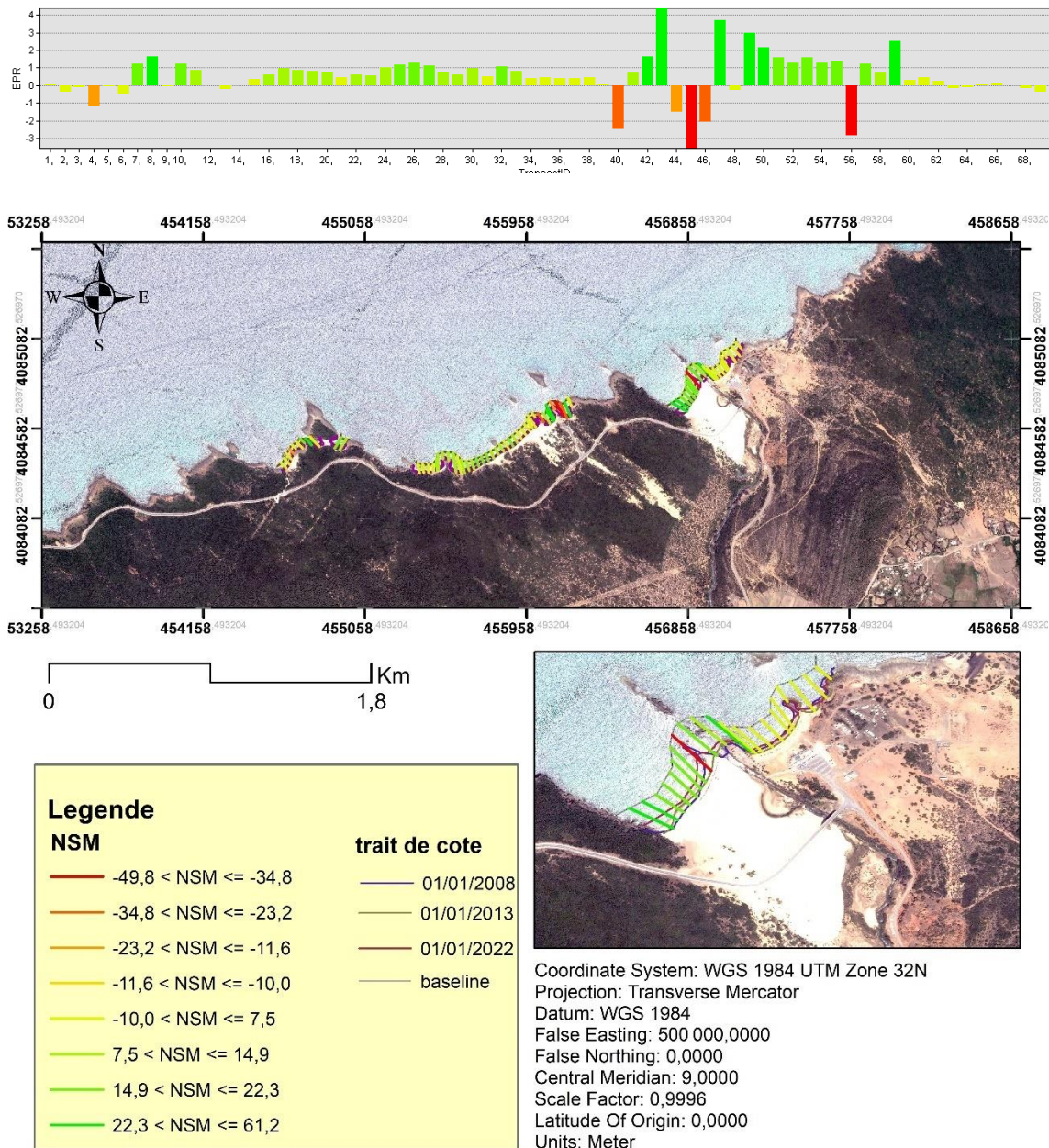


Figure 3.35 : NSM et EPR littoral plage Messida période 2008_2022

3.4. Risques incendies des forêts

3.4.1. Introduction

Les incendies de forêt représentent l'une des catastrophes naturelles les plus dévastatrices, ayant un impact significatif sur les écosystèmes, les communautés locales, et l'environnement global. Dans cette ère moderne, où la technologie occupe une place prépondérante, les Systèmes d'Information Géographique (SIG) et la télédétection ont émergé comme des outils essentiels pour l'étude et la gestion des incendies.

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

L'intégration des données SIG et de télédétection révolutionne la manière dont nous comprenons et gérons les incendies de forêt (Akbulak et al., 2018; Chuvieco et al., 2004; Mohammed et al., 2022). Ces technologies permettent une approche plus proactive en matière de prévention et de gestion des incendies, aidant les autorités à prendre des décisions éclairées pour protéger les communautés et l'environnement. Dans cette ère de changements climatiques et d'augmentation des incendies, le rôle combiné des SIG et de la télédétection devient essentiel pour atténuer les effets dévastateurs de ces catastrophes naturelles et pour promouvoir la résilience des écosystèmes et des sociétés face à ces défis croissants (Pachauri et al., 2014).

Les activités humaines ont un impact significatif sur le phénomène des incendies de forêt à l'échelle mondiale. Le changement climatique et les activités anthropiques contribuent à l'augmentation de l'incidence et de l'intensité des incendies par exemple :

- Les émissions de gaz à effet de serre provenant des activités humaines, telles que la combustion de combustibles fossiles et la déforestation, contribuent au changement climatique. Les températures plus élevées, la sécheresse accrue et les conditions météorologiques extrêmes, toutes liées au changement climatique, créent des conditions propices aux incendies de forêt plus fréquents et plus intenses.
- La déforestation, souvent due à des activités humaines telles que l'exploitation forestière non durable, l'expansion agricole et l'urbanisation, réduit la couverture végétale et augmente la vulnérabilité aux incendies. Les forêts déboisées deviennent plus sèches et moins résistantes aux incendies.
- Les activités agricoles, comme la gestion inadéquate des cultures, le brûlis dirigé et la production de biomasse, peuvent déclencher des incendies. Les feux agricoles échappant à tout contrôle peuvent se transformer en incendies de forêt.
- L'expansion des zones urbaines dans des zones à risque élevé d'incendies augmente la probabilité d'incendies de forêt qui menacent les habitations et les infrastructures. Les incendies qui se propagent vers les zones habitées sont plus difficiles à contenir et posent un danger pour la vie humaine.
- Les incendies de forêt peuvent également être déclenchés par des activités humaines imprudentes, telles que le camping, le jet de mégots de cigarette, l'utilisation de feux d'extérieur en période de sécheresse, etc.
- Une mauvaise gestion des terres, notamment l'absence de débroussaillage, de coupe d'arbres morts ou malades, et de gestion des combustibles végétaux, peut favoriser la propagation des incendies.
- Les lignes électriques et les infrastructures énergétiques défaillantes, en particulier dans les zones rurales, peuvent provoquer des incendies lorsqu'elles entrent en contact avec la végétation sèche par temps venteux.

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

- Les activités humaines peuvent influencer les pratiques de lutte contre les incendies, y compris la planification, le financement et la mise en œuvre des mesures préventives et d'extinction. Une mauvaise gestion des incendies peut aggraver les conséquences des feux.

En somme, les activités humaines jouent un rôle majeur dans la fréquence et la gravité des incendies de forêt. La gestion durable des terres, la réduction des émissions de gaz à effet de serre, la planification urbaine intelligente, la prévention des incendies et l'amélioration des pratiques de lutte contre les incendies sont essentielles pour atténuer l'impact de ces incendies sur les écosystèmes, les communautés et l'environnement.

En résumé, plusieurs facteurs anthropique et naturelle contribuent au risque d'incendies dans la zone littorale. Il est essentiel de prendre des mesures de prévention et de gestion appropriées pour minimiser ce risque et protéger ces écosystèmes sensibles.

3.4.2. Méthodologie

Afin de réaliser la carte de vulnérabilité aux incendies du littoral de la wilaya d'El Tarf nous avons passé par plusieurs étapes notamment la collecte des données sur la distribution des types de végétation, en particulier ceux qui sont sensibles aux incendies, tels que les maquis, les forêts de conifères, les zones de broussailles, etc ; les données climatiques et les données topographiques

Ensuite nous avons Identifiez les facteurs qui contribuent à la vulnérabilité aux incendies, Dans le cas de cette étude, trois critères ont été choisis dans notre analyse (**AHP**), la topo-morphologie, la combustibilité de la végétation et le facteur anthropique. Afin de classez ces facteurs en fonction de leur importance et attribuez des poids à chacun d'eux en fonction de leur contribution à la vulnérabilité globale (**Tableau 3.18**).

L'étape suivante consiste à utiliser un SIG (Système d'Information Géographique) pour créer la carte de vulnérabilité qui identifier les zones à risque élevé d'incendies.

Pour notre application, nous avons utilisé le modèle d'indice de risque mis au point par (**Dagorne et al., 1993**), sur des zones similaires sur le côté nord de la Méditerranée. Nous avons adapté cet indice au type de risque en Algérie.

$$IR = 5 IC + IM + 2 IH.....(9)$$

où **IC**, représente l'indice de combustibilité, **IM**, l'indice topo-morphologique et **IH**, l'indice d'occupation humaine.

Il convient de souligner que le codage de ces paramètres a été ajusté en fonction du niveau d'influence, variant de 1 pour un risque extrêmement faible à 5 pour un risque extrêmement élevé

3.4.3. Résultats

Tableau 3. 18: Pondération des paramètres utilisés pour déterminer les zones exposées au risque d'incendie.

Factor	Paramètres et indices	Values	Scores
Topo-Morphologie	Pente	Very Low	1
		Low (P<5%)	2
		Medium (5<P< 10%)	3
High (10<P< 20%)		4	
Very high (P>20%)		5	
Topo-Morphologie	Aspect	Plat	1
		North	2
		East	3
		South	4
		West	5
Topo-morphologie	Topo-morphologie	Plain (P <3%)	1
		Low piedmont (3< P <12.5%)	2
		Medium piedmont (12.5< P <25%)	3
		High piedmont (25< P <35%)	4
		Mountain (P> 35%)	5
Combustibilité	land use	Foret	5
		Plage	1
		Terre Agricole	3
		Plan d'eau	0
		Sol nu	1
Combustibilité	NDVI	Very Low	1
		Low	2
		medium	3
		High	4
		Very high	5
Anthropique	Human index	Very low	1
		Low	2
		Medium	3
		High	4
		Very high	5

3.4.3.1. Indice de combustibilité de la végétation

Les principaux critères qui interviennent dans l'apparition d'un feu dans un espace végétal, sont la structure spatiale du combustible (recouvrement horizontal et stratification verticale) et la nature des espèces dominantes (**figure 3.36**). Les espèces dominantes qui caractérisent les

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

formations en raison de leur importance constitutive influent sur l'inflammabilité et la combustibilité des peuplements intrinsèques (Trabaud & Lepart, 1980).

Pour évaluer l'indice IC nous utilisons une méthode proposée par A. MARIEL (Hamm, 1995) pour estimer la gravité potentielle d'un feu démarrant dans un peuplement forestier déterminé.

Cette méthode a consisté en la mise au point d'un modèle, empirique, basé sur l'expérience des sapeurs-pompiers pour pondérer les termes d'une expression mathématique dont les paramètres proviennent d'une description normalisée de la végétation.

C'est ainsi qu'un indice d'intensité potentielle du feu (ou indice de combustibilité) a été exprimé par la relation suivante :

$$IC = 39 + 0.23 BV (E - 7.18) \dots\dots\dots(10)$$

- **BV** : est calculé à partir du biovolume combustible par addition des pourcentages de recouvrement de chacune des strates biologiques à partir des relevés terrains.
- **E** : représente la combustibilité moyenne de chaque type de peuplement.

Elle est égale à la somme de la note de combustibilité de l'essence prédominant du relevé (E1) et la moyenne des notes de combustibilité des espèces abondantes du relevé (E2) (tableau 3.19).

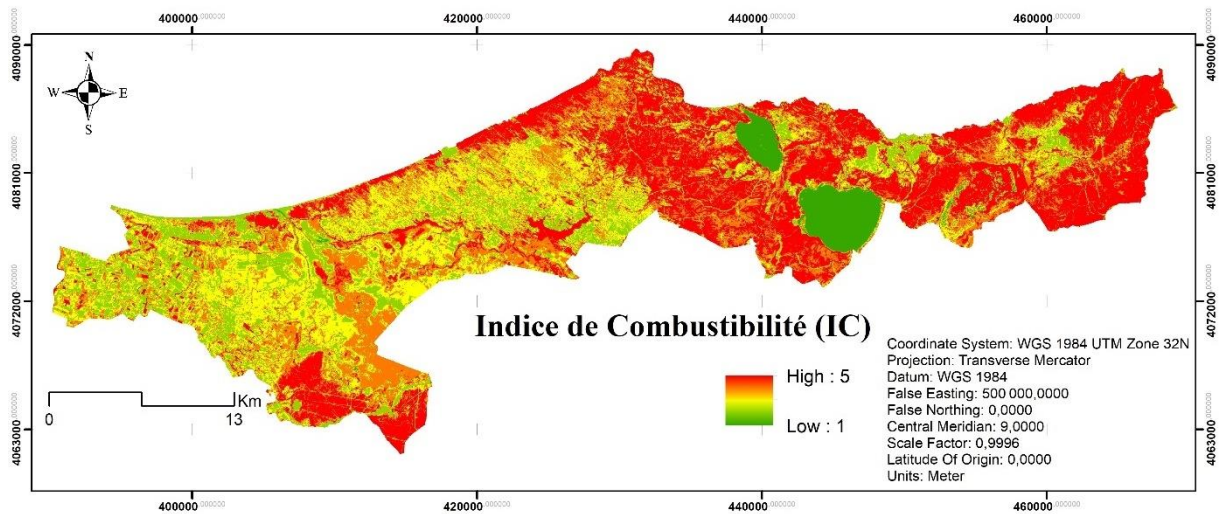


Figure 3. 36: carte de l'indice de combustibilité

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

Tableau 3. 19: Notes de combustibilité des principales espèces dominantes de la végétation méditerranéenne (Source CEMAGREF)

LIGNEUX HAUT			
Arbousier (<i>Arbutus unedo</i>) 5	Châtaignier (<i>Castanea SatIIIa</i>) 5	Cèdre (<i>Cedrus atlantica</i>) 6	Cyprès (<i>Cupressus macrocarpa</i>) 6
Chêne vert (<i>Quercus ilex</i>) 7	Erable (<i>Acer palmatum</i>) 5	Epicéa (<i>Picea abies</i>) 6	Noisetier (<i>Corylus avellana</i>). 2
Hêtre (<i>Fagus ylvatica</i>) 2	Peuplier (<i>Populus nigra, poplar</i>). 2	Chêne pubescent (<i>Quercus pubesscens</i>) 5	Pin d'Alep (<i>Pinus halepensis</i>) 7
Ome 2	Pin noir (<i>Pinus nigra Arn.</i>) 7	Douglas (- <i>Pseudotsuga menziesii</i>) 6	Pin pignon (<i>Pinus pinea</i>) 7
Pin maritime (<i>Pinus pinaster</i>) 7	Pin de salzman (<i>Pinus salzmanni</i>) 7	Frêne (<i>Fraxinus spp.</i>) 2	Robinier (<i>Robinia pseudoacacia</i>) 2
Pin sylvestre (<i>Pinus sylvestris</i>) 7	Saule (<i>Salix alba, Willow</i>). 2	Ollier (<i>Olea europea</i>) 5	Sapin (épicéa) 6

LIGNEUX BAS			
Ajonc épineux (<i>Ulex europaeus</i>) 8	Amélanchier (<i>Amelanchier laevis</i>) 3	Bruyère arborescente (<i>Erica arborea</i>) 8	Bruyère multiflore (<i>Erica multiflora L.</i>) 6
Bruyère cendrée (<i>Erica cinerea L</i>) 6	Bruyère à balais (<i>Erica scoparia</i>) 7	Buis (<i>Buxus sempervirens</i>) 5	Canne de Provence (<i>arundo donax</i>) 5
Callune (<i>Calluna vulgaris</i>) 6	Ciste blanc (<i>CISTUS albidus</i>) 6	Ciste à f. de sauge <i>cistus salvifolius</i>) 3	Epine du christ (<i>Paliurus spina-christi</i>) 3
Eglantine (<i>Rosa canina L</i>) 5	Genet à balais (<i>Cytisus scoparius L.</i>) 5	Genet d'Espagne (<i>Spartium junceum</i>) 5	Genet purgatif (<i>Cytisus purgans</i>) 7
Genet scorpion (<i>Genista scorpius</i>). 8	Genévrier commun (<i>Juniperus communis</i>) 7	Genévrier oxycèdre (<i>Juniperus oxycedrus</i>) 7	Lavande stéchine (<i>Lavandula stoechas</i>) 5
Lavande à large f. (<i>Lavandula litifolia.</i>) 5	Chêne kermès (<i>Quercus coccifera</i>) 8	Pistachier lentisque (<i>Pistacia lentiscus</i>) 4	Prunellier (<i>Eriogaster catax</i>) 4
Romarin (<i>Rosmarinus officinalis</i>) 5	Ciste de Montpellier (<i>Cistus monspeliensis</i>) 3	Ronces (<i>Rubus fruticosus</i>) 6	Staehele (<i>Staehelina dubia</i>) 3
Térébinthe (<i>Pistacia terebinthus</i>) 4	Filaria (<i>Phillyrea latifolia</i>) 5	Thym (<i>Thymus vulgaris</i>) 4	

HERBACEES			
Agrostis 1	Anthyllide (<i>Anthyllis vulneraria</i>) 1	Aphyllanthe (<i>Aphyllanthes</i>) 1	Avoine (<i>Avena satIIIa,</i>) 1
Brachypode des bois (<i>Brachypodium sylvaticum</i>) 1	Brachypode penné (<i>Brachypodium pinnatum</i>) 1	Brachypode rameux (<i>Brachypodium ramosum</i>) 1	Brome érigé (<i>Bromus erectus</i>) 1
Canche flexueuse (<i>Deschampsia flexuosa</i>) 1	Dactyle (<i>Dactylis glomerata</i>) 1	Fétuques (<i>Festuca</i>) 1	Fougère aigle (<i>Pteridium aquilinum</i>) 2
Fromental (<i>Arrhenatherum elatius</i>) 1	Inule visqueuse (<i>Inula viscosa</i>) 1		

3.4.3.2. Indice topo-morphologique

La topographie est également l'un des principaux facteurs qui influencent la propagation d'un incendie de forêt. La pente détermine l'inclinaison des flammes et donc leur vitesse de propagation (Merdas, 2007). L'exposition a également un rôle indirect dans la progression de l'incendie, car elle détermine le type de végétation, l'influence des vents et le rayonnement solaire (Baara et al., 2014). L'indice topo-morphologique est donc calculé par la combinaison de ces trois paramètres physiques, la pente, l'exposition et l'altitude, et ces trois composantes ont été extraites du modèle numérique de terrain (MNT) de la zone d'étude. Cet indice est exprimé par la relation suivante :

$$IM = 3 p + (m \times e) \dots\dots\dots(11)$$

Où **p** représente la pente, **m** le paramètre de topo-morphologie et **e** l'exposition.

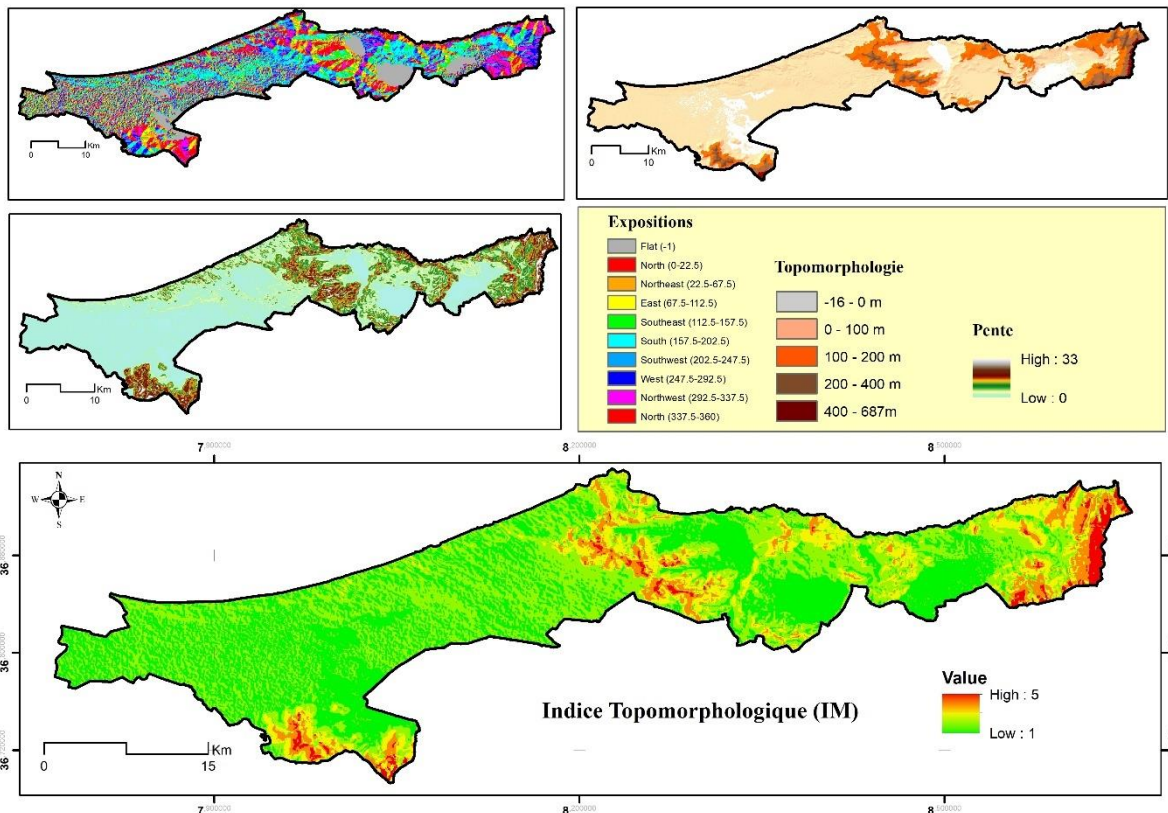


Figure 3. 37: carte d'indice de Topo-morphologique

3.4.3.3. Indice humain

La proximité des êtres humains et des habitations aux forêts représente un enjeu décisif qui détermine le niveau de vulnérabilité de l'environnement. Cela concerne la protection des vies humaines et des infrastructures. Par conséquent, le facteur anthropique est le terme principal dans le modèle de l'indice **IH**.

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

Cet indice est donc dépendant de l'occupation humaine de l'espace et de son activité. L'activité humaine peut être considérée sous trois aspects des éléments de risque : la source d'ignition, les enjeux (personnes, biens, installations) et les moyens de lutte contre l'incendie., nous avons basé sur une approche qui prend en compte deux aspects : la source d'ignition et les enjeux. Le premier est basé sur l'impact anthropique sur l'environnement forestier immédiat, jusqu'à une profondeur de 100 mètres. Nous supposons que l'homme exerce une "pression" sur son environnement forestier proche.

L'indice de voisinage (III) est donc une mesure de la pression humaine sur les forêts, qui prend en compte à la fois la densité de la population et la proximité des zones urbaines aux zones forestières. Plus l'indice de voisinage est élevé, plus la pression sur la forêt est forte.

Pour calculer l'indice de voisinage, nous divisons le nombre de personnes vivant dans une zone donnée par la superficie de la forêt voisine. Par exemple, si une zone urbaine de 1000 personnes est entourée par 10 km² de forêt, l'indice de voisinage serait de 100 personnes par km².

De plus, il est important de prendre en compte les infrastructures routières. En effet, l'efficacité des interventions contre les incendies est directement proportionnelle à la facilité d'accès à la zone concernée. Les réseaux routiers jouent un rôle essentiel en agissant comme des "coupe-feu" et en facilitant l'arrivée des secours. Toutefois, il est à noter que les départs de feu sont plus fréquents à proximité des routes et des chemins traversant les forêts.

Le deuxième paramètre, ID, est défini par la densité de l'intersection entre la zone d'influence de la forêt et les zones urbaines avoisinantes. Il représente le niveau de présence humaine à l'intérieur ou à proximité de la forêt.

L'indice d'occupation humaine sera donc déterminé par la combinaison linéaire des deux indices, soit :

$$\mathbf{IH} = \mathbf{III} + \mathbf{ID} \dots\dots\dots(12)$$

Où **III** représente l'indice de voisinage et **ID** l'indice de présence humaine.

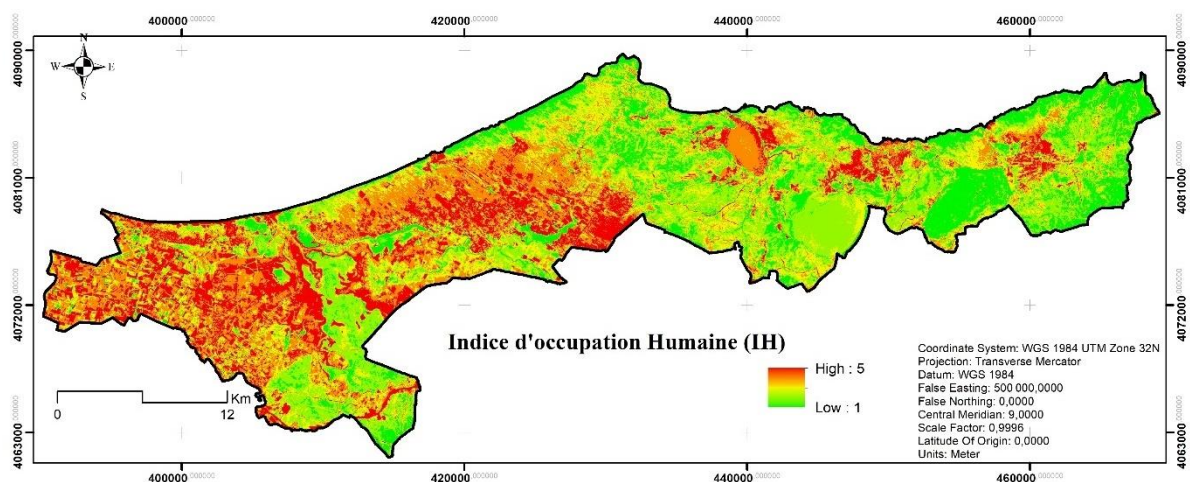


Figure 3. 38: carte de l'indice d'occupation humaine

3.4.3.4. Carte de vulnérabilité aux incendies

L'élaboration de la carte de risque d'incendie des forêts dans le littoral de la wilaya d'El Tarf consiste donc à croiser les trois couches thématiques (indice de combustibilité, indice de topomorphologie et indice humain) obtenues par l'application de l'équation du modèle mentionné au niveau de la méthodologie de notre travail.

Il est clair que la majorité des surfaces sont associées à un niveau de risque élevé ou très élevé. En effet, 44% de la surface totale, soit 33 820 ha, est associée à un risque très élevé. Cela signifie que presque la moitié de la surface totale est exposée à un niveau de risque très élevé. C'est une situation préoccupante qui nécessite une attention particulière et des mesures de prévention et de gestion des risques appropriées. Selon (Wisner, 2004), une telle situation peut entraîner des conséquences graves si des mesures de prévention et de gestion des risques ne sont pas mises en place.

Tableau 3. 20 : pourcentage de risque

RISQUE	SURFACE (HA)	%
PAS DE RISQUE	3171	4%
RISQUE FAIBLE	6536	9%
RISQUE MOYEN	14261	19%
RISQUE ELEVE	18509	24%
RISQUE TRES ELEVE	33820	44%
TOTAL	76296	100%

En outre, **24%** de la surface totale, soit **18 509 ha**, est associée à un risque élevé. Cela signifie qu'un quart de la surface totale est également exposé à un niveau de risque élevé. Selon (Cutter, 1996), même si ce niveau de risque est inférieur au risque très élevé, il ne doit pas être négligé car il peut également entraîner des conséquences graves.

En ce qui concerne le risque moyen, il concerne **19%** de la surface totale, soit **14 261 ha**. C'est une proportion significative qui ne doit pas être négligée.

Le risque faible concerne **9%** de la surface totale, soit **6 536 ha**. Bien que ce soit une proportion plus petite par rapport aux autres niveaux de risque, elle ne doit pas être ignorée. Selon (Burton, 1993), même un risque faible peut entraîner des conséquences négatives si des mesures de prévention et de gestion des risques ne sont pas mises en place.

Enfin, seulement **4%** de la surface totale, soit **3 171 ha**, n'est pas exposée à un risque. C'est la plus petite proportion, ce qui indique que la majorité de la surface est exposée à un certain niveau de risque.

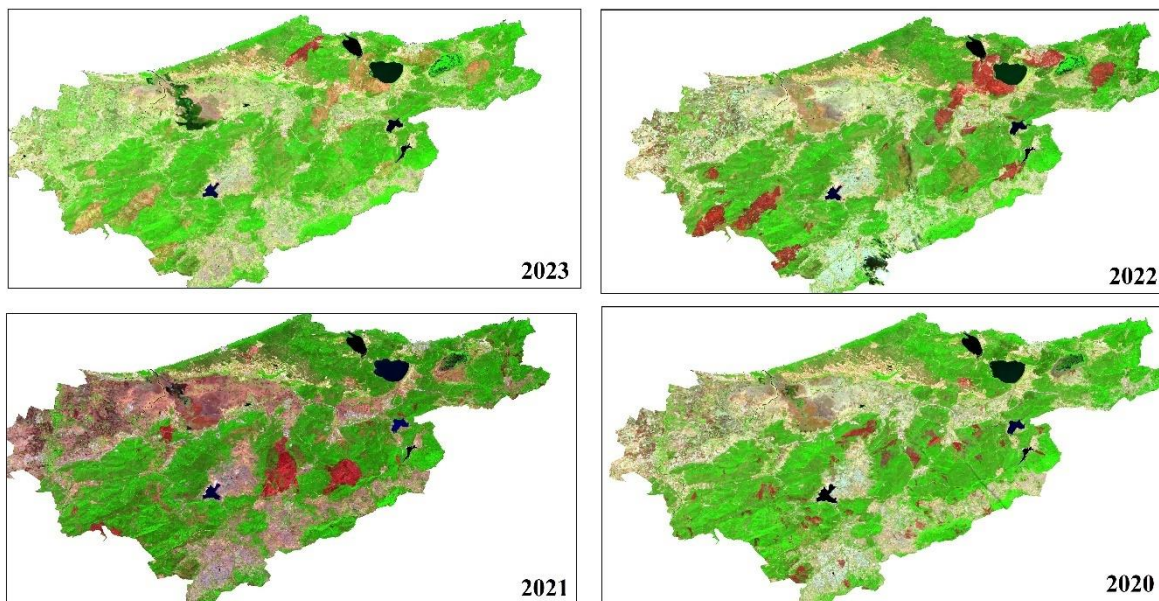
La question du risque d'incendie est une préoccupation majeure dans de nombreuses régions du monde, en particulier dans les zones à forte densité de végétation comme les forêts et les prairies. Selon une étude de (Bowman et al., 2009), les incendies de végétation sont une

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

caractéristique naturelle de nombreux écosystèmes et ont joué un rôle crucial dans l'évolution de la vie sur Terre. Cependant, l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des incendies due au changement climatique et à l'activité humaine a conduit à une augmentation du risque d'incendie dans de nombreuses régions.

3.4.4. Validation des résultats :

Une étude diachronique à partir des images satellites Landsat a permis de suivre les zones touchées par les feux de forêts au cours des dernières années. Les résultats de cette étude ont démontré la fiabilité de nos modèles d'analyse du risque des feux de forêts dans le littoral de la wilaya d'El Tarf.



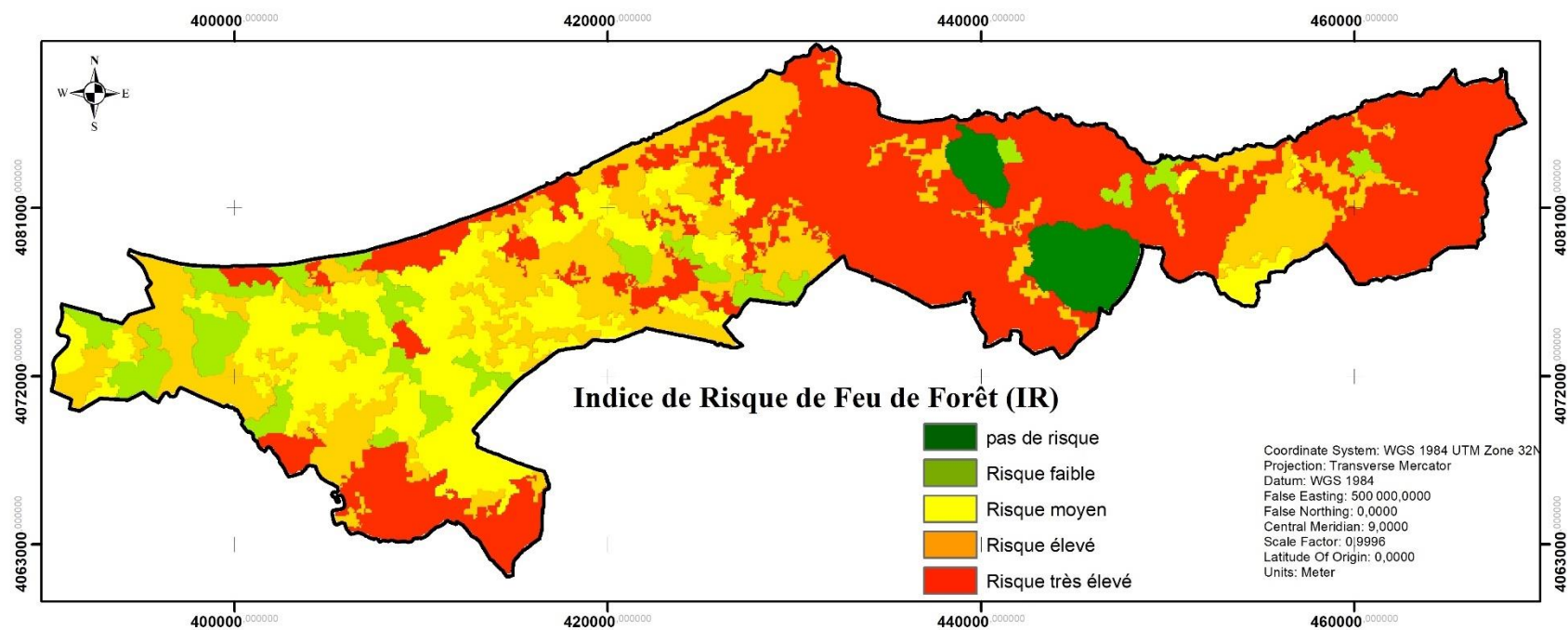


Figure 3. 39 : indice de risque de feu de forêt

3.5. Risque des inondations

3.5.1. Introduction

Les inondations représentent un risque important dans de nombreuses régions du monde. Le risque d'inondation dépend de plusieurs facteurs, notamment la géographie, la météorologie, l'urbanisation et le changement climatique. Voici quelques-unes des principales causes et considérations liées au risque d'inondation :

- **Précipitations abondantes** : Les fortes précipitations, qu'elles soient causées par des tempêtes tropicales, des pluies torrentielles, des fontes de neige rapides ou des pluies continues sur une longue période, peuvent entraîner des inondations.
- **Zones inondables** : Certaines zones géographiques sont plus sujettes aux inondations en raison de leur topographie. Les zones côtières, les bassins fluviaux et les plaines inondables sont particulièrement vulnérables.
- **Urbanisation** : L'urbanisation mal planifiée peut augmenter le risque d'inondation en remplaçant les zones naturelles absorbant l'eau par des surfaces imperméables telles que le béton et l'asphalte. Cela peut entraîner des ruissellements rapides et des inondations urbaines.
- **Niveaux d'eau élevés** : Les niveaux d'eau élevés dans les rivières, les lacs ou les océans en raison de facteurs tels que la marée, les tempêtes, la fonte des glaciers ou la gestion des barrages peuvent causer des inondations.
- **Changement climatique** : Le changement climatique peut aggraver le risque d'inondation en intensifiant les phénomènes météorologiques extrêmes, en augmentant les précipitations et en provoquant la montée du niveau de la mer.
- **Barrages et digues** : Des ruptures de barrages ou de digues peuvent déclencher des inondations soudaines et massives dans les zones en aval.
- **Drainage inadéquat** : Un système de drainage insuffisant peut provoquer des inondations locales, notamment dans les zones urbaines.

Pour réduire le risque d'inondation, il est essentiel de mettre en œuvre des mesures de prévention et de gestion des inondations, telles que la construction de digues, la création de bassins de rétention, la cartographie des zones inondables, la mise en place de systèmes d'alerte précoce et la sensibilisation du public. De plus, une planification urbaine résiliente et la prise en compte des prévisions climatiques sont cruciales pour atténuer les effets des inondations.

En Algérie, le risque d'inondation est élevé, en particulier dans les zones urbaines. La wilaya d'El Tarf ne sort pas de ce contexte surtout avec sa richesse en termes des zones humides

3.5.2. Inondation dans la wilaya d'El Tarf

Les inondations dans la wilaya d'El tarf sont favorisées par la morphologie et le régime pluviométrique de la région. Les zones de plaines sont les plus vulnérables c'est le cas de la plaine de Ben M'Hidi au Nord, avec ses lacs et ses marécages où la topographie est subhorizontale et légèrement inclinée vers la mer (< 3%). Cette situation est valable même pour la zone d'arrivée des principaux oueds dans cette plaine, tels que le Bou Namoussa ou l'oued El Kébir. Les altitudes dans cette plaine sont généralement faibles, presque au même niveau que celles de la mer (00 à 5m), bien qu'il arrive de voir des altitudes supérieures à 05m (entre 5 et 20m) en allant vers le piémont. Les pentes sont également insignifiantes, elles sont généralement inférieures 3%, ce qui explique l'importance des inondations et la fréquence de débordements des oueds sur la plaine.

3.5.2.1 Présentation des bassin versants

De par la forme de leur relief, les sous bassins versants de la Mafragh et de la Calle forment de grands réceptacles dans lesquels se situent les grands lacs ainsi que la plus grande zone humide de l'Algérie. L'Oued El Kébir Est déverse ses eaux dans le sous bassin de la Mafragh.G)

3.5.2.1.1. Le bassin de la mafragh

Le bassin de la Mafragh se caractérise par une zone de basse altitude (25 m) qui constitue une surface de 470 km².

Ces eaux proviennent du bassin lui-même mais proviennent également des bassins situés en amont, c'est-à-dire les bassins de l'oued Bounamoussa et Kébir Est.

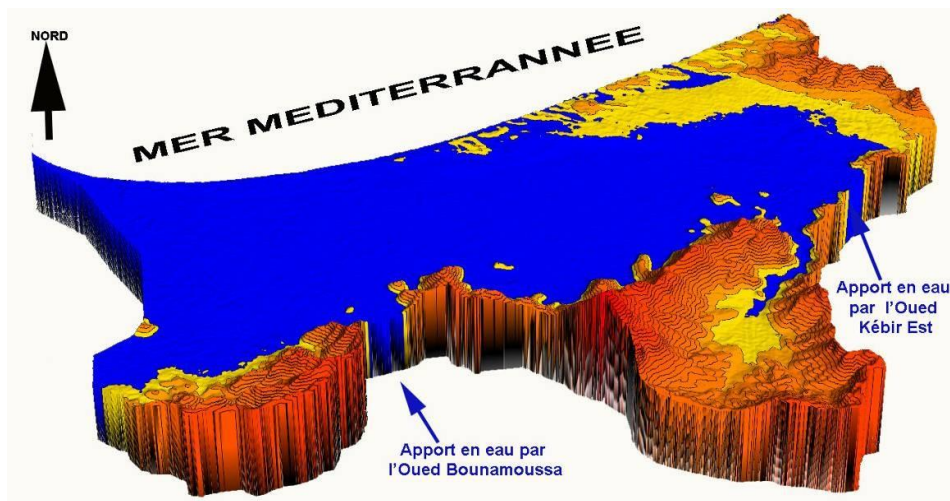


Figure 3. 40: Bassin versant de la Mafragh

3.5.2.1.2. Le bassin de la calle

Le bassin de la calle est un bassin dont les zones de basse altimétrie (30 m) constituent une surface de 147 km². Le bassin est alimenté par l'Oued Messida dans sa partie Sud Ouest. Les inondations y sont très fréquentes car la majorité des agglomérations sont situées sur ces zones de basse altitude.

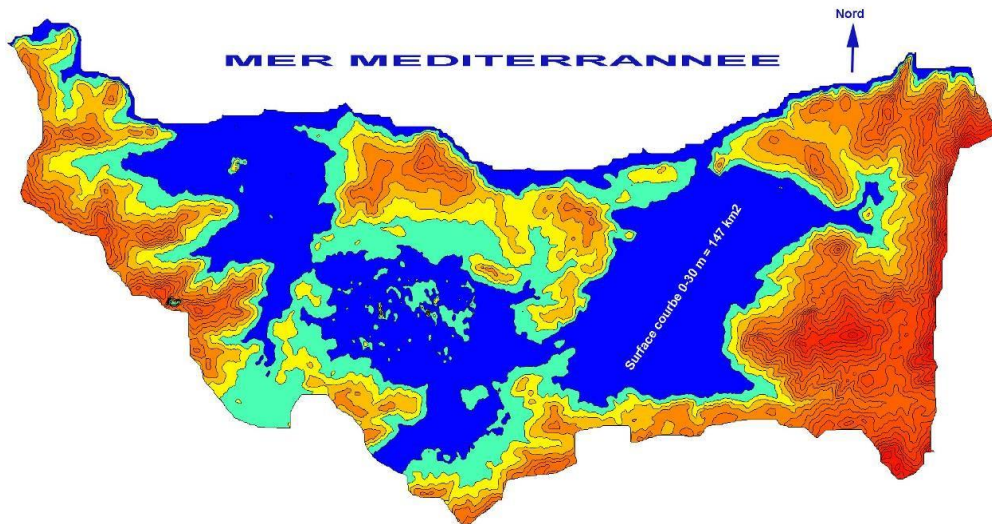


Figure 3. 41 : Bassin versant de la Calle (1)

3.5.2.2. Genèse des inondations

Le relief présente des pentes très faibles sur la quasi-totalité des parties Nord des bassins versants côtiers. Cette caractéristique physique favorise les écoulements torrentiels et la formation rapide des crues en amont des grands cours d'eau comme le Kébir (Est) et le Bounamoussa puis leur étalement en zones alluviales basses qui peut durer plusieurs jours avec une hauteur de 0,50m.

La nature géologique des sols joue un rôle dans le déhanchement d'une inondation. En effet la perméabilité des sols des aires inondables présente trois classes de perméabilité : des sols imperméables au nord-est du lac Oubeïra et de part et d'autre de l'oued El-Kébir-Est et de ses affluents et notamment à proximité du Lac des Oiseaux ; des sols peu ou moyennement perméables qui longent le Kébir et le Bounamoussa. Ces deux catégories de terrains favorisent la stagnation des eaux des précipitations. des sols perméables au nord et au sud-est du lac Oubeïra et dans le massif dunaire de Bouteldja. Dans ces secteurs, c'est en revanche, la remontée du niveau piézométrique qui est à l'origine de ces eaux stagnantes.

Une telle configuration du relief et de la lithologie a permis la mise en place d'un réseau hydrographique considéré comme dense à moyennement dense avec des valeurs de la Densité de drainage variant entre de 0,25 km/km² à 0,65 km/km²

A ces causes naturelles des inondations, il faut ajouter celles qui relèvent des activités humaines entre autres :

L'abandon des opérations d'entretien régulier du réseau de canalisation du Périmètre irrigué de la plaine Bounamoussa ainsi que les canalisations et les drains de la plaine d'El Tarf-Bouteldja.

La réalisation de voies de communication qui entravent l'écoulement naturel des eaux. L'obstruction des cours d'eau par des laissés de crue qui ne sont pas évacués.

3.5.2.3. Historique des crues ayant engendré des inondations importantes

Les services locaux de l'Hydraulique mais également les populations locales ont gardé en mémoire les inondations considérées comme les plus grandes soit par leur étendue, par leur durée ou encore par leurs effets et conséquences comme celles de 1984 qui ont provoqué l'isolement pendant plusieurs jours de toute la partie située à l'est d'Annaba

- **En octobre 1971**, les plaines d'Annaba et d'El Tarf ont été envahies par les eaux de crue comme plusieurs autres régions de l'est du pays. En **mars 1972**, la région a subi les mêmes effets mais à un degré moindre. En **février 1984**, où on a enregistré 120 mm pour les seuls deux jours de 28 et 29 à la station météo du barrage de la Cheffia, les oueds Bounamoussa et El kébir (Est) sont sortis de leur lit pendant une dizaine de jours ennoyant jusqu'à 1,5 m d'eau les terrains qui les bordent.
- **En décembre 84-janvier 85** où les régions d'El Tarf ont été également complètement inondées, on a enregistré 85 mm de pluie en 24h à Aïn El Assel. Ces mêmes inondations de l'oued Seybouse ont envahi la ville d'Annaba. En **novembre 1992**, on a observé une crue causée par 80 mm de pluie en 24h.
- **Crue de Janvier 2003** : De fortes précipitations (123.9 mm pendant 48 h) avec un débit de 1600 m³/s alors que le barrage de Cheffia (Bounamoussa) était déjà à son niveau maximum. Des lâchers d'eau ont été effectués pour sauvegarder le barrage, ce qui a amplifié les inondations en aval.
- **Crues de février et mars 2012** : La wilaya d'El Tarf a connu du 22 au 24 février 2012 des précipitations ininterrompues de l'ordre de 133,11 mm soit un total de 940 mm cumulé depuis novembre 2011. Cela représente une hausse de 30% comparé à la même période de l'année précédente soit 730 mm.

La fonte des neiges, particulièrement importantes l'hiver 2012 a considérablement contribué aux apports en eau des barrages de Bougous (oued Bougous), Mexa (Oued Kébir) et Cheffia (oued Bouamoussa). Des lâchers ont été effectués, ce qui a entraîné le déversement de volumes

importants dans les Oueds El Kebir, Bounamoussa et Seybouse, s'ajoutant ainsi aux effets de la crue. L'évacuateur de crue du barrage Mexa a dégagé 86 hm³ en 48h (du 22 au 23 Février 2012), celui de Bougous, 17 hm³ et celui de Cheffia 86 hm³.

3.5.3. Méthodologie :

La présente étude fait usage d'une variété de données provenant de diverses sources, notamment les données climatologiques, les informations topographiques du bassin, telles que le relief extrait de la carte topographique à l'échelle 1/10 000, les données géologiques relatives aux domaines litho-structuraux du bassin issu de la carte géologique, ainsi que les données relatives à la couverture du sol et celles dérivées du modèle numérique de terrain (MNT).

Afin d'identifier les zones à risque d'inondation dans la région d'El Tarf, une approche basée sur l'analyse multicritères a été employée (**figure 3.42**). Les paramètres pris en considération comprennent un ensemble de variables environnementales et naturelles qui sont effectivement susceptibles de contribuer aux inondations. Parmi ces paramètres, on compte l'intensité des précipitations, la composition lithologique, la configuration géologique, l'inclinaison topographique, la nature de l'occupation du sol, ainsi que la densité du réseau de drainage.

Une analyse de ces facteurs conduit à définir deux descripteurs de l'inondation : la vulnérabilité du terrain à l'inondation et l'aléa hydro-climatique. Pour déterminer la vulnérabilité de littoral de la wilaya d'El Tarf à l'inondation ; plusieurs cartes thématiques ont été préalablement établies. Il s'agit des cartes des pentes, de la densité de drainage, des aires d'influences et des principaux cours d'eau réalisées sur la base du MNT, et la carte géologique. La combinaison de ces différentes cartes dans l'outil Raster calculator sous Arc-Gis a permis d'élaborer la carte de vulnérabilité de littoral de la wilaya d'El Tarf à l'inondation.

La carte des aléas résulte de la combinaison de la distribution de l'intensité pluviométrique et de celle de l'occupation du sol.

Pour créer la carte des zones inondable, nous avons réalisé une fusion codifiée des cartes de vulnérabilité et des cartes d'aléas.

3.5.4. Résultats

3.5.4.1. Communes d'Echatt et Ben M'hidi :

Superficie de la zone inondable : 3675 ha

Altimétrie moyenne : de 1 à 61 m

Impacts et risques:

- Zones contigües du côté Est de Merdjat EL GUILT.
- Débordement des Oueds Bou Alallah et Namoussa (les affluents de l'oued Mefragh).
- Inondation des terres agricoles et des forêts claires.
- Inondation du chemin de wilaya CW109.
- Inondation des constructions proches (ACL Echatt, As Sidi Mbarek)

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

- Inondation de la zone d'extension touristique de Mafregh.
- Inondation de Mechtat El Meharab Ben Chdima.

3.5.4.2. Communes de Berrihane, Lacs des Oiseaux et Bouteldja:

Superficie : 7953 ha

Altimétrie moyenne : de 1 à 317 m

Impacts et risques :

- Zones contiguës du côté Est de Garaate El Mekada
- Débordement d'oued Kebir.
- Inondation des terres agricoles et des maquis.
- Inondation de la route nationale N44, des chemins de wilaya CW109 et CW118.
- Inondation des constructions proches (ACL El Mouissia, AS Sebaa et AS Righa) et les équipements.

3.5.4.3. Communes d'El Tarf, El Kala et Ain El Assel :

Superficie : 1835 ha

Altimétrie moyenne : de 5 à 308 m

Impacts et risques :

- Zones contiguës du côté Est du Lac Oubeira.
- Inondation des terres agricoles, des maquis et du matorral.
- Inondation de la route nationale RN44.
- Inondation des constructions proches (AS Ain khiar, AS El Frin et Mechtet Rokaba) et les équipements.

3.5.4.4. Commune de Souarekh:

Superficie : 793,8 ha

Altimétrie moyenne : de 10 à 338 m

Impacts et risques:

- Zones contiguës du côté Ouest du Lac Tonga.
- Débordement des oueds El Barita et Djaddi.
- Inondation des terres agricoles, des maquis et du matorral.
- Inondation de la route nationale RN44.
- Inondation de la zone d'extension touristique du côté Est de Mechtet Mouchtob.
- Inondation des constructions proches (AS Oum Teboul et Mechtet Mellouli) et les équipements.

Remarque

L'analyse spatiale de l'expansion urbaine dans la région étudiée a révélé la présence de regroupements de population dans les zones d'accumulation et d'évacuation des eaux de pluie excédentaires. Cela suggère que ces agglomérations ont été établies dans des zones sujettes aux inondations, malgré le caractère inondable de ces régions.

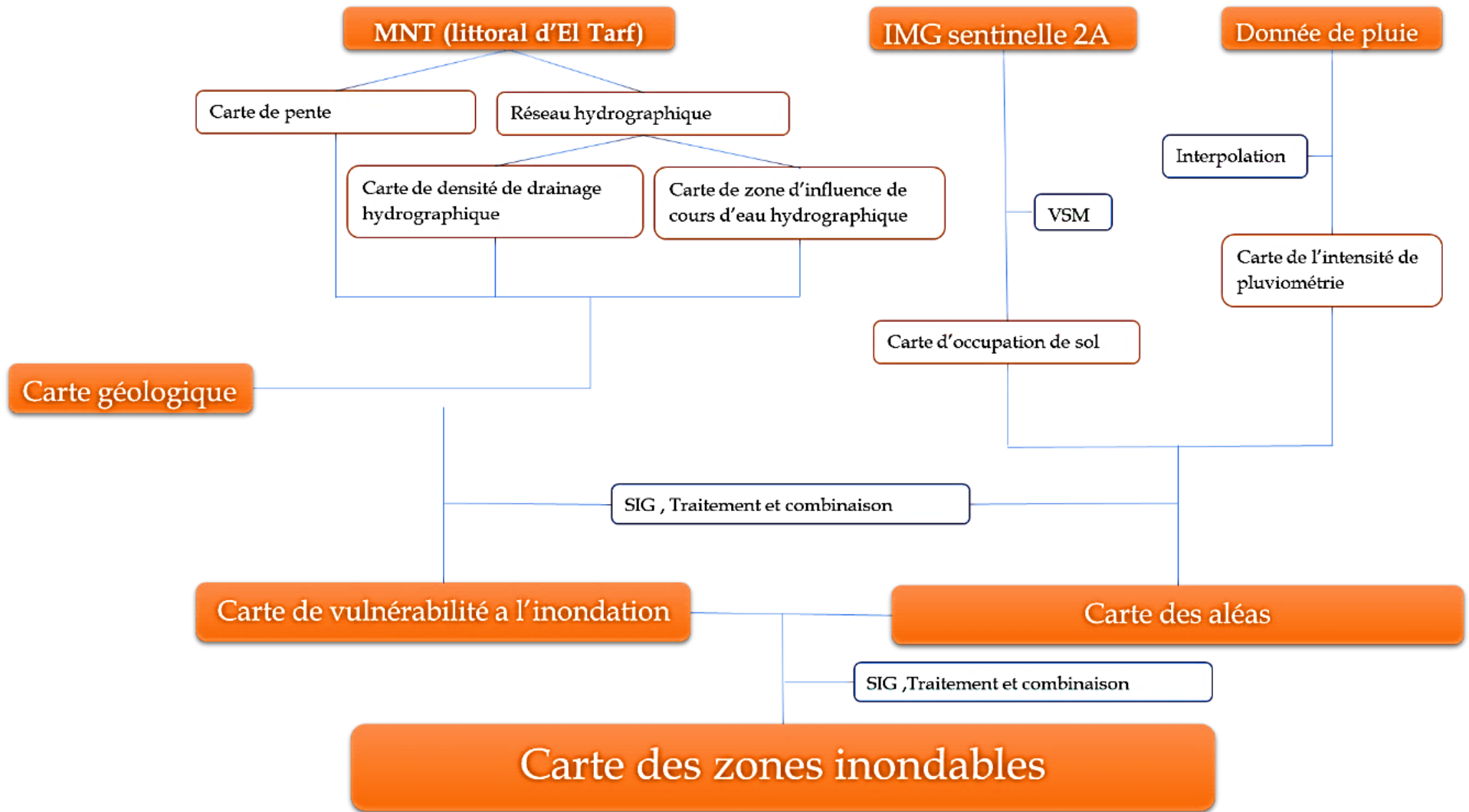


Figure 3. 42: Organigramme de réalisation de la carte des risques d'inondation.



Figure 3. 43: Carte des zones inondables.

3.5.4.5. Simulation des inondations sur les zones humides

A travers l'exploitation d'un Modèle Numérique de Terrain, nous allons montrer la fragilité de certaines régions aux inondations et particulièrement les régions voisines des grands lacs.

Lac el mellah

Le Lac El Mellah dans son état normal occupe la partie centrale de la figure suivante. Sa surface est de 9.2 km². Une élévation d'un mètre du plan d'eau, qui serait engendrée par une crue des oueds voisins, provoquera une inondation des surfaces voisines du lac. La surface du lac est étendue à 18.45 km². La surface gagnée par ces inondations est de 9.25 km², soit l'équivalent de la surface du lac. Sa répartition est montrée dans la figure suivante :

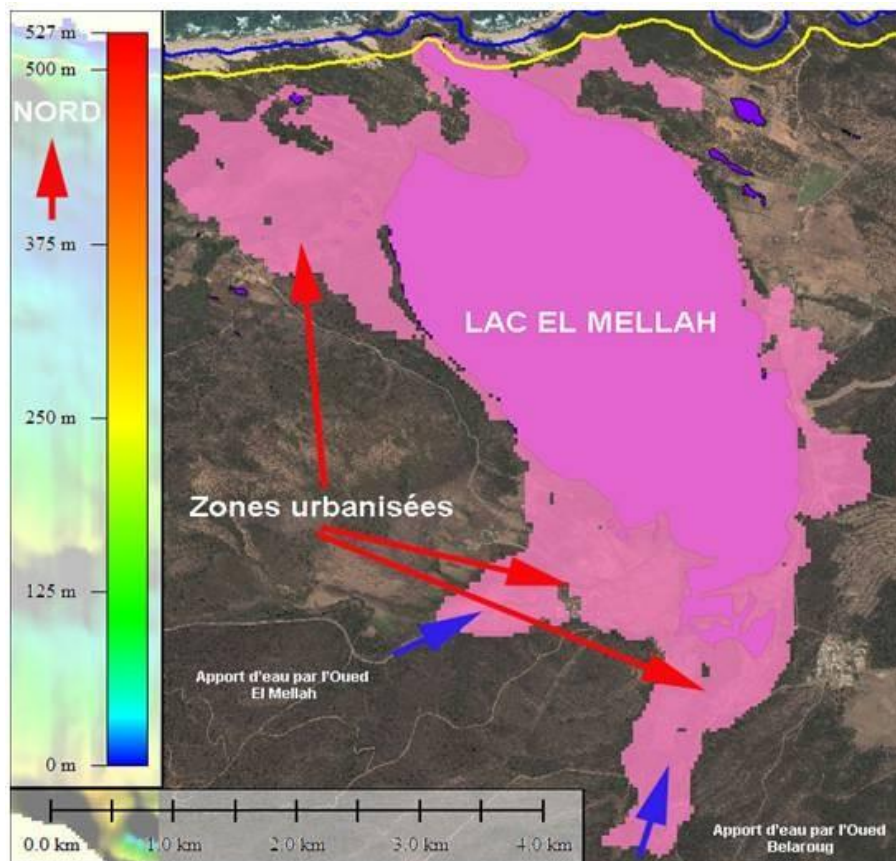


Figure 3. 44: Image montrant une simulation du débordement du lac El Mella

Lac Oubeira

Le lac d'Oubeïra a une surface de 23 km². Une élévation du niveau d'eau d'un mètre, qui serait engendrée par un important apport en eau (crue exceptionnelle) élargira la surface du plan d'eau pour atteindre 30.5 km², soit une surface plus grande de 32 %. Ce gain sera fait sur la partie Est du lac où se situent justement des zones urbaines. Les apports en eau se feront par les oueds Messida et

Bouhechicha au Sud, mais également par de nombreux apports latéraux situés sur la partie Nord et Nord Est.

La figure suivante montre l'étendu du lac Oubeira suite à son élargissement.



Figure 3. 45: Image montrant une simulation du débordement du lac OUBEIRA

Lac Tonga

La surface du lac Tonga est de 21 km². Une élévation du niveau d'eau de 1 mètre dans le lac suite à des crues exceptionnelles des oueds alimentant le lac, élargira le plan d'eau du lac à une surface de 35.8 km² soit un gain en surface de près de 60 %. L'élargissement du plan d'eau se fera principalement vers le Sud Est. Le plan d'eau atteindra des zones urbanisées vers le Sud La figure suivante montre une nouvelle configuration du lac Tonga :

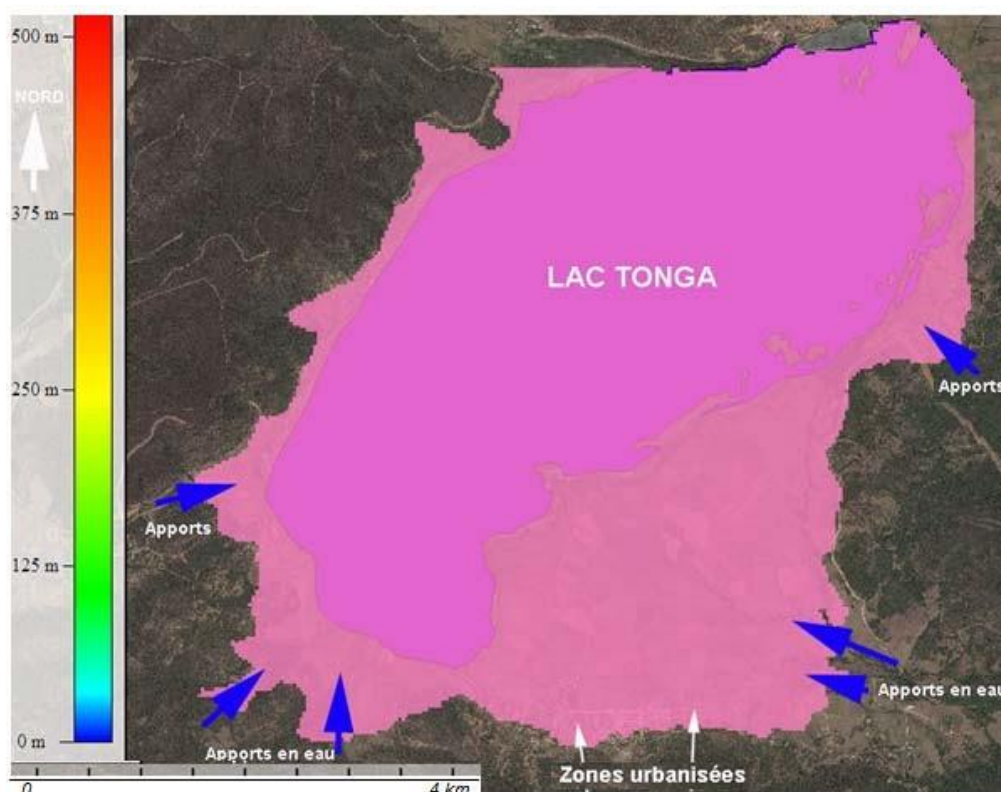


Figure 3. 46 : Lac Tonga : Simulation d'une élévation du niveau d'eau

Les plans d'eau de la zone de l'oued mafragh

La zone avale de l'oued Mafragh est une zone de très basse altitude. De nombreux plans d'eau sont pérennes en période normale. En période de crues, ces plans d'eau débordent sur les périphéries et envahissent des zones urbanisées.

La carte suivante situe la plupart des plans d'eau pérennes en période normale.

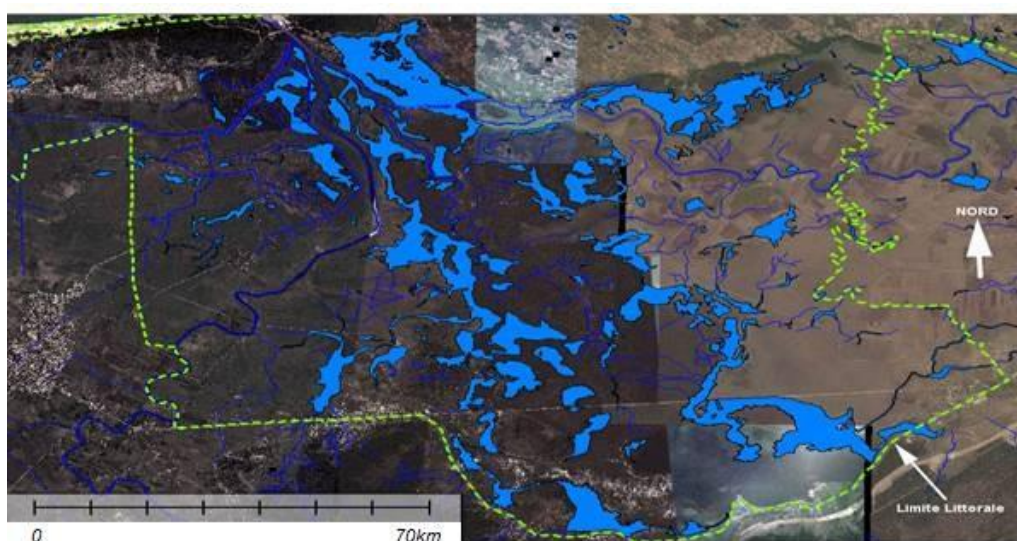


Figure 3. 47 : Carte de situation des plans d'eau de la zone amont de l'Oued Mafragh

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

Nous avons fait figurer sur la carte la limite du littoral. Elle contourne une grande zone de marécages avec des plans d'eau pérennes sur toute l'année. L'élévation du niveau d'eau, résultat des crues des oueds Bounamoussa et El Kébir, fait déborder les deux oueds. Une élévation du niveau d'eau d'un demi-mètre a pour conséquence une importante inondation qui s'étend sur de grandes surfaces.

Nous allons montrer les résultats de simulation de débordement des deux oueds principaux aux endroits les plus sensibles. La figure suivante montre une simulation d'une élévation d'un demi-mètre du niveau d'eau de l'Oued El Kébir.



Figure 3. 48 : Simulation d'un débordement de l'Oued El Kébir à l'amont de la Mafragh.

Un autre exemple de simulation du débordement de l'oued Kébir à l'amont de la confluence avec l'oued Bounamoussa, sur la commune de Berrihane. Une élévation de 50 cm seulement du niveau d'eau multipliera par trois la surface du plan d'eau initial, ce qui provoquera l'occupation des plaines avoisinantes.

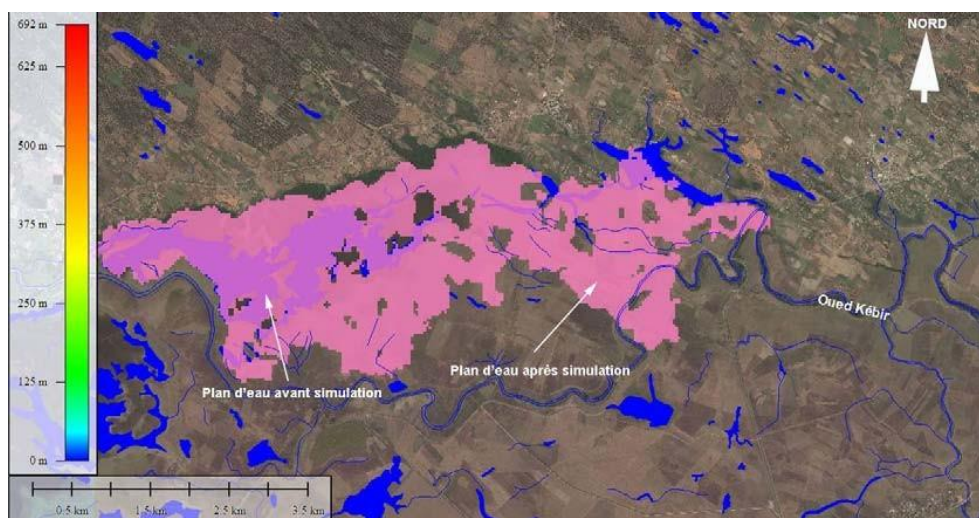


Figure 3. 49: Simulation d'un débordement de l'oued Kébir à l'amont de la confluence

3.5.5. Conclusion sur les inondations

Les inondations dans la wilaya d'El Tarf sont un phénomène récurrent qui a des conséquences dévastatrices pour les habitants, l'environnement et l'économie de la région. L'une des conclusions les plus marquantes de notre étude est que l'homme joue un rôle déterminant dans l'aggravation de ce problème.

L'urbanisation non planifiée et la croissance démographique rapide ont conduit à une expansion considérable des zones résidentielles et industrielles dans la wilaya d'El Tarf. Cette urbanisation incontrôlée a eu pour conséquence la transformation de vastes étendues de terres en surfaces imperméables, telles que les routes, les parkings, les bâtiments et les infrastructures. L'eau de pluie, autrefois absorbée par le sol, est désormais rapidement acheminée vers les cours d'eau, augmentant ainsi le volume d'eau qui peut potentiellement provoquer des inondations.

La déforestation et la destruction des zones humides ont également joué un rôle majeur dans l'aggravation des inondations. Les arbres et les zones humides jouent un rôle décisif dans l'absorption de l'excès d'eau de pluie et dans la régulation des débits des rivières. Leur disparition a entraîné une augmentation des ruissellements et une augmentation de la vitesse à laquelle l'eau atteint les zones habitées.

De plus, la mauvaise gestion des déchets et la pollution des cours d'eau ont réduit la capacité des systèmes naturels à traiter l'eau de manière efficace. Les débris et les obstructions dans les rivières et les canaux ont entravé la circulation de l'eau, provoquant des embâcles et des débordements lors des fortes pluies.

Enfin, il est important de souligner que les activités de construction, souvent effectuées sans prendre en compte les normes de gestion des eaux pluviales, ont aggravé le problème. Les canalisations inadéquates et les systèmes de drainage insuffisants ont contribué à l'accumulation d'eau dans les zones à risque.

En conclusion, notre étude met en évidence que l'action de l'homme joue un rôle capital dans la gravité des inondations dans la wilaya d'El Tarf. L'urbanisation non planifiée, la déforestation, la pollution et la mauvaise gestion des ressources en eau sont autant de facteurs humains qui ont contribué à l'aggravation de ce problème. Pour réduire les risques d'inondation dans la région, il est impératif de mettre en œuvre des politiques de développement durables, de promouvoir la conservation de l'environnement et de moderniser les infrastructures de gestion des eaux pluviales. Il est donc essentiel de prendre plusieurs mesures pour atténuer ces risques d'inondation :

- Entretien régulier du réseau de canalisation du périmètre irrigué de la plaine de Bounamoussa, ainsi que des canalisations et des drains de la plaine d'El Tarf-Bouteldja. Cela contribuera à faciliter le drainage des eaux en cas de fortes pluies.
- Réévaluation et aménagements des voies de communication pour éviter tout obstacle à l'écoulement naturel des eaux. Cela garantira une meilleure gestion des eaux pluviales.

- Assainissement des laisses de crue afin d'assurer une évacuation plus efficace des eaux le long des cours d'eau. Cette mesure est cruciale pour prévenir les inondations.
- Surélévation contrôlée des berges des oueds pour contenir les inondations des zones environnantes. Cependant, il est important de prendre en compte l'impact sur les zones humides. Les inondations jouent un rôle essentiel dans l'alimentation en eau des zones humides, ce qui favorise leur existence. Des aménagements doivent être conçus de manière à préserver cet aspect positif des inondations pour la durabilité des zones humides.

En somme, la gestion des inondations dans la région d'El Tarf doit être réfléchie avec précaution, en équilibrant la protection des habitants et des infrastructures avec la préservation des écosystèmes fragiles tels que les zones humides. Une approche équilibrée et durable est nécessaire pour assurer la sécurité tout en maintenant l'intégrité environnementale de la région.

3.6. Le problème des déchets

3.6.1. Introduction

La gestion des déchets est l'ensemble des actions nécessaires pour gérer les déchets depuis leur production jusqu'à leur élimination finale. Elle comprend la collecte, le transport, le traitement, la réutilisation ou l'élimination des déchets, habituellement ceux issus des activités humaines. L'objectif de la gestion des déchets est de réduire leurs effets sur la santé humaine et environnementale et le cadre de vie. Il existe plusieurs méthodes pour gérer les déchets, notamment la prévention de la création de déchets, également connue sous le nom de réduction des déchets. Il est également possible d'extraire des matières premières à partir des déchets, de les recycler, de les composter ou de les méthaniser. La gestion des déchets en Algérie est considérée comme une action prioritaire du ministère chargé de l'environnement depuis plusieurs décennies. Cependant, la gestion actuelle des déchets en Algérie est confrontée à de nombreux défis et obstacles qui se répercutent négativement sur les citoyens algériens, l'économie et l'environnement du pays. La production de déchets ne cesse d'augmenter en Algérie suite à l'augmentation de la population et à la croissance économique. Si aucune politique de prévention n'est mise en œuvre, les quantités de déchets pourraient dépasser les 30 millions de tonnes en 2025 (**AND**).

La Stratégie Nationale de la Gestion Intégrée des Déchets à l'horizon 2035 est un projet du Ministère de l'Environnement et des Energies Renouvelables co-financé par l'Union Européenne qui permettra à l'Algérie de développer une meilleure gestion intégrée des déchets afin de contribuer au développement de l'économie verte et circulaire et de réduire la pollution environnementale (**MEER**). La loi 01-19 du 12 décembre 2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets traite des aspects inhérents à la prise en charge des déchets. Les principes sont : la prévention et la réduction de la production et de la nocivité des déchets à la source ; l'organisation du tri, de la collecte, du transport et du traitement des déchets ; la valorisation des déchets par leur réemploi et leur recyclage ; le traitement écologiquement rationnel des déchets ; l'information et la sensibilisation des citoyens sur les risques présentés par les déchets et leurs impacts sur la santé et l'environnement (**SNE**).

Le Programme national de gestion des déchets solides municipaux (**PROGDEM**) est une démarche pragmatique pour améliorer la gestion des déchets ménagers. Il vise à éradiquer les pratiques de décharges sauvages, à organiser la collecte, le transport et l'élimination des déchets solides municipaux dans des conditions garantissant la protection de l'environnement et la préservation de l'hygiène du milieu par notamment la réalisation, l'aménagement et l'équipement de centres d'enfouissement technique (**CET**) dans l'ensemble des wilayas.

Le Plan national de gestion des déchets spéciaux (**PNAGDES**) est un outil de gestion, de planification et d'aide à la décision qui permettra à l'Algérie de développer une meilleure gestion intégrée des déchets spéciaux. Le PNAGDES est établi pour une période de dix années. Il est révisé chaque fois que les circonstances l'exigent, sur proposition du Ministre chargé de l'environnement ou à la demande de la majorité des membres de la commission chargée de son élaboration.

3.6.1.1. Définition et typologie des déchets

Est considéré comme déchet, tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau, produit ou plus généralement tout bien meuble abandonné ou que son détenteur destine à l'abandon.

Les déchets sont des résidus de l'emploi de matières solides qui peuvent être putrescibles ou non putrescibles.

Les déchets solides sont des matières solides résultant des activités humaines et animales qui sont indésirables ou dangereuses.

3.6.1.2. Les différents types de déchets

3.6.1.2.1. Les déchets inertes

La notion de déchets inertes concerne tout déchet non réactif et ne subissant pas de modification physico-chimique ou biologique. Ceux sont majoritairement des déchets minéraux ou assimilables au substrat naturel, non pollués provenant des chantiers du BTP.

La définition donnée par la directive européenne **1999/31/CE du 26 avril 1999**, relative à la mise en décharge, Elle définit un déchet inerte comme suit :

« S'il ne subit aucune modification physique, chimique ou biologique importante. Les déchets inertes ne se décomposent pas, ne brûlent pas et ne produisent aucune réaction physique ou chimique, ne sont pas biodégradables et ne détériorent pas d'autres matières avec lesquelles ils entrent en contact, d'une manière susceptible d'entraîner une pollution de l'environnement ou de nuire à la santé humaine. La production totale de lixiviats et la teneur des déchets en polluants ainsi que l'écotoxicité des lixiviats doivent être négligeables et, en particulier, ne doivent pas porter atteinte à la qualité des eaux de surface et/ou des eaux souterraines ».

On peut citer à titre d'exemple les déchets inertes suivants :

- les bétons
- les tuiles et les céramiques
- les briques

- les déchets de verres
- les terres et granulats non pollués et sans mélange
- es enrobés bitumineux, sans goudron.

3.6.1.2.2. Les déchets banals

Déchets constitués de papiers, plastique, cartons, bois produit par des activités industrielles ou commerciales et ordures ménagères.

Les déchets spéciaux

Déchets contenant des éléments polluants issus spécifiquement de l'activité industrielle (boues de peintures ou d'hydroxyde métallique, cendre d'incinération, phosphogypse ... etc.).

3.6.1.2.3. Les déchets dangereux

Issus de la famille des déchets dangereux, ils contiennent des quantités plus importantes et présentent de ce fait beaucoup plus de risque pour le milieu naturel (poussières d'aciéries, rejets organiques complexes, bain de traitements surface contenant du chrome, cyanure ou une forte acidité, les matériaux souillés par les PCB, déchets de CFC et mercuriels

Selon cette typologie de classification et en se basant sur la source et origine des déchets solides, deux grands types de déchets ont été pris en considération. Les déchets urbains et les déchets industriels.

3.6.1.2.4. Les déchets urbains comprennent.

1. les ordures ménagères
2. les déchets inertes

3.6.1.2.5. Les déchets industriels

1. les déchets provenant des industries agricoles et alimentaires
2. les déchets radioactifs

Les déchets ménagers sont définis comme un ensemble de résidus hétérogènes dans lequel on trouve :

- Les détritiques de toute nature générés par les ménages (déchets de nourriture, papier, déchets de bureaux, de commerce, administrations
- Les crottins de fumier, de feuilles mortes, bois résidu de balayage de la voirie, jardins, parcs, cimetières,
- Les détritiques de foires, halles, et marchés
- Les résidus des collectivités (cantines, écoles, casernes, hospices prisons ... etc.)

Cette énumération exclue :

- Les déblais, gravats, décombres et débris de chantiers de travaux publics et de constructions ;
- Les déchets industriels et commerciaux
- Les déchets anatomiques et infectieux des hôpitaux et abattoirs, ainsi que les pansements, les médicaments et seringues,
- Et également tous les objets qui en raison de leur encombrement, poids nature, ne pourraient être chargés dans les véhicules de collecte.

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

La définition des ordures ménagères est en liaison avec le fait qu'elles sont rassemblées, que leur encombrement ne doit pas excéder une certaine limite et qu'ils doivent être stockables dans des récipients appropriés.

3.6.2. Problématiques des déchets

Les problématiques des déchets et des décharges résident dans leurs conditions de collecte, d'entreposage et de traitement. Ils présentent des risques sévères et importants dans certaines conditions :

- leur dangerosité sur la santé humaine due aux émanations de gaz et de fumée lors des incendies des décharges se situant à proximité des établissements humains ;
- La pollution des ressources biologiques, nappes phréatiques, sols, faune et flore par les infiltrations et la propagation des lixiviats des décharges lors de l'entreposage.
- Et ils rendent le paysage hideux et insalubre.

3.6.2.1. Les déchets solides ménagers dans la wilaya côtière d'El Tarf

3.6.2.2. Estimation du gisement de déchets solides urbains au niveau des communes côtières

Sur la base d'un ratio moyen de **0,7 kg/hab/j**, la génération des déchets des communes du littoral est estimée à près de **102 tonnes/jour**.

Tableau 3. 21: Estimation du tonnage de déchets solides urbains des communes côtières

COMMUNE	2020	
	Population	TONNAGE ANNUEL DE DECHETS
ECHATT	41 523	10 610
BENI MHIDI	39 804	10 170
BERRIHANE	11 479	2933
EL KALA	33 926	8668
SOUAREKH	9718	2483
TOTAL	136450	34864

3.6.2.3. Composition des ordures ménagères

Les mesures de ces paramètres des déchets ont été effectuées par le **Bureau d'étude qui a réalisé l'étude des schémas directeurs de gestion des déchets par commune.**

Tableau 3. 22: Les principales matières des ordures ménagères en pourcentage de poids

	Densité	Matière putrescible	Papier carton	/ Métaux	Plastique
Souarekh	398	72.25	3.43	0.93	5.25
El Kala	293.65	72.22	12.52	0.7	8.23
Berihanne	396.25	70.75	4.38	0.24	6.33

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

Ben Mhidi	298.75	69.125	11.77	2.42	7.86
Echatt	404.25	69.75	3.6	1.78	6.15

Source PAC El Tarf

La composition des déchets ménagers est identique pour l'ensemble des communes de la wilaya d'El Tarf. Les matières fraîches, sèches et putrescibles prédominent à **80%** dans la composition des déchets ménagers. Les plastiques, le papier et carton représentent **10 à 15%**. Le verre et les métaux sont de faibles proportions.

En matière d'humidité, nous constatons une moyenne de l'ordre de **60 %**. Les valeurs enregistrées en matière de teneur en eau des ordures ménagères permettent une appréciation des possibilités de compostage des déchets puisqu'il est recommandé un taux d'humidité variant entre **45 et 70 %** en moyenne pour envisager un compostage.

Le paramètre le plus important est le pourcentage en matière putrescible. Le taux de concentration moyen est de **75%**. Les fluctuations du taux matière putrescible au niveau des déchets solides urbains des communes de la wilaya sont faibles. Les déchets solides urbains du groupement de communes, sont riches en matière organique et donc aptes au compostage sous réserve de remplir les autres conditions.

Le taux moyen d'humidité des déchets (**62.83 %**) exclue toute possibilité d'incinération des déchets ménagers d'El Kala, puisqu'il sera indispensable de procéder d'abord à une déshydratation de ces déchets ce qui n'est pas sans risque l'environnement (odeurs nauséabondes, infiltration des lixiviations) et qui contribuera à augmenter les coûts de traitement.

En matière de densité des déchets, La valeur moyenne est de **290 kg/m³** ces résultats semblent relativement supérieurs aux normes.

Si le niveau de collecte des déchets ménagers est appréciable, par contre leurs traitements par compostage ou autre est pratiquement nul. Les déchets ménagers sont acheminés vers les décharges ou l'entreposage est sauvage.

Tableau 3. 23: Les principales décharges sauvages identifiées sur les Communes littorales

Commune	Les décharges	Cordonne	Morphologie de site
Souarekh	2 sites de décharges sauvage	X ₁ : 8.575528° Y ₁ : 36.867370	Forêt dense de montage
		X ₂ : 8.558605° Y ₂ : 36.898082°	Cordon dunaire
El kala	2 sites de décharges sauvage	X ₁ : 8.435166° Y ₁ : 36.812115°	Proximité de l'autoroute Est Ouest
		X ₂ : 8.465547° Y ₂ : 36.879303°	Forêt dense (PNEK)
berihane	1 site de décharges sauvage	X ₁ : 8.073054° Y ₁ : 36.864158°	Forêt dense de montage

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

Echatt	2 sites de décharges sauvage	X ₁ :7.826155° , Y ₁ :36.843871°	Dune littorale
		Y ₂ :36.838343° X ₂ :7.875324°	

Les décharges sauvages non contrôlées dans la wilaya d'El Tarf présentent une problématique de par la composition des déchets. On trouve au niveau de ces décharges tous les types de déchets (ordures ménagères, les déchets hospitaliers, les déchets inertes de gravats et de construction).

D'autre part leur localisation n'obéit à aucune règle de protection de l'environnement. Ils sont situés dans des endroits très sensibles à la biodiversité.

3.6.2.4. Les déchets industriels

La Wilaya d'El Tarf ne compte pour tout tissu industriel, que trois entreprises publiques et vingt entreprises privées.

Les trois sociétés publiques qui s'y trouvent sont spécialisées dans la menuiserie, dans la fabrication de bonbonnes de gaz butane et les appareillages pour handicapés.

De leur côté, les entreprises privées sont orientées vers les domaines des produits pharmaceutiques, de la maroquinerie, de l'agroalimentaire, des boissons gazeuses et de l'électronique.

Les communes les plus représentatives de l'activité industrielle sont El Tarf, Ben M'Hidi, Drean, Besbes, Chebaita Mokhtar et Echatt.

3.6.2.5. Destination finale des déchets ménagers et assimilés des communes côtières

La destination finale des déchets solides urbains des communes du littoral se fait vers des installations de traitement ou vers des décharges non contrôlées

Tableau 3. 24: Destination finale des déchets solides urbains des communes côtières.

Commune	Décharge	Observation
Echatt	Décharge contrôlée de Drean	Site saturé
Ben m'hidi		
Berrihane	Un site de décharge sauvage Ghomd Erros	Matorral de montagne
El Kala	CET inter-communal De R'mel souk	En exploitation
Souarekh		

Source : DEW

3.6.3. Conclusion

Les enjeux fondamentaux liés à la gestion des déchets solides des ordures ménagères résident dans leur localisation et les conditions de stockage prévalant dans les décharges sauvages non

réglementées. L'action principale qui incombe aux autorités publiques, une fois ces décharges éradiquées, est la décontamination de ces sites.

Le plan opérationnel consiste en l'éradication et la décontamination systématique de toutes les décharges sauvages identifiées. Une priorité absolue réside dans le début de ce processus par celles localisées dans les communes d'EChatt, situées en proximité des côtes sur des cordons dunaires. De plus, il est impératif de traiter en priorité la décharge près du lac des oiseaux, qui abrite une biodiversité significative, ainsi que celle de Souarekh, située au sein d'une masse forestière à haute valeur sylvicole.

L'alternative à ces déversements consiste à établir des centres d'enfouissement technique, qui représentent actuellement la méthode de stockage des déchets la plus conforme aux enjeux environnementaux. Cependant, il est impératif d'effectuer une analyse approfondie lors de la sélection des emplacements pour ces centres. Cette analyse devrait englober des aspects tels que la géologie, l'hydrogéologie, l'hydrologie, et d'autres considérations pertinentes.

3.6.4. Analyse de l'adéquation d'un site de décharge de déchets solides à l'aide d'un système d'information géographique (SIG) et de télédétection.

Pour répondre au défi complexe du choix de l'emplacement optimal pour l'établissement d'un centre d'enfouissement technique, l'adoption récente de technologies essentielles telles que les Systèmes d'Information Géographique (SIG) et la télédétection s'avère primordiale. L'utilisation conjointe du SIG et de la télédétection permet de sélectionner avec précision le site le plus approprié pour la gestion des déchets. Ce processus exige la prise en compte et l'intégration de multiples facteurs au sein d'un même système, garantissant ainsi une analyse approfondie.

L'identification des sites optimaux en vue d'établir un centre d'enfouissement technique, à l'aide des technologies SIG et de la télédétection, exige une évaluation approfondie de divers paramètres notamment **les cours d'eau en surface, les caractéristiques des sols, les dénivelés topographiques, les zones habitées, les zones protégées**, ainsi que **les réseaux routiers**.

La télédétection peut fournir des informations sur les différents critères spatiaux tels que l'utilisation des terres/la couverture terrestre, la densité de drainage, la pente, etc. (Emun, 2010), tandis que le SIG a aidé à utiliser et à créer la géodatabase numérique en tant que processus de regroupement spatial et moyen facile à comprendre pour processus de sélection d'un site de décharge. Dans l'évaluation multicritère, de nombreuses couches de données doivent être traitées par SIG et télédétection afin d'arriver au site approprié, ce qui peut être réalisé de manière conventionnelle en utilisant le SIG. Par conséquent, l'étude visait à fournir les endroits appropriés utile pour réaliser d'un site de décharge en utilisant des techniques de SIG et de télédétection

3.6.4.1. Méthodologie

L'étude s'est appuyée sur des données à la fois primaires et secondaires. Les données primaires ont été acquises grâce à des enquêtes sur le terrain et des observations directes. Les données secondaires, quant à elles, ont été recueillies à partir de sources en ligne, de rapports, de publications scientifiques, de documents officiels gouvernementaux et d'autres références documentaires.

Les éléments essentiels utilisés dans cette recherche incluent les images Sentinel-2A de la wilaya d'El Tarf, caractérisées par une résolution spatiale de 10 mètres, ainsi que la carte topographique. Pour améliorer la qualité de l'analyse d'image, des étapes de prétraitement ont été mises en œuvre. Ces étapes incluent des processus tels que la calibration radiométrique, la restauration d'image et la correction géométrique.

L'étude a mis en œuvre une approche d'analyse spatiale multicritère pour identifier le site optimal en matière de gestion des déchets. Les méthodes d'analyse spatiale multicritère offrent l'avantage de rationaliser le processus de sélection du site en restreignant les options possibles selon des critères prédéfinis, tout en permettant une évaluation de la sensibilité des résultats obtenus par ces procédures (**Higgs, 2006**).

La cartographie pour la sélection des sites d'élimination des déchets solides a été réalisée au moyen d'une évaluation multicritère, en générant des couches d'information afin de créer une carte de sortie ou un indice d'évaluation consolidé (**Wiley & Sons, 2009**). Pour attribuer des poids aux différents facteurs, une série de comparaisons par paires a été réalisée, visant à évaluer l'importance relative des caractéristiques pour la pertinence des emplacements. La méthodologie de développement des poids suit la logique formulée par (**SAATY, 1980**) dans le contexte du processus d'Analytic Hierarchy Process (AHP), une méthode employée pour évaluer l'importance relative des critères dans une prise de décision donnée avons choisi la méthode AHP développée par (**SAATY, 1980**). La méthode avait fait ses preuves et était utilisée avec succès dans plusieurs domaines (**Ho, 2008; Ho & Ma, 2018; Vaidya & Kumar, 2006; Zabihi et al., 2020**).

La méthode AHP permet de décomposer un problème de décision complexe en différents niveaux hiérarchiques, et de calculer les poids de priorité relatifs pour les critères et sous-critères. La méthode est structurée en six étapes, qui consistent à définir l'objectif de décision, les critères et les alternatives, à évaluer les critères par des comparaisons par paires, à calculer les poids de priorité relatifs, à vérifier la cohérence des jugements, à agréger les poids de priorité relatifs et à effectuer une analyse de sensibilité

Les classifications ont été appliquées à différentes couches et les valeurs ont été attribuées en fonction du degré d'adéquation, allant de la plus appropriée à la moins appropriée. La reclassification des couches a été évaluée selon une échelle de notation de 1 à 4, où 1 correspondait à "inadapté", 2 à "moins approprié", 3 à "modérément approprié" et 4 à

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

"hautement approprié". Cette évaluation a été basée sur le calcul de distances respectives. Les critères ont été définis en se basant sur diverses sources de la littérature comme précisé précédemment.

Ensuite, une évaluation comparative par paire des critères a été exécutée, et les résultats ont été consignés dans une matrice de comparaison. Cette matrice a été remplie avec des valeurs allant de 1 à 9, ainsi que des fractions allant de 1/9 à 1/2, pour exprimer l'importance relative d'un facteur par rapport à un autre dans chaque paire de comparaison. La cohérence des valeurs dans la matrice est cruciale, ce qui signifie que si x est comparé à y avec une valeur de 5 (forte importance), alors la comparaison de y à x devrait avoir une valeur de 1/5 (faible importance). Une comparaison avec soi-même est notée 1 (importance égale).

Tableau 3. 25: Échelle proposée par SAATY (1984)

DEGRES D'IMPORTANCE	DEFINITION	EXPLICATION
1	Importance égale	Deux caractéristiques contribuent de la même façon
2	Faible/léger	
3	Importance modérée	L'expérience et l'appréciation personnelles favorisent Légèrement une caractéristique par rapport à une autre.
4	Modéré Plus	
5	Importance forte	L'expérience et l'appréciation favorisent fortement une caractéristique par rapport à une autre.
6	Forte plus	
7	Importance très forte ou attestée	Une caractéristique est fortement favorisée et sa dominance est attestée dans la pratique.
8	Très, très fort	
9	Importance absolue	Les preuves favorisant une caractéristique par rapport à une autre est aussi convaincantes que possible.

Les poids ont été calculés pour chaque colonne en les additionnant, puis chaque élément de la matrice a été divisé par la somme de sa colonne respective. Par la suite, une moyenne des éléments de chaque ligne de la matrice normalisée a été calculée. Pour garantir la cohérence des comparaisons réalisées par les décideurs, le taux de cohérence (CR) a été calculé. Une règle générale établit qu'un CR inférieur ou égal à 0,10 indique une matrice de comparaison acceptable, tandis qu'un CR supérieur à 0,10 indique une incohérence non acceptable.

$$A = [r_{ij}] = \begin{bmatrix} 1 & r_{12} & \dots & r_{1j} \\ 1/r_{12} & 1 & \dots & r_{2j} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1/r_{1j} & 1/r_{2j} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Figure 3. 50: Schéma de comparaison par paire au sein de l'AHP (SAATY 1984)

Les poids obtenus grâce à cette méthode sont interprétés comme la moyenne de tous les poids possibles, assurant ainsi une représentation équilibrée des différents critères.

Tableau 3. 26: Matrice de comparaison de poids

	Les dénivelés topographiques,	Les zones habitées	Réseaux routiers	Occupation de sol	Zones protégées	Les cours d'eau	Poids en %
Les dénivelés topographiques,	1	2	2	4	8	9	36,17%
Les zones habitées	0,5	1	2	4	8	9	28,64%
Réseaux routiers	0,5	0,5	1	2	5	7	17,89%
Occupation de sol	0,25	0,25	0,5	1	4	5	10,64%
Zones protégées	0,125	0,125	0,2	0,25	1	2	3,93%
Les cours d'eau	0,111	0,111	0,143	0,2	0,5	1	2,73%

3.6.4.2. Vérification de la cohérence

La notion de cohérence dans la comparaison par paires de SAATY (1980) est basée sur le respect de la transitivité de notre jugement. Ainsi l'indice de cohérence exprimé par la formule mathématique (1) mesure la fiabilité de la comparaison exprimée à des jugements cohérents. Plus l'indice de cohérence ne devient grand et plus les jugements qui ont été exprimés dans la matrice de comparaison seraient incohérents et vice versa.

$$IC = \frac{(\lambda_{max} - N)}{(N-1)} \quad \text{..... (13)}$$

Avec N : est le nombre des éléments comparés et λ_{max} , une valeur calculée sur la base de la moyenne des valeurs de matrice de SAATY des vecteurs propres. De plus l'expérimentation établie par SAATY (1990) a permis de définir le Ratio de Cohérence (RC) comme étant le rapport de l'indice de cohérence calculé sur la matrice correspondant aux jugements des acteurs et de l'Indice Aléatoire (IA) d'une matrice de même dimension présenté dans le **tableau 3.27**. Le ratio de cohérence calculé par la formule mathématique ci-dessous (2) mesure la cohérence

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

logique des jugements des experts. Il permet d'évaluer la cohérence des jugements par la méthode de comparaison par paires. Il renseigne sur la cohérence en termes d'importances ordinale et cardinale des critères à comparer.

$$RC = \frac{IC}{IA} \dots\dots\dots (14)$$

Où IA : est l'indice aléatoire fixé en fonction du nombre de critères inscrit dans le **tableau 3.27** Selon SAATY, si RC est supérieur à 0.1, il y a une incohérence dans les comparaisons par paires et alors, la matrice issue des comparaisons devra être réévaluée.

La comparaison par paires des critères appliquée pour notre cas d'étude, ainsi que les calculs relatifs aux différents paramètres ont donné les résultats suivants : $\lambda_{max} = 6,171$, indice de cohérence **IC = 0,034**, indice aléatoire **IA = 1,24** ; ratio de cohérence **RC = 0,028 < 0,1**. Le ratio de cohérence étant inférieur à 0.1 ce qui nous permet d'affirmer que les jugements d'appréciation des critères ont été cohérents.

Tableau 3. 27: Indice aléatoire en fonction du nombre de critères

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
IA	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.54

3.6.4.3. Agrégation des critères

Cette étape implique l'intégration de toutes les données dans le cadre mathématique de la méthode AHP, afin d'obtenir une valeur unique qui résulte de l'intégration des poids attribués à chaque critère et de la combinaison de ces critères en un indicateur par le biais d'une somme pondérée.

Une fois que les couches d'information relatives aux critères d'évaluation ont été établies et que des coefficients de pondération leur ont été attribués, il devient aisé de les fusionner pour synthétiser une décision globale sur les zones optimales pour l'implantation d'un Centre d'Enfouissement Technique (CET). Cette opération est appelée analyse multicritères ou agrégation des critères. La technique la plus courante et reconnue de cette approche est la combinaison linéaire pondérée, également appelée somme pondérée, qui intègre de manière exhaustive tous les critères considérés en un seul (**Saaty, 1977**). Cette méthode implique la multiplication de chaque couche de facteurs par son coefficient de pondération respectif, suivie de l'addition de ces résultats pour générer un indice d'aptitude pour chaque site. Cet indice est évalué sur une échelle de 1 à 4, identique à celle des facteurs, et la somme des poids est normalisée à 1.une fois les couches facteurs de décision évaluées, nous les avons par la suite associées par une combinaison linéaire pondérée afin de créer un indice d'aptitude illustré par l'équation (..) (**YOON et HWANG, 1995**).

$$V_i = \sum_{j=1}^9 a_{ij} * w_j \text{ pour } i=1,2,\dots, 6$$

$$a_{ij} = \frac{a_i}{a_j} \dots\dots\dots(15)$$

Avec :

- a_i et a_j sont les coefficients de pondération évaluant l'importance relative des critères,
- w_j : le poids de chaque critère ;
- V_i : indice de synthèse.

3.6.4.4. Résultat

3.6.4.4.1. Adéquation de la pente

Cette étude a considéré que la pente inférieure était plus adaptée que les terrains à pente plus élevée. Différentes recherches montrent que les zones à forte pente présentent un risque élevé de pollution et ne constituent potentiellement pas un bon site de déversement. La majorité de la zone d'étude relève de la classe de pente de **0 à 10 %**, qui couvre **91,69%** de la zone d'étude totale. Selon (**Şener et al., 2011**) et (**Leao et al., 2004**), les terrains avec une pente inférieure à **10 %** sont très adaptés au déversement de déchets solides. En fonction de cela, la majeure partie du terrain est adaptée au site d'élimination des déchets solides. Alors que **6,42 ; 1,47 et 0,43 %** de la zone d'étude étaient couverts respectivement par les classes de pente **10-15, 15-20** et plus de **20 %**. Cela montre que la pente n'est pas un critère significatif pour la sélection du site de décharge de déchets solides dans le zone littorale de la wilaya d'El-Tarf (**tableau 3.28 et figure 3.51**).

Tableau 3. 28 : Classe de pente avec niveaux d'aptitude respectifs.

Classe	Valeur	Niveau d'aptitude	Pourcentage de classe	Surface (ha)
<10	4	Très approprié	91,69%	72513,19
10_15	3	Approprié	6,42%	5075,69
15_20	2	Approprié faible	1,47%	1161,11
>20	1	Inapproprié	0,43%	336,81

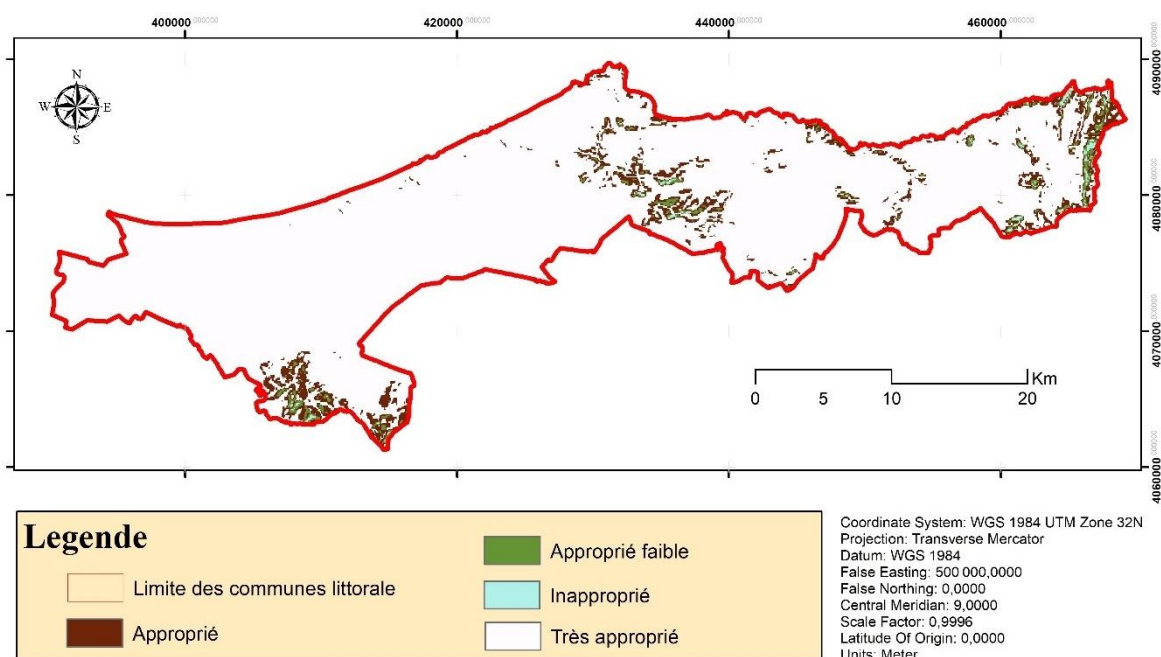


Figure 3. 51: carte Adéquation de la pente

3.6.4.4.2. Adéquation de l'utilisation des terres/occupation du sol

L'occupation du sol a été analysée à partir de l'image sentinel-2A. L'occupation et l'utilisation des terres correspondent au paysage naturel et humain qui peut être exposé aux menaces imposées par la proximité des décharges. En examinant différentes publications, il a été conseillé de sélectionner des terres occupées par des terres nues et herbeuses afin de réaliser un CET. Dans la zone d'étude, les principales classes d'occupation du sol et d'utilisation étaient la couverture végétale (48.65%), les terres agricoles (34.23%), les plans d'eau (13.14 %), les zones urbains (3.16%), les plages (0.45 %), et sol nue (0.36 %). (tableau 3.29).

Par la suite, une reclassification de l'occupation du sol a été réalisé en se basant sur les critères d'adéquation à l'utilisation du terrain en vue de la mise en place d'un Centre d'enfouissement Technique (CET) (figure 3.52).

Tableau 3. 29: pourcentage de l'occupation de sol dans les communes littorales

Type	Pourcentage	Surface (ha)
Couverture végétale	48,65%	37508,333
Plage	0,45%	350,694442
Terre agricole	34,23%	26388,1942
Urbain	3,16%	2436,11109
Plan d'eau	13,14%	10130,5555
Sol nue	0,36%	278,47222

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

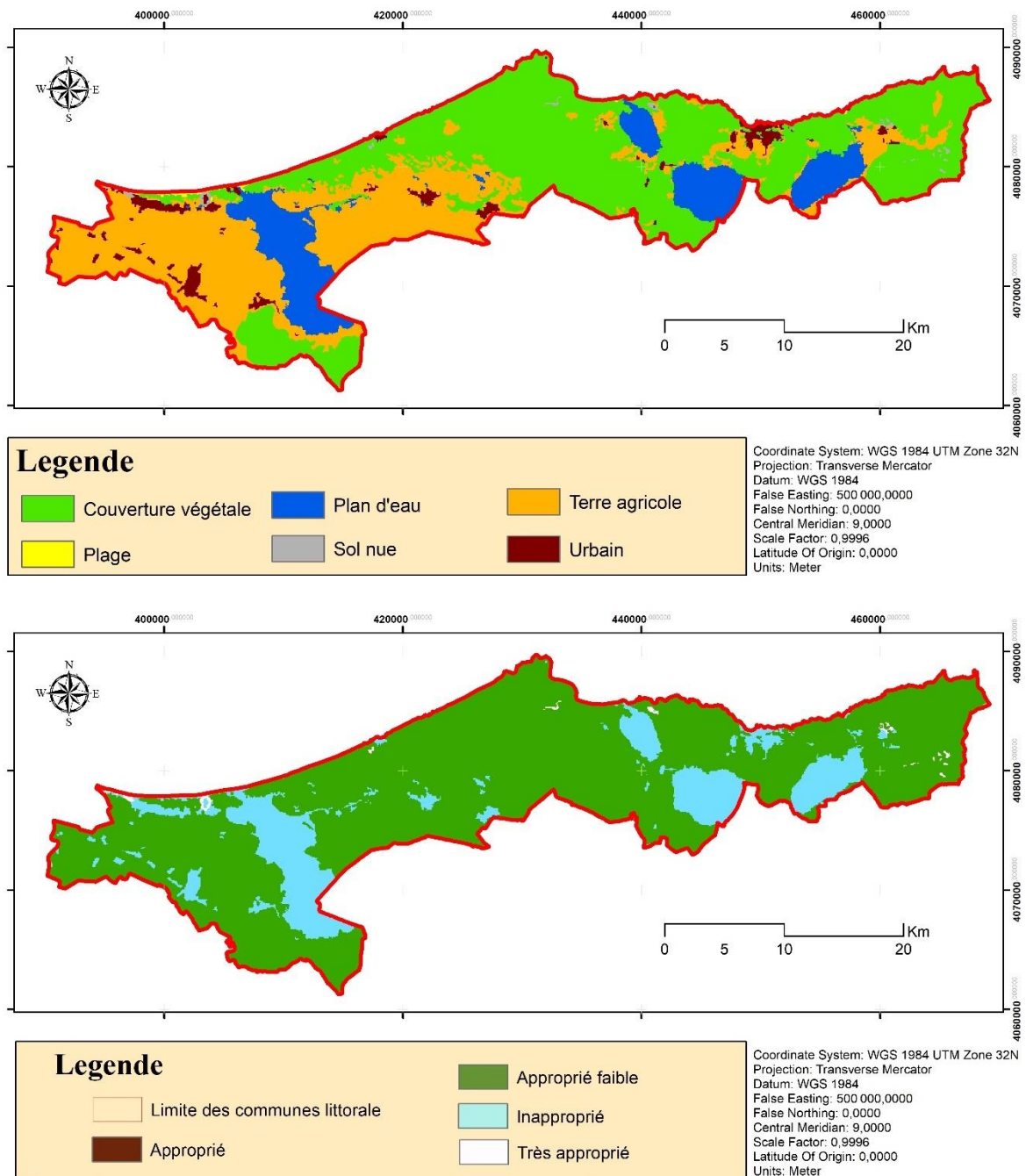


Figure 3. 52 : carte de l'Adéquation de l'utilisation des terres/occupation du sol

3.6.4.4.3. Adéquation aux Oueds et lacs

La wilaya d'El Tarf, avec la particularité de compter des lacs classés en tant que sites RAMSAR, requiert une attention particulière pour la préservation de ces écosystèmes sensibles. Par conséquent, il est préférable que le Centre d'Élimination des Déchets (CET) soit établi à une distance considérable de ces lacs. À la suite de recherches approfondies et de consultations avec les parties prenantes impliquées dans la gestion de ces zones, nous avons réussi à mettre en place une classification basée sur la distance linéaire par rapport aux lacs (**tableau 3.30**).

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

De même, une démarche similaire a été entreprise concernant les réseaux hydrographiques. Étant donné la présence de ces cours d'eau sensibles dans la région, il est crucial de prendre des mesures pour prévenir toute contamination. Après avoir mené des recherches approfondies et engagé des discussions avec les parties prenantes impliquées dans la gestion des ressources en eau, nous avons établi une classification basée sur la distance linéaire par rapport aux réseaux hydrographiques (**tableau 3.30**).

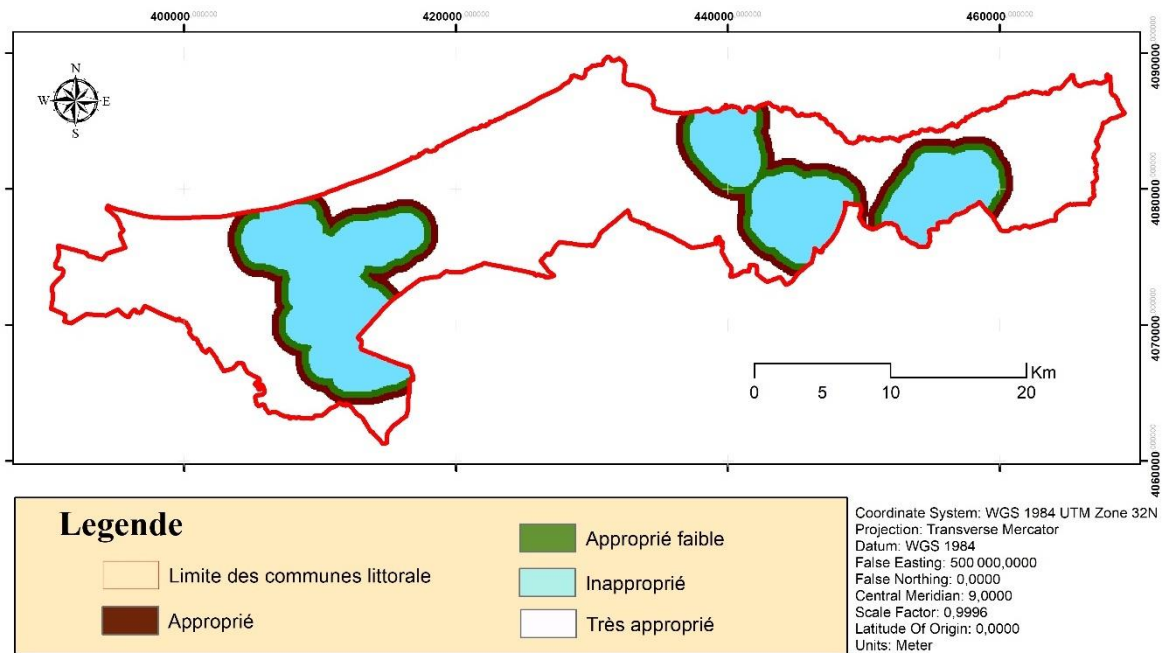


Figure 3. 53 : Distance des rives des lacs et zones de couverture des niveaux d'adéquation

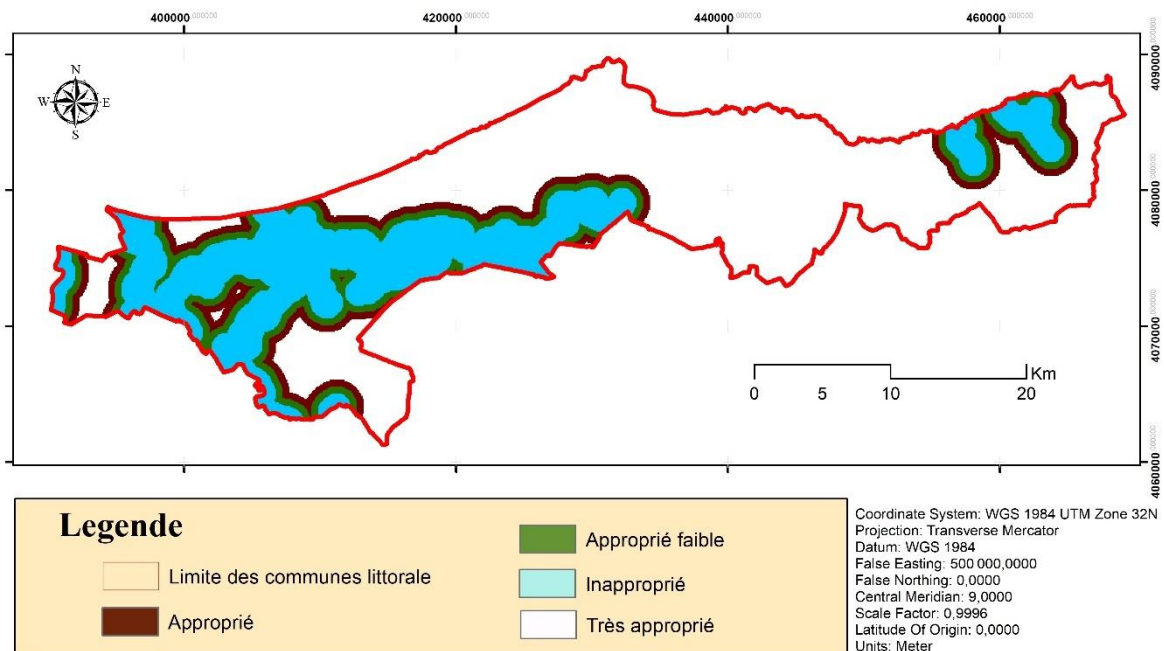


Figure 3. 54 : Distance des oueds et zones de couverture des niveaux d'adéquation

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

Tableau 3. 30: les classes et poids des critères de sélection

Facteur	Classe	Valeur	Niveau d'aptitude	Influence
Les zones habitées	0_2500	1	Inapproprié	36,17%
	2500_4000	2	Approprié faible	
	4000_5500	3	Approprié	
	5500_7000	4	Très approprié	
Réseaux routiers	0_500	1	Inapproprié	28,64%
	500_1000	2	Approprié faible	
	1000_2000	3	Approprié	
	2000_5000	4	Très approprié	
Occupation de sol	Couverture végétale	2	Approprié faible	17,89%
	Terre agricole	2	Approprié faible	
	Urbain	1	Inapproprié	
	Plan d'eau	1	Inapproprié	
	Sol nue	4	Très approprié	
	Plage	1	Inapproprié	
Zones protégées	0_1000	1	Inapproprié	10,64%
	1000_1500	2	Approprié faible	
	1000_2000	3	Approprié	
	>2000	4	Très approprié	
Les cours d'eau	0_1000	1	Inapproprié	3,93%
	1000_1500	2	Approprié faible	
	1500_2000	3	Approprié	
	>2000	4	Très approprié	
Les dénivelés topographiques,	<10	4	Très approprié	2,73%
	10_15	3	Approprié	
	15_20	2	Approprié faible	
	>20	1	Inapproprié	

3.6.4.4. Adéquation aux zones urbains

Dans le contexte de cette étude, des rencontres et des séances de travail ont été organisées en collaboration avec les autorités locales, en particulier le Président de l'Assemblée Populaire de la Commune (PAPC) et la Direction de l'Environnement. De plus, un échantillonnage des habitats locaux a été entrepris afin de déterminer la distance appropriée (**tableau 3.30**).

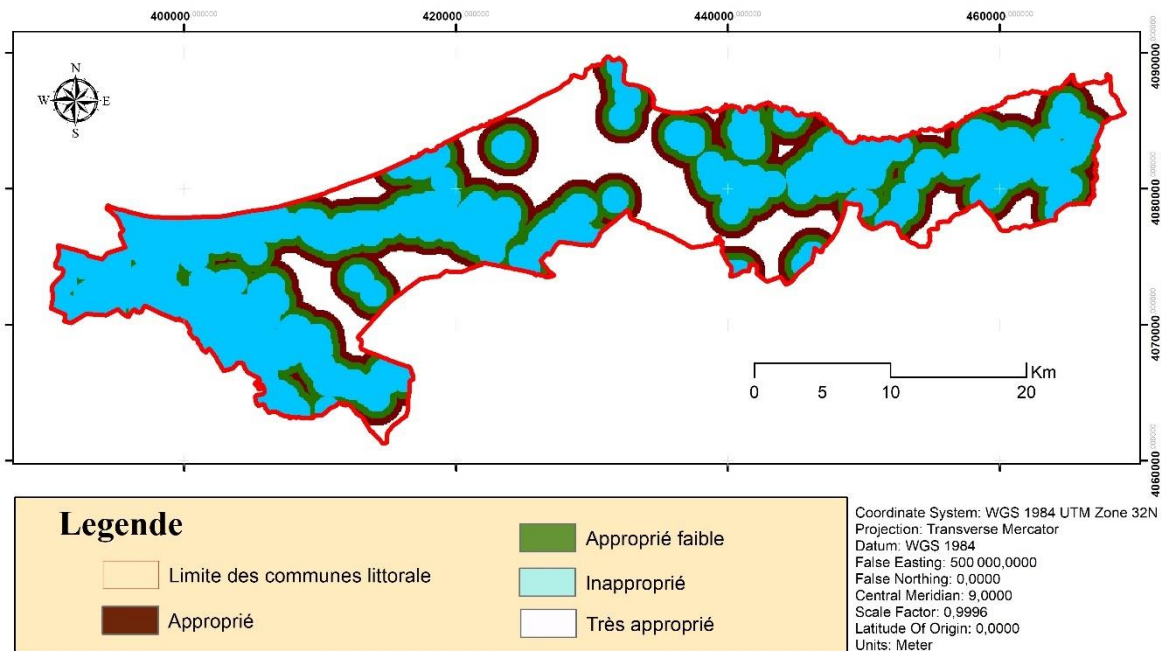


Figure 3. 55 : carte Adéquation aux zones urbains

3.6.4.4.5. Distance appropriée entre les routes principales et le site de décharge des déchets solides

En respect des normes générales, les dépôts de déchets ne devraient pas être localisés à moins de 100 mètres des principales routes. Il est essentiel que le site de disposition des déchets solides soit judicieusement positionné par rapport aux infrastructures routières pour faciliter le transport et par conséquent, pour minimiser les coûts associés.

Dans cette étude, une attention particulière a été portée à la mise en place d'une zone tampon de 2 000 mètres vis-à-vis des principales routes, en s'appuyant sur diverses sources. Cette zone a été subdivisée en différentes catégories en fonction de la distance par rapport aux routes. Les zones situées à l'intérieur d'un rayon de 500 mètres ont été classées comme inappropriées pour la circulation routière, celles situées entre 500 et 1000 mètres comme difficilement praticables, celles entre 1 000 et 1 500 mètres comme moyennement adaptées, tandis que la plage la plus appropriée se situe entre 1 500 et 2 000 mètres.

Les résultats obtenus révèlent que **18.70 %** de la zone tampon totale se révèlent hautement adaptés pour l'implantation d'un CET.

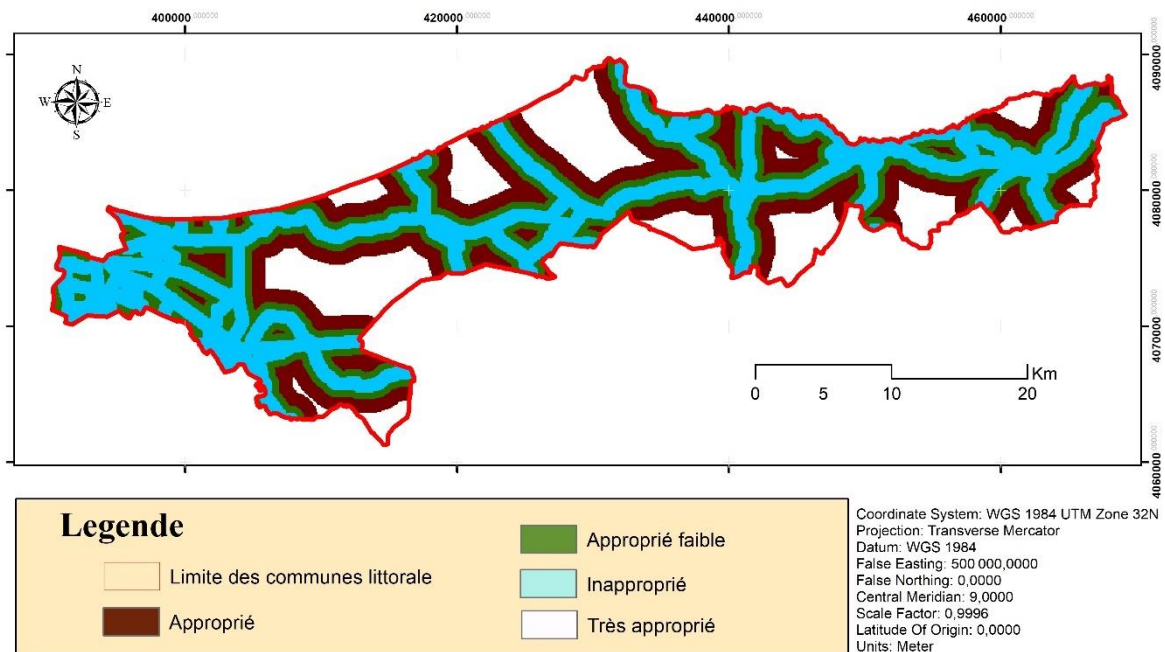


Figure 3. 56 : carte Adéquation aux routes

3.6.4.4.6. Résultat final

Selon les critères qui nous avons choisis et évaluée la zone le plus adéquate pour réaliser un centre d'enfouissement technique sur les communes littorales de la wilaya d'El Tarf sont présenter dans la carte ci-dessus.

L'intégration de l'analyse multicritère (AHP) et des systèmes d'information géographique (SIG) présente des avantages significatifs pour la prise de décision en matière de localisation d'un site de décharge des déchets solides. Cette approche offre une prise de décision éclairée en évaluant plusieurs critères pondérés de manière objective. En intégrant des données géospatiales et des critères multiples, elle permet une évaluation holistique des emplacements potentiels de site de décharge des déchets solides, optimisant ainsi les ressources et minimisant les impacts environnementaux et économiques à long terme.

Cependant, sa complexité de mise en œuvre et sa sensibilité aux données et aux pondérations sont des limitations à considérer. Les résultats peuvent varier en fonction des données et des poids attribués, ce qui soulève des préoccupations quant à la robustesse des conclusions. De plus, la simplification excessive des données complexes en cartes raster peut entraîner une perte d'information. En outre, la dépendance aux modèles peut introduire des incertitudes et des biais dans les résultats.

En somme, bien que cette démarche offre des opportunités de décision spatiale sophistiquée, une application minutieuse, une qualité de données rigoureuse et une validation continue sont nécessaires pour en tirer pleinement parti tout en gérant ses limites inhérentes.

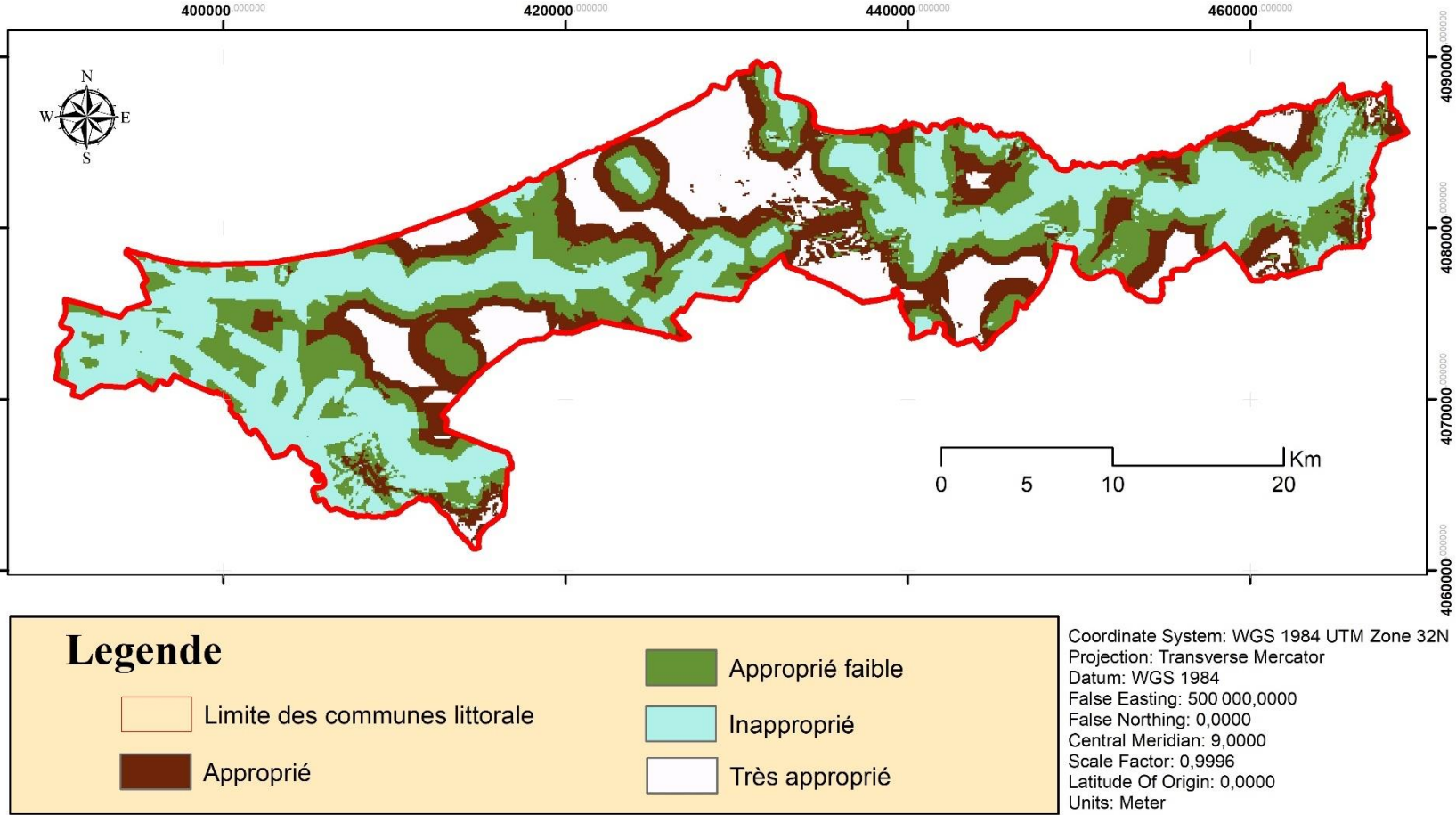


Figure 3. 57 : carte des zones le plus adéquate pour réaliser un centre d’enfouissement

3.7. Problème des rejets

3.7.1. Les réseaux et ouvrages d'assainissement

Les réseaux et ouvrages d'assainissement jouent un rôle capital dans la gestion de la qualité de l'eau dans les communes littorales. Ils sont conçus pour collecter, transporter et traiter les eaux usées et les eaux pluviales avant leur rejet dans l'environnement, afin de prévenir la pollution des eaux de baignade.

Les réseaux d'assainissement empêchent les eaux usées et les déchets de pénétrer directement dans les eaux de baignade. Cela aide à prévenir la contamination par des bactéries, des virus et d'autres polluants qui peuvent causer des maladies chez les humains et les animaux.

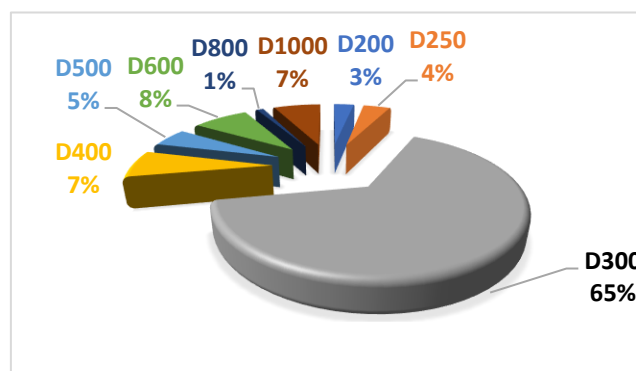
Les ouvrages d'assainissement, tels que les stations d'épuration, traitent les eaux usées pour éliminer les polluants nocifs. Cela garantit que l'eau rejetée dans l'environnement est propre et sûre pour la baignade.

Cependant, il est important de noter que l'efficacité de ces systèmes dépend de leur conception, de leur entretien et de leur gestion. Un système d'assainissement mal conçu ou mal entretenu peut entraîner une pollution de l'eau. De plus, lors d'événements de fortes pluies, les systèmes d'assainissement peuvent être débordés, ce qui peut entraîner le rejet d'eaux usées non traitées dans l'environnement. Par conséquent, il est crucial que les communes littorales investissent dans des infrastructures d'assainissement adéquates et durables.

Les réseaux et ouvrages d'assainissement ont fait l'objet d'une importante étude de diagnostic et de cartographie dans le cadre d'un projet engagé par la SEATA entre 2010-2012. Nous reprenons l'essentiel des informations collectées par commune :

3.7.1.1. Agglomération d'ECHATT

L'agglomération d'Echatt compte un linéaire en assainissement de 41 924 mètres, réparti en différents diamètres comme l'indique le graphique suivant :



Les ouvrages d'assainissement sont donnés dans le tableau suivant :

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

NOMBRE DE REGARDS RELEVÉS	1069
NOMBRE D'AVALOIR RELEVÉS	284
NOMBRE DE BASSAIN DE DECANTATION	2
NOMBRE DE REJETS	9
NOMBRE DE ST RELEVAGE	1

Nous présentons les données de l'agglomération secondaire de Ben Amar pour laquelle le linéaire du réseau est de 6 630 mètres :

NOMBRE DE REGARDS RELEVÉS	270
NOMBRE D'AVALOIR RELEVÉS	29
NOMBRE DE BASSAIN DE DECANTATION	1
NOMBRE DE REJETS	4
NOMBRE DE ST RELEVAGE	0

Les canalisations et ouvrages de l'agglomération Echatt sont reportés sur la carte suivante :

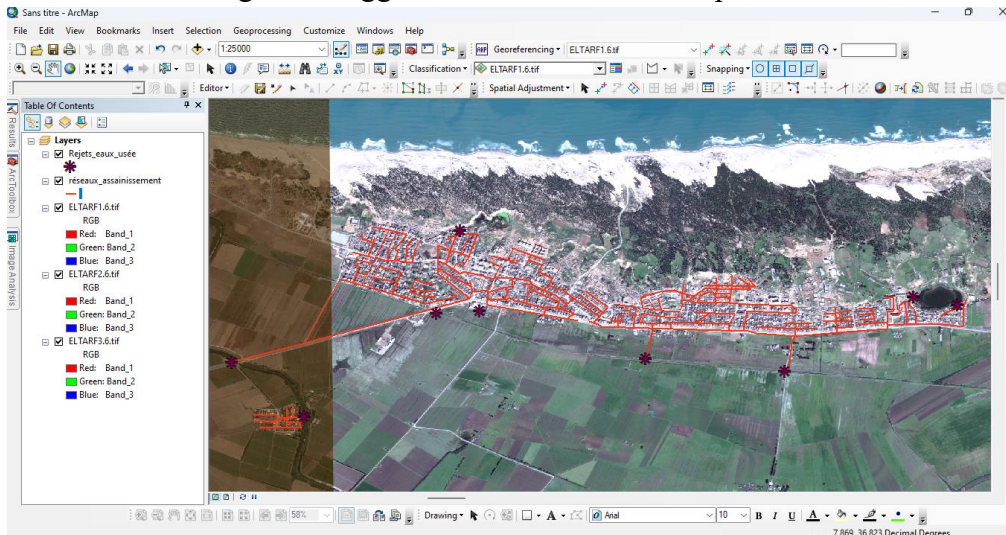
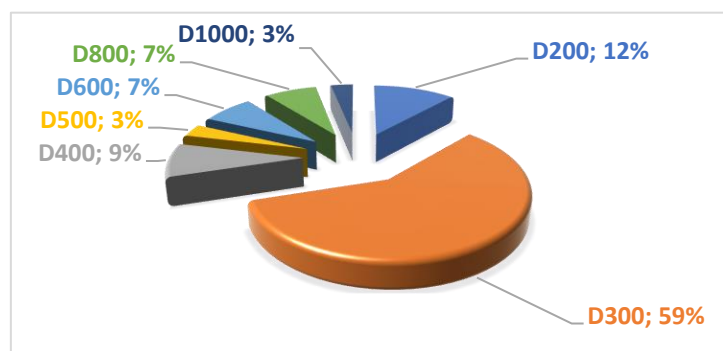


Figure 3. 58: carte des réseaux d'assainissement de l'agglomération Echatt

3.7.1.2. Agglomération de ben m'hidi

L'agglomération de Ben M'Hidi compte un linéaire en assainissement de 31 234 mètres, réparti en différents diamètres comme l'indique la graphique suivant :



Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

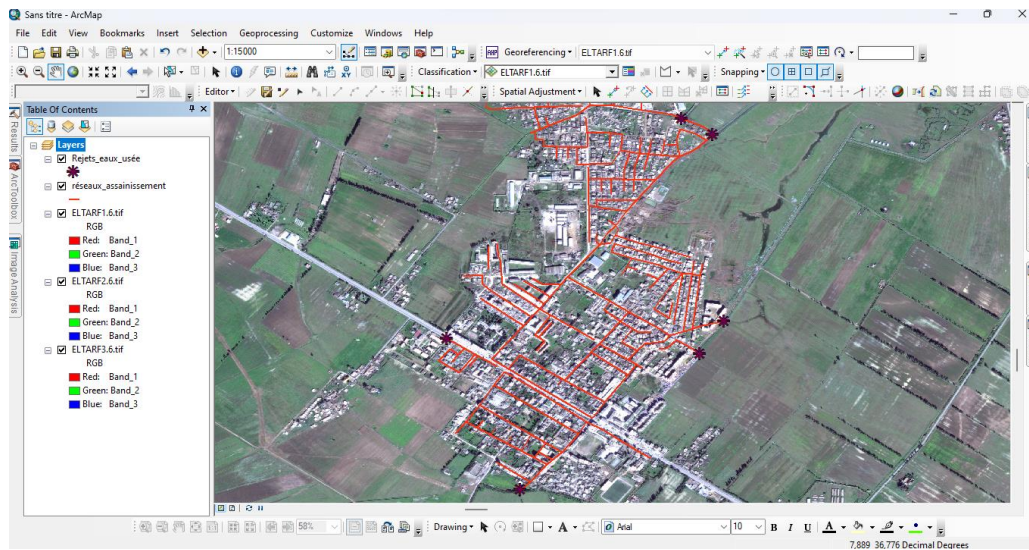
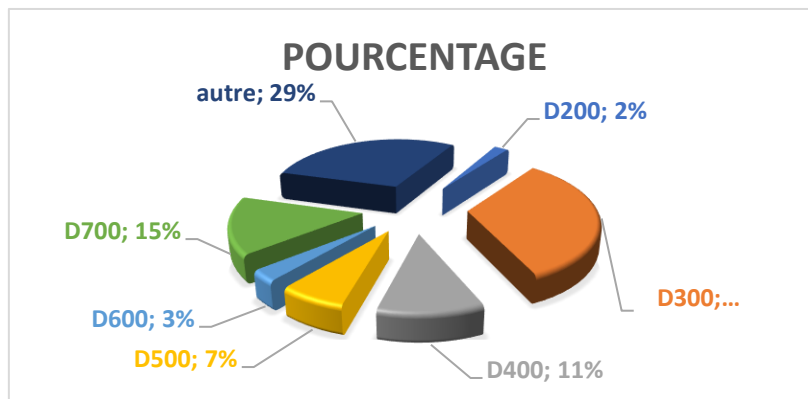


Figure 3. 59 : carte des réseaux d'assainissement de l'agglomération Ben Mhidi

3.7.1.3. Agglomération de berrihane

L'agglomération de Berrihane compte un linéaire en assainissement de 5 468 mètres, réparti en différents diamètres comme l'indique la graphique suivant :



Les ouvrages d'assainissement sont reportés dans le tableau suivant

NOMBRE DE REGARDS RELEVES	118
NOMBRE D'AVALOIRS RELEVES	59
NOMBRE DE BASSAINS DE DECANIMATION	1
NOMBRE DE REJETS	1

Les réseaux et ouvrages d'assainissement de l'agglomération secondaire Righia sont portés sur le tableau suivant :

NOMBRE DE REGARDS RELEVES	237
NOMBRE D'AVALOIRS RELEVES	0
NOMBRE DE BASSAINS DE DECANIMATION	2
NOMBRE DE REJETS	4
LONGUEUR DU RESEAU	8 470 m

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

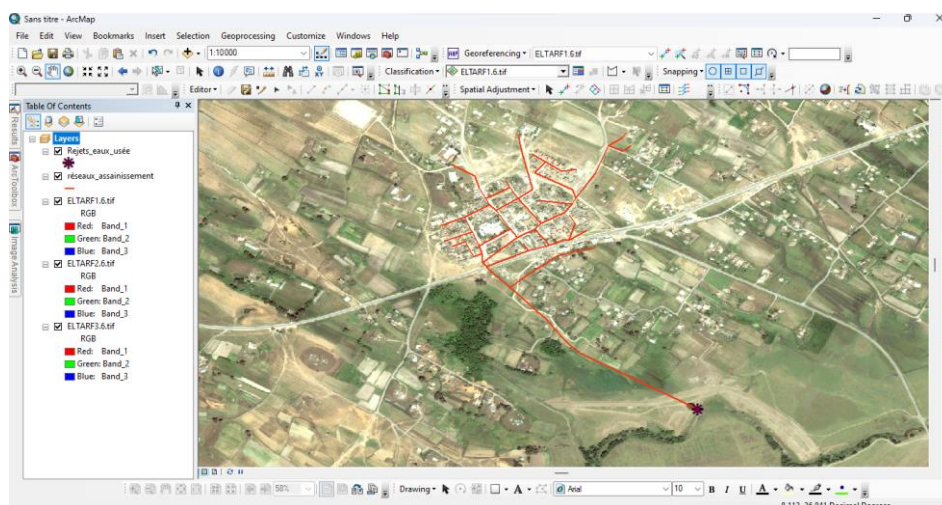


Figure 3. 60 : Les canalisations de l'agglomération Berihane

L'agglomération d'El Kala compte un linéaire total de 55 570 mètres de canalisations de différents diamètres (D100 à D800), un ovoïde et une galerie rectangulaire. La répartition des longueurs par matériau est donnée dans le tableau suivant :

Tableau 3. 31: La répartition des longueurs par matériau commune de berihane

Matériau	Longueur en mètres	% des longueurs
Autre	997,37	1,79
Béton_FC	50 569,74	91,00
PVC_PEHD	2 018,65	3,63
Acier_Fonte	998,36	1,80
Maçonnerie	987,25	1,78
	55 571,37	100,00

Tableau 3. 32: la répartition des longueurs par diamètre commune de berihane

DIAMÈTRE	LONGUEUR	% des long
Ovoïde	185,33	
Rectangle	987,25	
100	442,35	
200	9 853,59	1
250	1 811,74	
300	30 491,01	5
400	6 209,79	1
500	1 365,68	
600	3 534,30	
700	81,84	
800	608,49	
TOTAL	55 571,37	10

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

3.7.1.4. Agglomération d'el kala

L'agglomération d'El Kala compte un linéaire total de 55 570 mètres de canalisations de différents diamètres (D100 à D800), un ovoïde et une galerie rectangulaire. La répartition des longueurs par matériau est donnée dans le tableau suivant :

Tableau 3. 33 : La répartition des longueurs par matériau commune d'Elkala

Matériau	Longueur en mètres	% des longueurs
Autre	997,37	1,79
Béton_FC	50 569,74	91,00
PVC_PEHD	2 018,65	3,63
Acier_Fontes	998,36	1,80
Maçonnerie	987,25	1,78
	55 571,37	100,00

La répartition des longueurs par diamètre est donnée par le tableau suivant :

Tableau 3. 34: répartition des longueurs par diamètre commune d'El kala

DIAMETRE	LONGUEUR	% des longueurs
Ovoïde	185,33	0,33
Rectangle	987,25	1,78
100	442,35	0,80
200	9 853,59	17,73
250	1 811,74	3,26
300	30 491,01	54,87
400	6 209,79	11,17
500	1 365,68	2,46
600	3 534,30	6,36
700	81,84	0,15
800	608,49	1,09
TOTAL	55 571,37	100,00

Les ouvrages sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau 3. 35: Les ouvrages d'assainissement commune d'El kala

Total regards	1 624
Total avaloirs	144
Total station de relevage	1
Total bassin de décantation	1
Total rejets	5

Les canalisations sont reportées dans la carte suivante :

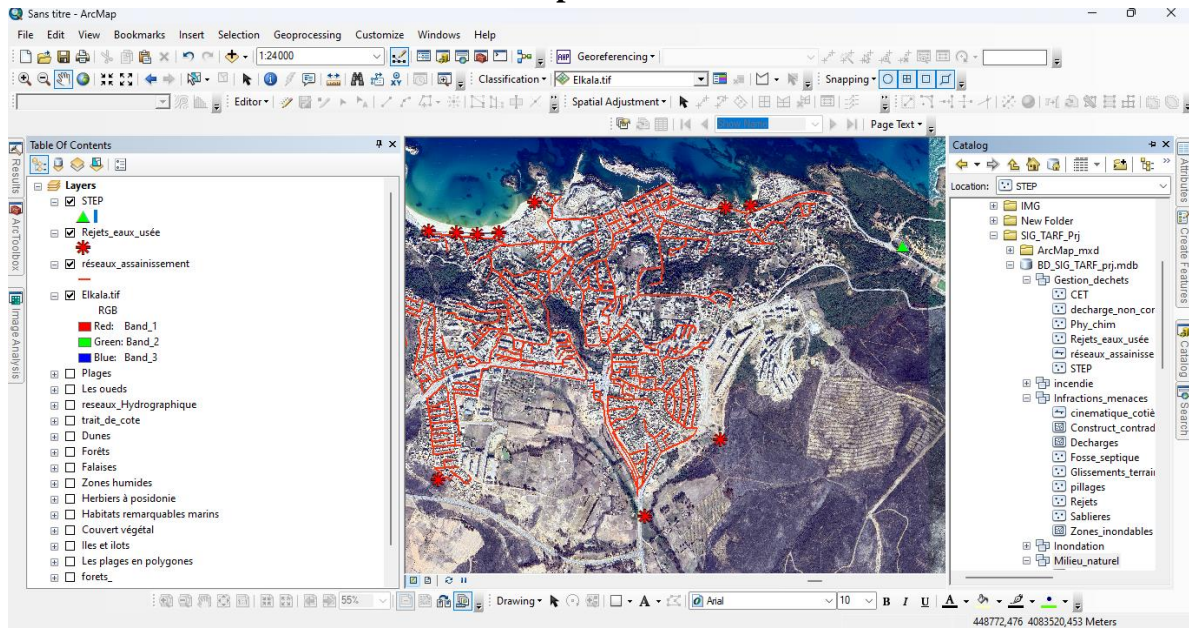
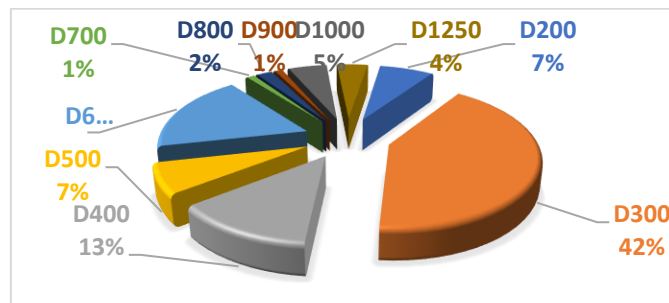


Figure 3. 61: carte des réseaux d’assainissement de la commune d’El Kala

3.7.1.5. Agglomération de souareikh

L’agglomération de Soureikh possède un linéaire total de 14 670 mètres de canalisations assainissement de différents diamètres (entre D160 et D1250) et une galerie de 1420 mètres. Une Représentation graphique permet d’apprécier les longueurs des différents diamètres



GALERIE RELEVÉE	1420
NOMBRE DE REGARDS RELEVÉS	365
NOMBRE D'AVALOIRS RELEVÉS	63
NOMBRE DE BASSINS RELEVÉS	2

La carte des réseaux d’assainissement montre la répartition spatiale des canalisations et des ouvrages.

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

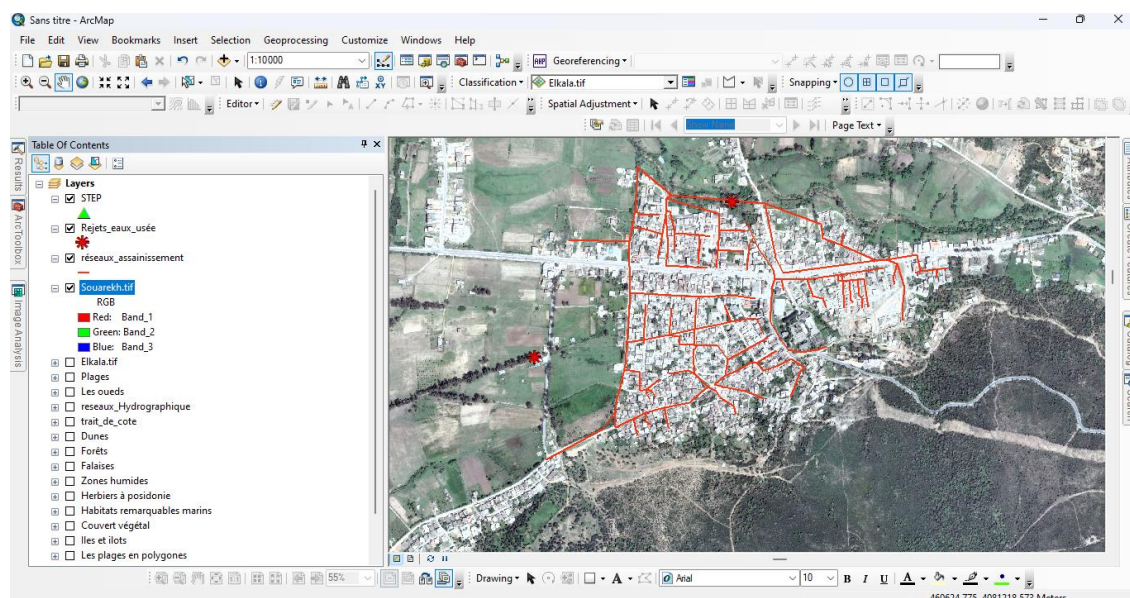


Figure 3. 62: carte des réseaux d'assainissement de la commune de Souarekh

Récapitulatif des réseaux et ouvrages d'assainissement dans les communes littorales

DESIGNATION	ECHATT	BEN MHIDI	BERRIHANE	EL KALA	SOUAREIKH	TOTAL COMMUNES LITTORALES
Longueurs des réseaux assainissements ACL	41 924	31 234	5 468	55 570	14 670	148 866
Longueurs des réseaux assainissements AS	6 630	11 465	8 470			26 565
		24 790				24 790
TOTAUX	48 554	67 489	13 938	55 570	14 670	200 221

Dans les 5 communes littorales, la longueur du réseau d'assainissement dépasse les 200 km.

DESIGNATION	ECHATT ACL	ECHATT AS	BEN MHIDI ACL	BEN MHIDI AS	BERRIHANE ACL	BERRIHANE AS	EL KALA	SOUAREIKH	TOTAL COMMUNES LITTORALES
NOMBRE DE REGARDS RELEVÉS	1069	270	822	1413	118	237	1624	365	5 918
NOMBRE D'AVALOIR RELEVÉS	284	29	202	98	59	0	144	63	879
NOMBRE DE BASSAIN DE DECANANTION	2	1	3	2	1	2	1	2	14
NOMBRE DE REJETS	9	4	6	13	1	4	1	0	38
NOMBRE DE ST RELEVAGE	1	0	1	2	0	0	5	0	9

3.7.2. Conclusion

L'évacuation des eaux usées et industrielles directement dans le milieu naturel sans traitement approprié est une problématique environnementale préoccupante. La Wilaya d'El Tarf, comme de nombreuses régions, est confrontée à cette réalité qui met en péril la santé des écosystèmes marins et côtiers ainsi que la qualité de vie des habitants. Cette situation met en évidence une lacune dans la gestion des déchets et des rejets dans cette zone côtière.

Tout d'abord, il est important de souligner que les eaux usées et industrielles contiennent divers polluants potentiellement dangereux tels que les produits chimiques, les métaux lourds, les

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

nutriments, et les micro-organismes pathogènes. Ces substances peuvent avoir des effets nocifs sur la faune et la flore marines, perturbant les écosystèmes et affectant la biodiversité.

Les rejets non traités dans le milieu naturel peuvent entraîner une eutrophisation, un phénomène où une surabondance de nutriments comme les nitrates et les phosphates favorise la prolifération d'algues. Cela peut conduire à la formation de "marées vertes", qui dégradent la qualité de l'eau et privent les autres organismes aquatiques d'oxygène, provoquant des zones mortes.

De plus, les métaux lourds contenus dans les rejets industriels peuvent s'accumuler dans les organismes marins et, par le biais de la chaîne alimentaire, atteindre les humains, provoquant des problèmes de santé sérieux.

Pour résoudre ce problème, des actions concrètes doivent être mises en œuvre. Tout d'abord, il est essentiel d'établir des normes strictes pour le rejet des eaux usées et industrielles, exigeant un traitement adéquat avant toute dispersion dans le milieu naturel. Les entreprises doivent être encouragées et réglementées pour adopter des pratiques durables et respectueuses de l'environnement.

Un investissement dans des infrastructures de traitement des eaux modernes et efficaces est indispensable pour garantir que ces rejets soient épurés de manière appropriée. La sensibilisation et l'éducation de la population et des industries sur les impacts néfastes des rejets non traités sont également des leviers importants pour promouvoir un changement de comportement et une meilleure gestion des déchets.

En conclusion, il est impératif de remédier à cette problématique en adoptant des politiques environnementales rigoureuses, des réglementations adéquates et une surveillance continue pour assurer la préservation des écosystèmes côtiers de la Wilaya d'El Tarf et garantir un avenir durable pour les générations à venir.

Parmi les solutions rapides et efficaces afin de réduire au maximum la pollution des eaux résiduaires, « l'épuration des eaux usées ». Dans ce chapitre nous exposons les différentes étapes de l'analyse spatiale (Geoprocessing), dans le but de sélectionner l'endroit favorable pour l'installation des STEP, sur le territoire de la zone d'étude.

3.7.3. Installation des STEP, sur le territoire de la zone d'étude.

3.7.3.1. Les principaux critères de sélection.

La station d'épuration des eaux usées reste un outil fondamental pour la protection des milieux naturels. La valorisation de l'image de la station passe par un ensemble de dispositions qui sont à prendre en considération dès l'élaboration du projet en commençant par le choix de l'emplacement du site. Pour assurer une gestion optimale des installations de traitement des eaux usées, il est recommandé de prendre en compte les mesures suivantes :

- Éviter les zones inondables qui peuvent entraîner des dysfonctionnements prolongés ; si ce n'est pas possible, veiller à positionner les équipements électriques à l'abri de l'eau ;
- Éviter la construction à proximité immédiate d'habitations ou de zones d'activités variées (sportives, touristiques, industrielles, etc.). Pour éviter tout conflit avec le voisinage, une distance minimale de 200 m est généralement réservée, en tenant compte de la direction dominante des vents si possible ;
- S'éloigner autant que possible des zones de captage, même en respectant les périmètres de protection ;
- Réaliser des études géotechniques approfondies, notamment pour vérifier l'imperméabilité du sol (essentiel pour des installations comme les lagunes). La portance du sol et ses caractéristiques conditionnent significativement les coûts des travaux de génie civil ;
- Prendre des précautions particulières lorsque la nappe phréatique se situe à faible profondeur (par exemple, installer des clapets en fond de bassins) ;
- Éviter d'implanter des ouvrages dans des zones plantées d'arbres à feuilles caduques (comme les lits bactériens, les lagunes, les bassins d'aération, etc.) ;
- Anticiper les extensions ou les aménagements futurs en prévoyant la disponibilité et la réservation de terrains ;
- Placer la station d'épuration à proximité du réseau d'assainissement et du milieu récepteur, tout en tenant compte des contraintes d'aménagement et environnementales ;
- Veiller à ce que les eaux usées traitées respectent les normes de qualité établies par la réglementation.

En fonction de ces critères, plusieurs types de STEP peuvent être envisagés, tels que :

- **Les STEP à boues activées** : ce sont les STEP les plus courantes. Elles utilisent des bactéries pour dégrader les polluants présents dans les eaux usées.
- **Les STEP à lits bactériens** : elles utilisent des lits de sable ou de gravier colonisés par des bactéries pour traiter les eaux usées.
- **Les STEP à lagunage** : elles utilisent des bassins naturels pour traiter les eaux usées par des processus biologiques.
- **Les STEP à filtres plantés** : elles utilisent des plantes pour absorber les polluants présents dans les eaux usées.

3.7.3.2. Méthodologie

Afin de créer une carte illustrant l'emplacement optimal pour la réalisation d'une Station d'épuration des eaux usées (STEP), nous avons utilisé une méthode d'analyse multicritère, l'AHP. La mise en œuvre de cette méthode a été réalisée en utilisant un Système d'Information Géographique (SIG) et la télédétection, la démarche et les étapes de réalisation a été résumée dans l'organigramme de l'analyse spatiale présenté dans la figure ...

Dans le cadre de notre démarche d'analyse multicritère visant à localiser l'emplacement optimal pour la construction d'une station d'épuration des eaux usées (STEP), nous avons identifié huit critères essentiels, chacun avec un poids égal, pour évaluer les différentes options :

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

- Tissu urbain : Évaluation de la densité et de la structure urbaine existante pour garantir une intégration adéquate de la STEP dans le tissu urbain.
- Points de rejets : Identification et évaluation des points de rejet actuels pour minimiser les impacts sur l'environnement et les populations avoisinantes.
- Réseaux d'assainissement : Analyse de la disponibilité et de la capacité des réseaux d'assainissement existants pour faciliter l'intégration et l'efficacité de la STEP.
- Occupation du sol : Étude de l'utilisation actuelle du sol pour minimiser les conflits d'utilisation et optimiser l'efficacité de l'emplacement choisi.
- Pente : Évaluation de l'inclinaison du terrain pour garantir une conception adéquate et éviter les problèmes liés à une pente excessive.
- Vents : Analyse des données relatives à la direction, à la vitesse et à la fréquence des vents pour optimiser la dispersion des émissions et minimiser les nuisances.
- Réglementation littorale : Conformité aux réglementations spécifiques aux zones côtières afin d'assurer une gestion adéquate des déchets dans le respect de l'environnement côtier.
- Zones protégées : Respect des zones écologiquement sensibles ou protégées en évitant toute implantation qui pourrait compromettre la biodiversité et les écosystèmes fragiles.

Chaque critère a attribué un poids égal dans notre évaluation afin d'assurer une considération équitable et équilibrée lors du choix du site optimal pour la construction de la STEP."

(Tableau 3.38)

Note à dire

Pour la facteur de l'urbanisation

Afin d'obtenir des données à jour et géoréférencées, nous avons téléchargé 2 images satellite Sentinel-2 de résolution 10m et à l'aide de l'outil Images analyses de logiciel Arc-Gis nous sommes arrivés à extraire le tissu urbain de la zone d'étude, en plus nous avons utilisé d'autres données disponibles notamment les Plans d'Architecture et d'Aménagements Urbains (PDAU), après avoir fait des opérations de géoréférencements (**figure 3.63**).

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

Tableau 3. 36 : le poids de chaque critère

FACTEUR	CLASSE	VALEUR	NIVEAU D'APTITUDE	INFLUENCE
ZONE URBAIN	0_100	4	Défavorable	1/8
	100_300	1	Moins favorable	
	300_500	2	Favorable	
	>500	3	Très Favorable	
RESEAUX ASSAINISSEMENT	0_100	3	Très Favorable	1/8
	100_500	2	Favorable	
	500_1000	1	Moins favorable	
	>1000	4	Défavorable	
OCCUPATION DE SOL	Couverture végétale	1	Moins favorable	1/8
	Terre agricole	2	Favorable	
	Urbain	2	Favorable	
	Plan d'eau	4	Défavorable	
	Sol nue	3	Très Favorable	
	Plage	4	Défavorable	
ZONES PROTEGEES	0_1000	4	Défavorable	1/8
	1000_1500	1	Moins favorable	
	1000_2000	2	Favorable	
	>2000	3	Très Favorable	
PENTES	<5	1	Moins favorable	1/8
	5_10	2	Favorable	
	10_15	3	Très Favorable	
	>15	4	Défavorable	
LE REGLEMENTATION	Bande 100m	4	Défavorable	1/8
	Bande 300m	4	Défavorable	
	Bande 800m	1	Moins Favorable	
LE VENTS	0-1m/s	3	Très favorable	1/8
	1-3m/s	2	Favorable	
	3-5m/s	1	Moins favorable	
	>5m/s	4	Défavorable	
REJETS	0-100m	3	Très favorable	1/8
	100-300m	2	Favorable	
	300-1000m	1	Moins favorable	
	>1000m	4	Défavorable	

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

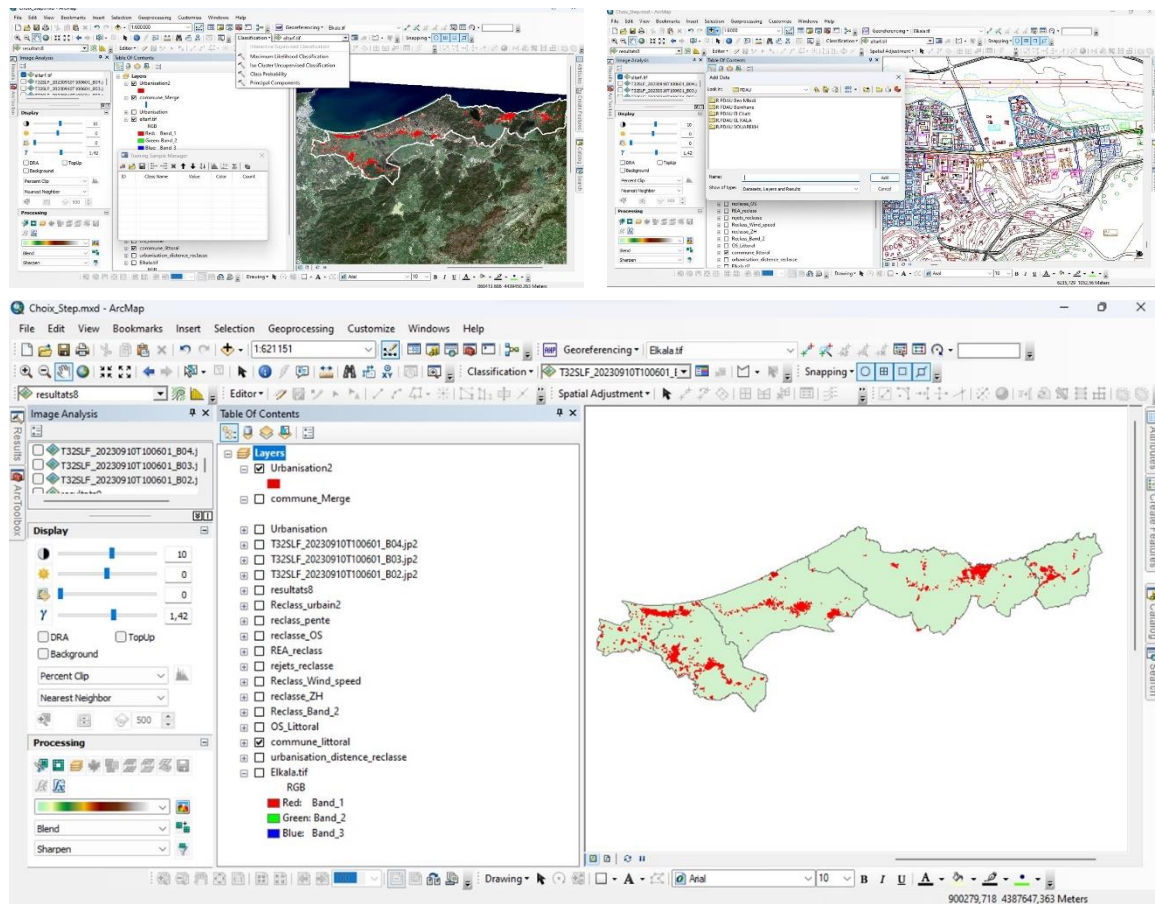


Figure 3.63 : capteur d'écran sur Integration et realisation BD sur logiciel Arc Gis

Le vent

Les vents prédominants jouent un rôle décisif dans le choix des emplacements pour les stations d'épuration des eaux usées (STEP). Les odeurs désagréables et la présence d'insectes indésirables tels que les mouches et les moustiques, sont perçues comme nuisibles par les habitants et peuvent être propagées par des vents puissants. Nous avons utilisé le Global Wind Atlas, une source de données climatologiques librement accessible sur Internet, pour obtenir des informations sur la climatologie des vents dans notre zone d'étude. Ces données climatologiques portent sur une période de 10 ans, de 2001 à 2010, avec une résolution horizontale de 250 mètres. Elles sont disponibles pour les altitudes de 10, 50, 100, 150 et 200 mètres. Nous avons choisi de nous concentrer sur la carte des vents à une altitude de 10 mètres, compte tenu du relief particulier de la région d'étude.

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

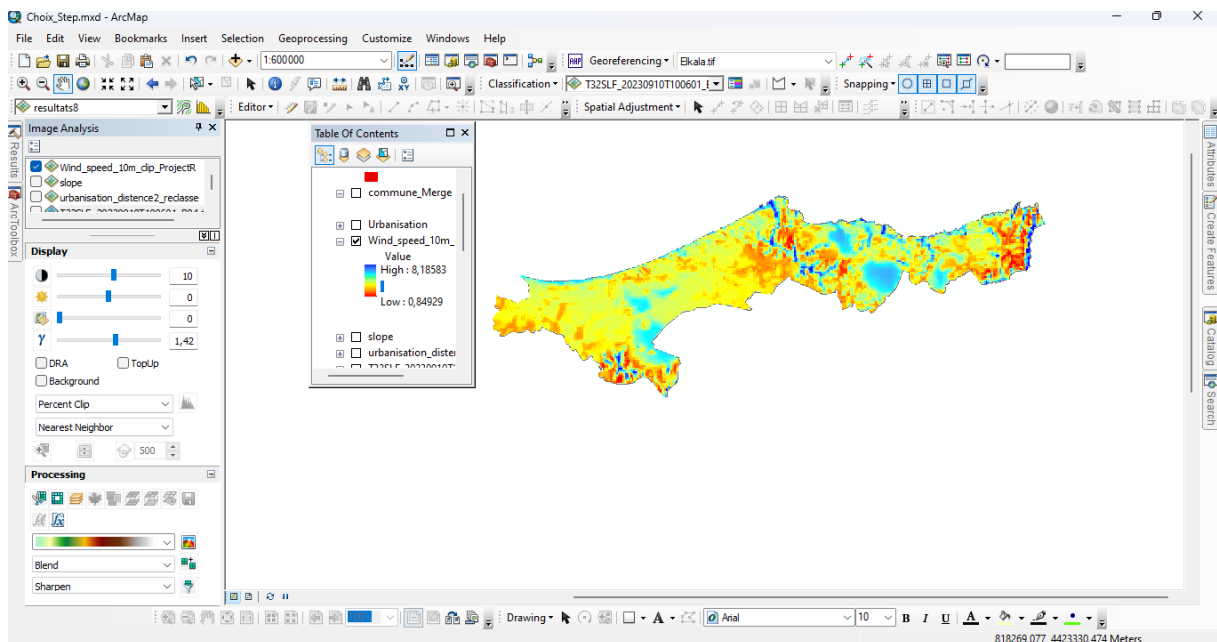
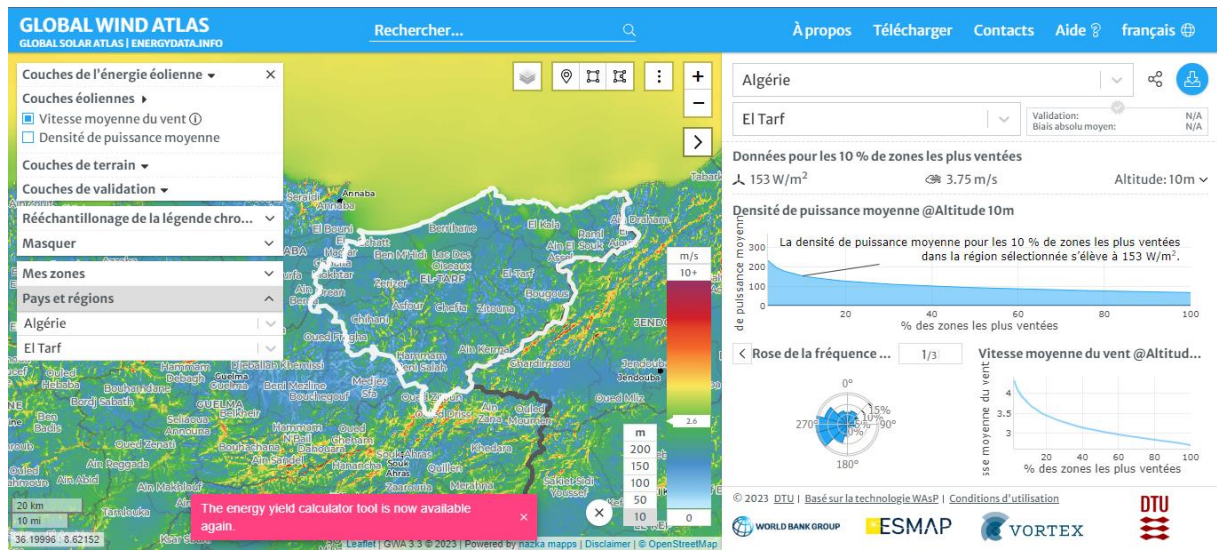


Figure 3. 64 : carte de vent

3.7.3.3. Résultat

La carte final réaliser à l'aide de l'outil Raster calculateur dans le logiciel ArcGIS selon l'équation suivant

$$\text{Carte de choix de site} = (\sum \text{facteur retenue}) * 1/8$$

3.7.3.3.1. Commune d'El Kala

Ce qui est remarquable que la **STEP d'El Kala** situe dans un endroit marque comme un endroit favorable selon nous carte de convenance

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

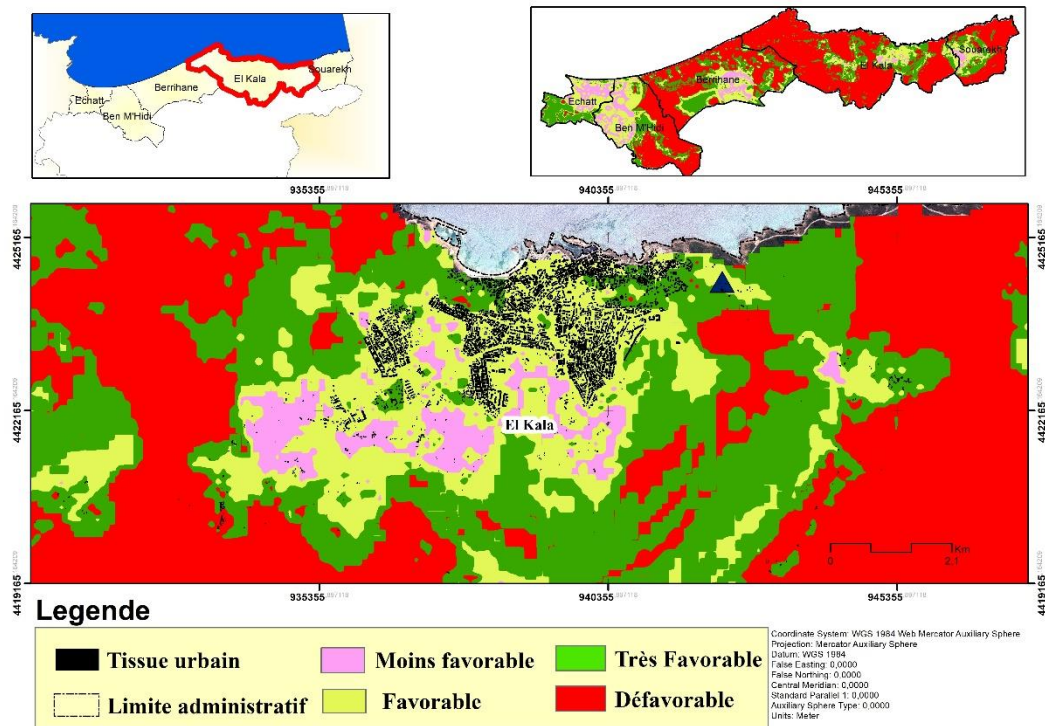


Figure 3. 65 : choix de localisations des sites pour réaliser une STEP cas commune d’El Kala

3.7.3.3.2. Commune de Souarekh

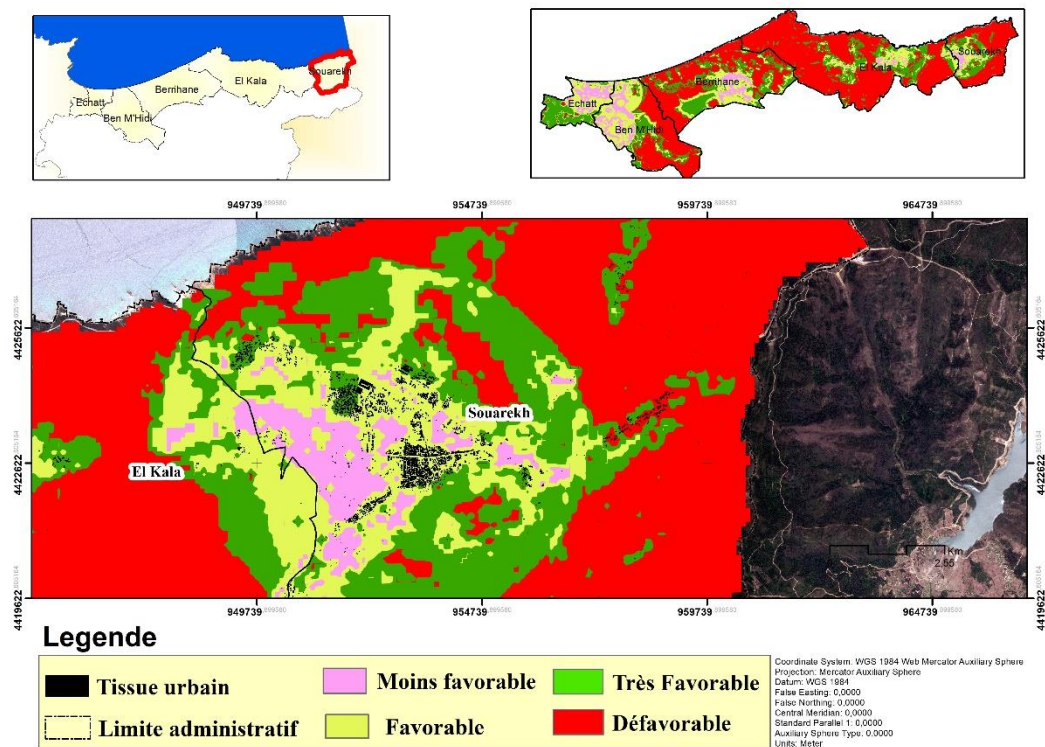


Figure 3. 66 : choix de localisations des sites pour réaliser une STEP cas commune Souarekh

3.7.5.3.3. Commune de Berrihane

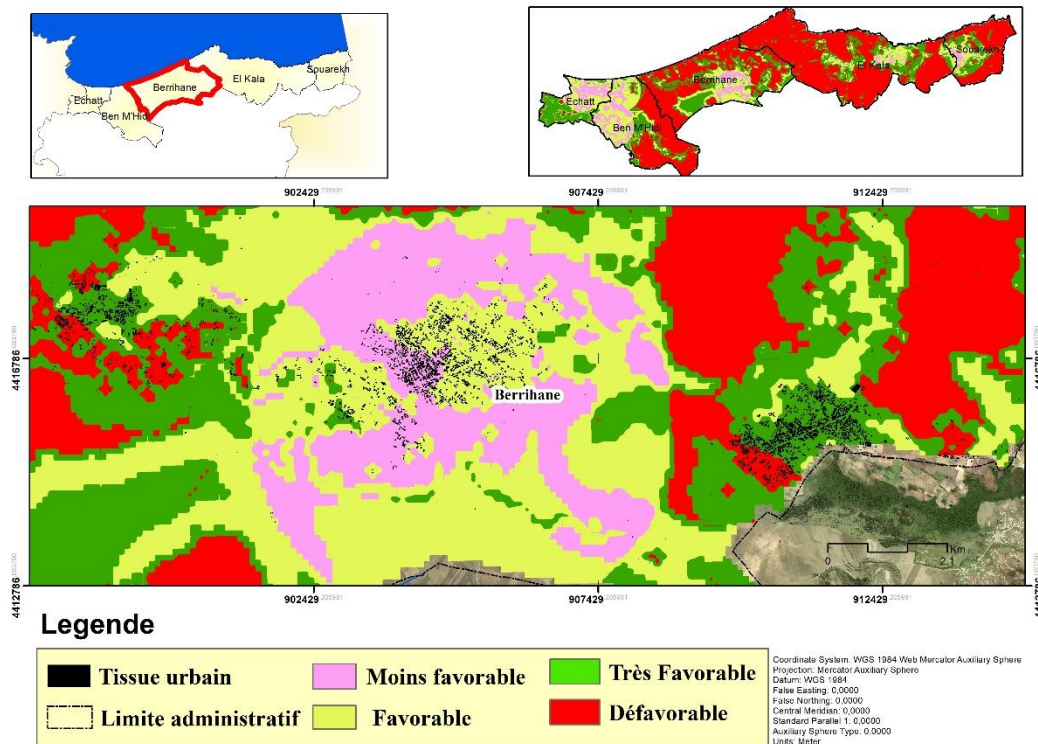


Figure 3. 67: choix de localisations des sites pour réaliser une STEP cas commune

3.7.3.3.4. Commune d'Echatt

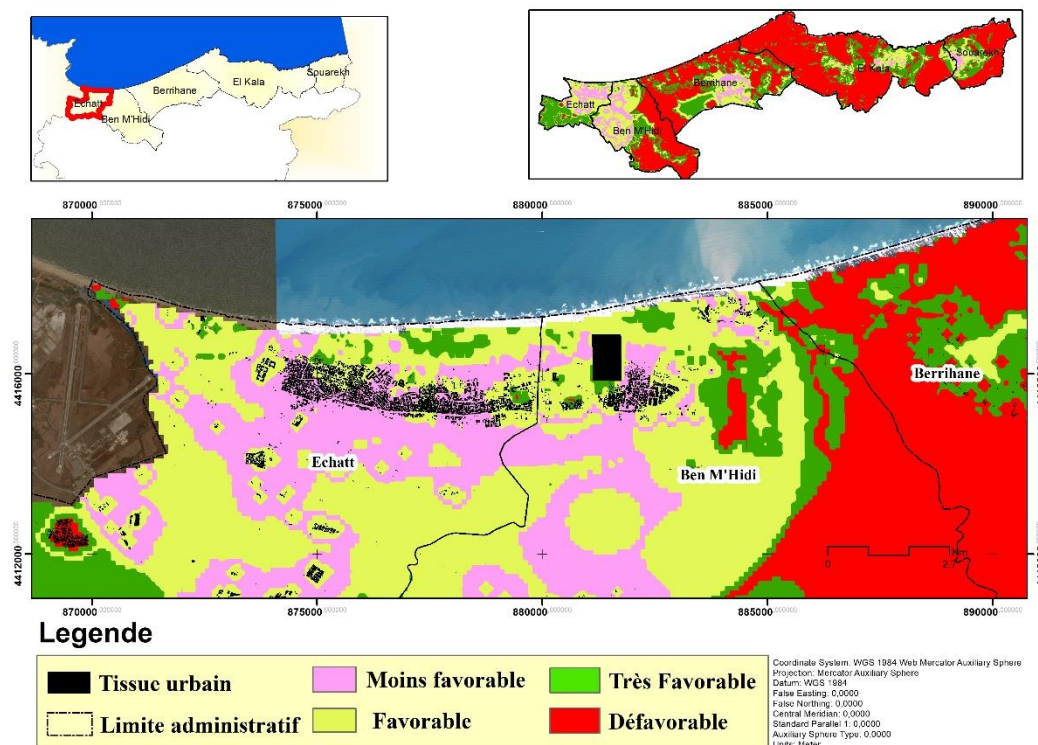


Figure 3. 68: choix de localisations des sites pour réaliser une STEP cas commune d'Echatt

3.7.5.3.5. Commune de Benmhidi

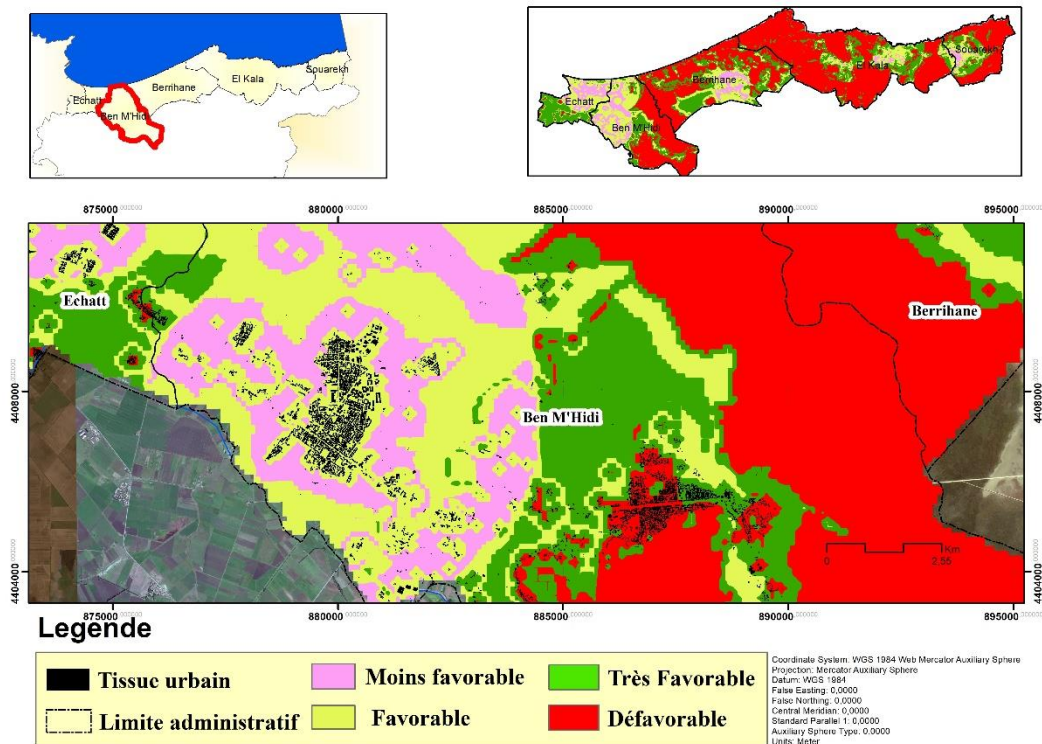


Figure 3. 69 : choix de localisations des sites pour réaliser une STEP cas commune BenMhidi

3.7.3.4. Discussion

L'utilisation du Système d'Information Géographique (SIG) et de la télédétection pour le choix d'un site de construction d'une station d'épuration des eaux usées offre des avantages et des inconvénients distincts, qu'il est important de considérer dans le cadre d'une étude de ce type.

Le SIG permet une analyse spatiale avancée en intégrant des données géographiques variées, telles que les données topographiques, hydrologiques, et environnementales, facilitant ainsi l'identification des sites potentiels pour la construction de la station d'épuration. Il permet l'intégration de divers types de données (imagerie satellite, cartes, données démographiques) dans une seule plateforme, fournissant une vision complète du territoire et des facteurs environnementaux qui influencent le choix du site. La cartographie précise générée par le SIG est utile pour visualiser les sites candidats et leurs caractéristiques, ainsi que pour évaluer leur accessibilité et leur proximité aux infrastructures existantes. En combinant des critères environnementaux, économiques et sociaux, le SIG peut aider à optimiser le choix du site en identifiant la localisation la plus appropriée d'un point de vue technique et économique. Les outils de simulation et de modélisation intégrés au SIG permettent d'anticiper les impacts potentiels de la station d'épuration sur l'environnement et d'ajuster la conception du projet en conséquence.

Chapitre 3 : Étude des Pressions Anthropiques sur les Écosystèmes Côtiers : Analyse des Sources et Gestion des Risques.

En note aussi que ce processus comporte certaines limites car la mise en place d'un SIG nécessite des investissements importants en termes de matériel, de logiciels, de formation et de maintenance, ce qui peut être un frein, surtout pour des projets à petite échelle. L'utilisation du SIG nécessite une formation spécialisée et une expertise pour une utilisation efficace, ce qui peut représenter un défi pour les équipes non familiarisées avec cette technologie. La qualité des résultats obtenus dépend de la qualité, de la disponibilité et de l'actualité des données utilisées, ce qui peut parfois être limitant, surtout dans des zones où les données sont rares ou peu fiables. Les évolutions rapides dans le domaine des technologies de l'information peuvent rendre les équipements ou les logiciels obsolètes rapidement, nécessitant des mises à jour fréquentes et des coûts associés. Bien que le SIG offre une vue d'ensemble du territoire, il peut être limité dans la perception des aspects qualitatifs ou émotionnels du site qui peuvent être importants pour le choix final, tels que les préférences locales ou la perception communautaire.

En conclusion, malgré quelques limitations et défis, l'utilisation du SIG et de la télédétection pour le choix d'un site pour une station d'épuration des eaux usées offre des avantages significatifs en matière d'analyse spatiale, d'intégration de données, de précision cartographique et de prise de décision éclairée. Ces technologies peuvent grandement contribuer à des projets environnementaux durables et bien planifiés.

Conclusion globale

Conclusion globale sur la thèse

La zone côtière de la wilaya d'El Tarf en Algérie abrite un écosystème littoral fragile qui est actuellement confronté à de nombreuses infractions et menaces qui mettent en péril son équilibre environnemental. Au cours de notre étude approfondie de cette région, nous avons identifié plusieurs problèmes préoccupants.

- Les impacts négatifs de l'urbanisation sur les environnements naturels peuvent être extrêmement préjudiciables. Une des principales conséquences de l'urbanisation non contrôlée est la destruction des habitats naturels. Au fur et à mesure que les zones urbaines s'étendent, elles empiètent sur les écosystèmes et les détruisent, y compris l'écosystème des dunes d'El Tarf en Algérie (**Belloulou et al., 2023**). Cette destruction entraîne le déplacement et l'extinction de diverses espèces végétales et animales, ce qui se traduit par une perte de biodiversité. De plus, l'urbanisation non contrôlée perturbe les processus écologiques tels que le drainage des eaux et le cycle des nutriments, conduisant à des déséquilibres au sein de l'écosystème (**Khallef et al., 2021**). En plus des conséquences écologiques, l'urbanisation non contrôlée a également des implications socio-économiques, telles que la croissance démographique et la pression sur les ressources, les défis en matière d'infrastructures et de services, et les implications économiques pour les communautés locales.

Pour répondre à ces problèmes, des stratégies d'atténuation pour un développement urbain durable sont essentielles, notamment une planification et une gestion efficaces de l'utilisation des sols. Les efforts de conservation et de restauration de l'écosystème des dunes, ainsi que l'implication des communautés et les campagnes de sensibilisation, sont également cruciaux pour atténuer les impacts de l'urbanisation non contrôlée. Il y a des villes ayant réussi des pratiques de développement urbain durable (<https://fr.digi.com/blog/post/sustainable-city>) peuvent fournir de précieuses leçons pour gérer l'urbanisation à El Tarf comme :

Copenhague, Danemark - est souvent citée comme l'une des villes les plus durables au monde. Elle a investi massivement dans les infrastructures cyclables, réduit les émissions de carbone et encourage l'utilisation des énergies renouvelables. La ville vise à devenir neutre en carbone d'ici 2025.

Vancouver, Canada - se concentre sur la construction de bâtiments durables, la conservation de l'eau, et la promotion des transports en commun. La ville a réussi à réduire considérablement ses émissions de gaz à effet de serre tout en favorisant une haute qualité de vie pour ses habitants.

Curitiba, Brésil - est un exemple de gestion des transports publics durables. Elle est reconnue pour son système de bus rapide et son plan d'aménagement urbain axé sur la préservation de l'environnement.

Stockholm, Suède - s'est engagée dans la réduction des émissions de CO₂, l'utilisation d'énergies renouvelables et la préservation de ses espaces verts. La ville a développé un système de chauffage urbain alimenté par des énergies renouvelables.

Reykjavik, Islande - tire avantage de l'énergie géothermique pour chauffer les bâtiments et générer de l'électricité, réduisant ainsi les émissions de CO₂.

Les recommandations politiques comprennent le renforcement de la réglementation sur le développement urbain, l'intégration des considérations environnementales dans la planification urbaine et le renforcement de la collaboration entre les gouvernements, les communautés et les organisations environnementales. Dans l'ensemble, l'impact de l'urbanisation non contrôlée sur l'écosystème des dunes d'El Tarf en Algérie est significatif, nécessitant une action urgente pour assurer un développement durable et la protection de l'environnement.

- La gestion des déchets dans la wilaya d'El Tarf est un enjeu majeur qui nécessite une attention particulière. La région fait face à de nombreux défis liés à la collecte, au traitement et à l'élimination des déchets. Parmi les principales préoccupations figurent les méthodes de collecte et de fréquence, les techniques d'élimination et les installations disponibles, ainsi que les initiatives de recyclage et de compostage.

Différents types de déchets sont générés dans la wilaya d'El Tarf, notamment les déchets ménagers, industriels et agricoles. Ces déchets peuvent avoir un impact considérable sur l'environnement, notamment en polluant l'air, l'eau et les sols, en perturbant la biodiversité et les écosystèmes, et en posant des risques pour la santé humaine et animale.

Malgré les réglementations nationales existantes en matière de gestion des déchets, la mise en œuvre effective de ces mesures dans la wilaya d'El Tarf reste un défi. Des initiatives et programmes locaux sont également nécessaires pour compléter les efforts au niveau national. Cependant, il existe des obstacles tels que le manque d'infrastructures et de ressources, le manque de sensibilisation et de participation du public, ainsi que le financement insuffisant pour les projets de gestion des déchets.

Pour surmonter ces défis, il est crucial d'explorer des solutions innovantes telles que les technologies de valorisation des déchets en énergie, les approches d'économie circulaire et les partenariats public-privé (existe mais très limitée une seule société EPIC de collecte de déchets « EURNET »). En outre, il serait bénéfique d'étudier les bonnes pratiques mises en œuvre dans d'autres régions et d'examiner leur applicabilité à El Tarf. Des recommandations clés pour améliorer la gestion des déchets comprennent le renforcement des systèmes de collecte et de ségrégation, la promotion du recyclage et du compostage, ainsi que l'amélioration de la sensibilisation du public et des programmes éducatifs.

Donc, il est essentiel d'accorder une attention accrue à la gestion des déchets dans la wilaya d'El Tarf afin de préserver l'environnement, de protéger la santé publique et de promouvoir le développement durable. La mobilisation de tous les acteurs concernés, y compris les décideurs politiques et les parties prenantes, est nécessaire pour atteindre ces objectifs.

- L'étude sur l'érosion côtière dans la wilaya d'El Tarf révèle des résultats significatifs. Elle identifie à la fois des facteurs naturels et humains comme principales causes de l'érosion côtière. Les facteurs naturels comprennent l'action des vagues, le transport des sédiments et la montée du niveau de la mer, tandis que les activités humaines telles que le développement côtier inapproprié et l'extraction de sable contribuent au problème. Les impacts de l'érosion côtière sont graves, affectant à la fois l'environnement et les aspects socio-économiques de la wilaya. Les impacts environnementaux comprennent la perte de plages, de biodiversité et

d'infrastructures côtières. Les impacts socio-économiques impliquent le déplacement des communautés, les dommages causés au tourisme et la perte des moyens de subsistance.

L'étude sur l'érosion côtière dans la wilaya d'El Tarf met en évidence la nécessité de recherches et d'actions futures. Les recherches et les actions futures pour une gestion efficace de l'érosion côtière doivent prendre en compte les facteurs naturels et humains qui y contribuent. Afin de résoudre efficacement ce problème, les recommandations suivantes sont proposées. Tout d'abord, des recherches supplémentaires devraient être menées pour comprendre les facteurs naturels qui contribuent à l'érosion côtière, tels que les modèles de vagues et le transport des sédiments. De plus, il est crucial d'étudier l'impact des activités humaines, telles que le développement côtier et l'extraction de sable, afin de développer des stratégies d'atténuation ciblées. En outre, il est recommandé d'évaluer les impacts environnementaux et socio-économiques à long terme de l'érosion côtière pour orienter les processus de prise de décision. Enfin, l'intégration de la planification foncière et de réglementations de zonage peut aider à éviter tout développement futur dans les zones sensibles à l'érosion. Ces recommandations visent à guider les recherches et les actions futures pour une gestion efficace de l'érosion côtière dans la wilaya d'El Tarf.

- Les incendies dans la wilaya d'El Tarf sont un problème récurrent, et leur fréquence et gravité sont souvent influencées par l'activité humaine, tant de manière positive que négative. Ces incendies ne sont pas un phénomène isolé, mais font partie d'un problème plus vaste d'incendies de forêt en Algérie (**Meddour-Sahar & Bouisset, 2013**).

D'une part, les incendies peuvent être déclenchés par des activités humaines néfastes telles que l'abandon de déchets inflammables, les feux de camp non maîtrisés, ou même les incendies criminels. Ces actions humaines irresponsables amplifient les risques d'incendies de forêt et dégradent l'environnement, causant des pertes de biodiversité et menaçant les écosystèmes naturels.

L'influence de l'homme sur ces incendies est significative. D'une part, les activités humaines telles que la déforestation, l'urbanisation inappropriée et les pratiques agricoles non durables contribuent à accroître le risque d'incendies forestiers, la gestion inadéquate des ressources naturelles et les comportements imprudents, tels que les feux allumés négligemment, aggravent la fréquence et l'intensité des incendies

D'autre part, l'intervention humaine peut également jouer un rôle positif dans la gestion des incendies. Les efforts déployés par les services de lutte contre les incendies et les communautés locales pour la prévention et la maîtrise des incendies sont essentiels. Ces équipes s'efforcent de protéger les ressources naturelles, de minimiser les dommages aux infrastructures et de garantir la sécurité des habitants.

En somme, les incendies dans la wilaya d'El Tarf sont une menace qui peut être exacerbée ou atténuée par les actions humaines. La sensibilisation, la prévention, et l'intervention adéquate sont essentielles pour réduire les risques d'incendies et minimiser leurs impacts négatifs sur l'environnement et les communautés locales.

- Les inondations récurrentes dans la wilaya d'El Tarf engendrent des conséquences dévastatrices, impactant les habitants, l'environnement et l'économie locale. Notre étude met en lumière le rôle prépondérant de l'homme dans l'aggravation de ce phénomène.

L'urbanisation non planifiée et la croissance démographique rapide ont entraîné une expansion importante des zones résidentielles et industrielles. Cette urbanisation désordonnée a transformé de vastes étendues en surfaces imperméables, perturbant l'absorption naturelle de l'eau de pluie par le sol. La déforestation et la destruction des zones humides ont aussi contribué, en diminuant la capacité de régulation des débits des rivières.

De plus, la gestion inadéquate des déchets et la pollution des cours d'eau ont réduit la capacité des écosystèmes à traiter efficacement l'eau. Les activités de construction ont également exacerbé le problème, avec des canalisations insuffisantes contribuant à l'accumulation d'eau dans les zones à risque.

Pour atténuer les risques d'inondation, il est crucial de prendre des mesures ciblées, telles que l'entretien régulier des réseaux de canalisation, la réévaluation des voies de communication pour assurer un écoulement adéquat, l'assainissement des laisses de crue et la surélévation contrôlée des berges des oueds. Cependant, ces mesures doivent être équilibrées pour ne pas compromettre des écosystèmes fragiles tels que les zones humides.

Donc, une gestion équilibrée et durable est impérative pour assurer la sécurité des habitants tout en préservant l'intégrité environnementale de la région d'El Tarf. Des politiques de développement durables, la préservation de l'environnement et la modernisation des infrastructures de gestion des eaux pluviales sont essentielles pour répondre à ce défi complexe.

- L'évacuation des eaux usées et industrielles directement dans le milieu naturel sans traitement approprié est une problématique environnementale préoccupante dans la Wilaya d'El Tarf. Cette pratique met en péril la santé des écosystèmes marins et côtiers, ainsi que la qualité de vie des habitants de la région. Elle révèle une lacune dans la gestion des déchets et des rejets dans cette zone côtière.

Les eaux usées et industrielles contiennent divers polluants potentiellement dangereux tels que les produits chimiques, les métaux lourds, les nutriments et les micro-organismes pathogènes. Ces substances peuvent avoir des effets nocifs sur la faune et la flore marines, perturbant les écosystèmes et affectant la biodiversité.

Les rejets non traités dans le milieu naturel peuvent entraîner une eutrophisation, un phénomène où une surabondance de nutriments comme les nitrates et les phosphates favorise la prolifération d'algues. Cela peut conduire à la formation de "marées vertes", qui dégradent la qualité de l'eau et privent les autres organismes aquatiques d'oxygène, provoquant des zones mortes.

De plus, les métaux lourds contenus dans les rejets industriels peuvent s'accumuler dans les organismes marins et, par le biais de la chaîne alimentaire, atteindre les humains, provoquant des problèmes de santé sérieux.

Pour résoudre ce problème, des actions concrètes doivent être mises en œuvre. Tout d'abord, il est essentiel d'établir des normes strictes pour le rejet des eaux usées et industrielles, exigeant un traitement adéquat avant toute dispersion dans le milieu naturel. Les entreprises doivent être encouragées et réglementées pour adopter des pratiques durables et respectueuses de l'environnement.

Un investissement dans des infrastructures de traitement des eaux modernes et efficaces est indispensable pour garantir que ces rejets soient épurés de manière appropriée. Il est également important de sensibiliser et d'éduquer la population et les industries sur les impacts néfastes des rejets non traités, afin de promouvoir un changement de comportement et une meilleure gestion des déchets.

Donc, il est impératif de remédier à cette problématique en adoptant des politiques environnementales rigoureuses, des réglementations adéquates et une surveillance continue pour assurer la préservation des écosystèmes côtiers de la Wilaya d'El Tarf et garantir un avenir durable pour les générations à venir. Cela nécessite une collaboration entre les autorités locales, les entreprises, les communautés locales et les organisations environnementales pour mettre en place des mesures efficaces de gestion des déchets et des rejets.

- Les défis cruciaux associés à la gestion des déchets solides des ordures ménagères se concentrent sur leur emplacement et les conditions de stockage présentes dans les décharges sauvages non réglementées. Ces sites non réglementés posent un grave problème environnemental et sanitaire, compromettant la qualité de l'air, de l'eau et des sols, et menaçant la santé des populations locales et de la faune.

Une fois ces décharges illégales éliminées, l'action prépondérante des autorités publiques est d'entreprendre la décontamination de ces zones. Cela implique une série de procédures et d'actions coordonnées visant à réhabiliter ces terrains précédemment pollués. La décontamination comprend la collecte et le traitement des déchets dangereux et non dangereux, l'élimination appropriée des substances toxiques, la restauration des sols et des eaux contaminés, ainsi que la réhabilitation des écosystèmes dégradés.

Cette phase exige une planification minutieuse, une expertise technique et un engagement à long terme des autorités locales. Elle nécessite également des ressources adéquates pour garantir une décontamination efficace et une restauration environnementale durable. De plus, les communautés locales doivent être impliquées dans le processus de décontamination, en favorisant la sensibilisation et en éduquant sur les bonnes pratiques environnementales.

L'objectif ultime de la décontamination est de rendre ces terrains viables à nouveau, de les intégrer dans l'écosystème environnant de manière saine, et de prévenir ainsi toute menace future pour la santé publique et l'environnement. Cela nécessite des politiques de gestion des déchets solides robustes et une coopération continue entre les autorités publiques, les organisations environnementales et la population locale.

- La caractérisation des sources anthropiques en milieu marin dans la wilaya d'El Tarf, en utilisant la télédétection et les Systèmes d'Information Géographique (SIG), est un domaine de recherche crucial pour évaluer et comprendre l'impact humain sur les écosystèmes marins de cette région. A l'aide de La télédétection nous sommes arrivés à identifier et de localiser précisément les activités humaines le long de la côte d'El Tarf, telles que les ports, les zones industrielles, les déversements de déchets, etc. Cela fournit une base essentielle pour caractériser les sources anthropiques.

Donc notre recherche est fondamentale pour une gestion durable des ressources marines et pour prendre des décisions informées en matière de conservation et de protection de l'environnement marin.

La télédétection et les systèmes d'information géographiques (SIG) offrent un potentiel considérable pour l'aide à la caractérisation des sources anthropiques dans le domaine marin. Cependant, il existe des limites et des perspectives à considérer dans cette démarche.

Limites :

- **Résolution spatiale et temporelle limitée** : Les images satellitaires et les données collectées par les SIG peuvent avoir une résolution spatiale et temporelle limitée, ce qui peut réduire la précision de la caractérisation des sources anthropiques, en particulier pour les phénomènes ponctuels ou à évolution rapide.
- **Interprétation des données** : L'interprétation des données de télédétection peut être complexe, nécessitant des compétences spécifiques. Les caractéristiques anthropiques peuvent être confondues avec des caractéristiques naturelles, ce qui peut entraîner des erreurs d'analyse.
- **Dépendance aux conditions météorologiques** : La télédétection peut être entravée par des conditions météorologiques défavorables, telles que la couverture nuageuse, ce qui limite la collecte de données en temps réel.
- **Coûts élevés** : Les coûts associés à l'acquisition d'images satellitaires de haute qualité, à la mise en place de SIG sophistiqués et à la formation du personnel peuvent être prohibitifs pour certaines régions ou organisations.

En résumé, la télédétection et les SIG jouent un rôle clé dans la caractérisation des sources anthropiques marines, mais des défis subsistent en termes de résolution, d'interprétation des données, de coûts et de conditions météorologiques. Cependant, les perspectives futures sont prometteuses grâce à l'amélioration de la technologie, à l'intégration de données multi-capteurs, à l'utilisation de l'apprentissage automatique, à la surveillance en temps réel et à l'accent sur la sensibilisation et l'éducation environnementale.

Perspectives :

Pour améliorer la gestion des zones côtières de la wilaya d'El Tarf, il est nécessaire de prendre en compte les défis actuels et les solutions possibles.

- **Gestion des écosystèmes fragiles** : Il est essentiel de protéger et de restaurer les écosystèmes fragiles, tels que les dunes et les forêts côtières. Cela peut être fait en impliquant les communautés locales dans les efforts de conservation et en mettant en œuvre des campagnes de sensibilisation.
- **Planification et gestion des zones urbaines** : Il est important de planifier et de gérer les zones urbaines de manière durable pour éviter l'urbanisation non contrôlée, qui peut entraîner la destruction des habitats naturels et la perte de biodiversité.
- **Gestion des déchets** : La gestion des déchets dans la wilaya d'El Tarf est un enjeu majeur. Il est nécessaire d'explorer des solutions innovantes, telles que les technologies de valorisation des déchets en énergie, les approches d'économie circulaire et les partenariats public-privé.

- **Érosion côtière** : Il est important de comprendre les facteurs naturels et humains qui contribuent à l'érosion côtière pour développer des stratégies d'atténuation ciblées.
- **Incendies forestiers** : La gestion des incendies forestiers dans la wilaya d'El Tarf est un problème récurrent. Il est nécessaire de sensibiliser la population à la prévention des incendies et de mettre en œuvre des mesures pour maîtriser les incendies.
- **Inondations** : Pour réduire les risques d'inondation, il est nécessaire de prendre des mesures ciblées, telles que l'entretien régulier des réseaux de canalisation, la réévaluation des voies de communication pour assurer un écoulement adéquat, l'assainissement des laisses de crue et la surélévation contrôlée des berges des oueds.
- **Eaux usées et industrielles** : Il est essentiel de mettre en œuvre des mesures pour éviter l'évacuation directe des eaux usées et industrielles dans le milieu naturel sans traitement approprié.
- **Financement et infrastructures** : Il est nécessaire d'explorer des sources de financement pour soutenir les projets de gestion des zones côtières et de mettre en œuvre des infrastructures nécessaires pour assurer une gestion durable et efficace des zones côtières de la wilaya d'El Tarf.

En résumé, pour améliorer la gestion des zones côtières de la wilaya d'El Tarf, il est nécessaire de prendre en compte les défis actuels et de mettre en œuvre des solutions innovantes et durables. Il est essentiel d'associer les communautés locales, les décideurs politiques et les partenaires privés pour atteindre ces objectifs.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- Abdikan, S., Sekertekin, A., Ustunern, M., Sanli, F. B., & Nasirzadehdizaji, R. (2018). Backscatter analysis using multi-temporal Sentinel-1 SAR data for crop growth of maize in Konya Basin, Turkey. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.*, 42, 9-13.
- Ackermann, G., Mering, C., & Quensiere, J. (2003). Analysis of built-up areas extension on the Petite Côte region (Senegal) by remote sensing. *Cybergeo: European Journal of Geography*.
- Adjagodo, A., Tchibozo, M. A. D., Kelome, N. C., & Lawani, R. (2016). Flux des polluants liés aux activités anthropiques, risques sur les ressources en eau de surface et la chaîne trophique à travers le monde: synthèse bibliographique. *International journal of biological and chemical sciences*, 10(3), 1459-1472.
- Akbulak, C., Tatlı, H., Aygün, G., & Sağlam, B. (2018). Forest fire risk analysis via integration of GIS, RS and AHP: The Case of Çanakkale, Turkey. *Journal of Human Sciences*, 15(4), 2127-2143.
- Al Barakeh, Z. (2012). *Suivi de pollution atmosphérique par système multi-capteurs-méthode mixte de classification et de détermination d'un indice de pollution* Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne].
- Amar, R. (2010). Impact de l'anthropisation sur la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes marins: exemple de la Manche-Mer du Nord. [*VertigO*] *La revue électronique en sciences de l'environnement*(8).
- Amyay, M., & OUAMMOU, A. (2022). APPORT DU SIG ET DE LA TELEDETECTION DANS LA DETERMINATION ET LE SUIVI DE LA DYNAMIQUE DE LA LIGNE DE RIVAGE: APPLICATION SUR LE LITTORAL DE LA BAIE D'AGADIR ET DES CHTOUKA OUEST (MAROC). *Geomaghreb*(16).
- Andreadis, S., Pantelidis, N., Gialampoukidis, I., Vrochidis, S., & Kompatsiaris, I. (2022). Water quality issues: Can we detect a creeping crisis with social media data? 2022 IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC),
- Assan, S. (2017). *Vers une répartition améliorée des sources de méthane anthropique* Université Paris-Saclay (ComUE)].
- Atroune, F., & KADRI, I. (2020). Chapter Diachronic evolution of the coastline of Bordj El Kiffane (Algiers, Algeria) in absence and presence of coastal protection structures.
- Axelrod, R. (1997). Advancing the art of simulation in the social sciences. In *Simulating social phenomena* (pp. 21-40). Springer.
- Baara, Y., Khelloufi, K., Clerc, J., Popov, S., Porterie, B., & Zekri, N. (2014). Characteristic length of radiative ignition from wildland flames. *Parte: <http://hdl.handle.net/10316.2/34013>*.
- Bachari Houma, F. (2009). *Modélisation et cartographie de la pollution marine et de la bathymétrie à partir de l'imagerie satellitaire* Paris Est].
- Baig, M. R. I., Ahmad, I. A., Shahfahad, Tayyab, M., & Rahman, A. (2020). Analysis of shoreline changes in Vishakhapatnam coastal tract of Andhra Pradesh, India: an application of digital shoreline analysis system (DSAS). *Annals of GIS*, 26(4), 361-376.
- Barragán, J. M., & De Andrés, M. (2015). Analysis and trends of the world's coastal cities and agglomerations. *Ocean & Coastal Management*, 114, 11-20.
- Basileu, C. (2011). *Modélisation structurelle des réseaux sociaux: application à un système d'aide à la décision en cas de crise sanitaire* Université Claude Bernard-Lyon I].
- Batini, C., & Scannapieco, M. (2016). Data and information quality. *Cham, Switzerland: Springer International Publishing*.

Références bibliographiques

- Bédard, Y. (1987). Sur les différents types de systèmes d'information à référence spatiale. *Actes du Congrès conjoint de carto-Québec et de l'Association canadienne de cartographie*, 73-87.
- Bédard, Y., Rivist, S., & Proulx, M.-J. (2007). Spatial online analytical processing (SOLAP): Concepts, architectures, and solutions from a geomatics engineering perspective. In *Data warehouses and OLAP: concepts, architectures and solutions* (pp. 298-319). IGI global.
- Belloulou, B., Bachari, F. H., & Guebbabi, I. (2023). IMPACT OF URBANIZATION ON THE DUNE ECOSYSTEM: CASE OF THE CITY OF ECHATT AND SIDI MBAREK (EL TARF). *African Journal of Land Policy and Geospatial Sciences*, 6(2), 215-231.
- Benavente, J., Del Río, L., Gracia, F. J., & Martínez-del-Pozo, J. A. (2006). Coastal flooding hazard related to storms and coastal evolution in Valdelagrana spit (Cadiz Bay Natural Park, SW Spain). *Continental Shelf Research*, 26(9), 1061-1076.
- Benz, U. C., Hofmann, P., Willhauck, G., Lingenfelder, I., & Heynen, M. (2004). Multi-resolution, object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS-ready information. *ISPRS Journal of photogrammetry and remote sensing*, 58(3-4), 239-258.
- Bergeron, M. (1993). *Vocabulaire de la géomatique: terminologie technique et industrielle, vocabulaire anglais-français*. Gouvernement du Québec, Office de la langue française.
- Berre, I. L., Hénaff, A., Devogèle, T., Mascret, A., & Wenzel, F. (2005). SPOT5: un outil pertinent pour le suivi du trait de côte? *Norois. Environnement, aménagement, société*(196), 23-35.
- Biederman, I. (1987). Recognition-by-components: a theory of human image understanding. *Psychological review*, 94(2), 115.
- Bigaignon, L. (2020). *Etude de l'impact de la variabilité climatique et de la pression anthropique liée à l'agriculture sur les émissions de N2O* Université Paul Sabatier-Toulouse III].
- Blaise, E. (2017). *Etude des dynamiques du trait de côte de la région Bretagne à différentes échelles spatio-temporelles* Université de Bretagne occidentale-Brest].
- Blaschke, T., & Strobl, J. (2001). What's wrong with pixels? Some recent developments interfacing remote sensing and GIS. *Zeitschrift für Geoinformationssysteme*, 12-17.
- Boak, E. H., & Turner, I. L. (2005). Shoreline definition and detection: a review. *Journal of coastal research*, 21(4), 688-703.
- Bonabeau, E. (2002). Agent-based modeling: Methods and techniques for simulating human systems. *Proceedings of the national academy of sciences*, 99(suppl_3), 7280-7287.
- Boulaassal, H., Anaki, S., Yazidi, O. A., Maatouk, M., & Wahbi, M. (2020). Cartographie des changements de l'occupation du sol entre 2002 et 2016 à partir des images Landsat. Cas de la région Tanger Tetouan Al-Hoceima (Maroc). *African Journal on Land Policy and Geospatial Sciences*, 3(3), 14-31.
- Bouroumi, M. T. (2014). *Impact de l'urbanisation sur l'évolution du littoral Cas de la commune de Ain el Turk* [Thèse, Université des Sciences et de la Technologie d'Oran].
- Bouteraa, M., & Rahmoune, C. (2014). Utilisation des végétaux pour l'évaluation de la pollution atmosphérique le long de l'autoroute Est-Ouest dans la région de Constantine.
- Bouyer, J. (2009). *Modélisation et simulation des microclimats urbains-Etude de l'impact de l'aménagement urbain sur les consommations énergétiques des bâtiments* Université de Nantes].

Références bibliographiques

- Bowman, D. M., Balch, J. K., Artaxo, P., Bond, W. J., Carlson, J. M., Cochrane, M. A., D'Antonio, C. M., DeFries, R. S., Doyle, J. C., & Harrison, S. P. (2009). Fire in the Earth system. *science*, 324(5926), 481-484.
- Breil, P. (2018). Intérêt des zones humides pour la prévention des inondations par ruissellement. *Sciences Eaux & Territoires pour tous*(2), 62-65.
- Brondizio, E. S., Settele, J., Díaz, S., & Ngo, H. T. (2019). Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.
- Burak, S., Dogan, E., & Gazioglu, C. (2004). Impact of urbanization and tourism on coastal environment. *Ocean & Coastal Management*, 47(9-10), 515-527.
- Burke, L., Reytar, K., Spalding, M., & Perry, A. (2011). *Reefs at risk revisited*. Washington, DC: World Resources Institute.
- Burton, I. (1993). *The environment as hazard*. Guilford press.
- Cadoret, A. (2011). Quelle durabilité des formes de régulation des conflits littoraux? *Vertigo-la revue électronique en sciences de l'environnement*(Hors-série 9).
- Callier L., C. B. e. N. C. (2002). Ilier L., Clozel B. et Nowak C. (2002) - Méthodes de recherche de l'origine de pollution(s) dans les sols ou dans les eaux souterraines - BRGM RP-51260-FR, . 133 p.
- Campbell, B. A. (2002). *Radar remote sensing of planetary surfaces*. Cambridge University Press.
- Campbell, J. (1996). Introduction to Remote Sensing. Taylor & Francis, London. *ERDAS IMAGINE*, 8.
- Caprioli, M., & Tarantino, E. (2001). Accuracy assessment of per-field classification integrating very fine spatial resolution satellite imagery with topographic data. *Journal of Geospatial Engineering*, 3(2), 127-134.
- Carboni, M., Santoro, R., & Acosta, A. T. (2010). Are some communities of the coastal dune zonation more susceptible to alien plant invasion? *Journal of Plant Ecology*, 3(2), 139-147.
- Chabi, N., Houma Bachari, F., Bachari, N. E.-I., & Bouda, A. (2023). Oil spill vulnerable areas in Arzew Gulf: a study case. *SN Applied Sciences*, 5(6), 158.
- Chemam, A., Hadjzobir, S., Daif, M., Altenberger, U., & Günter, C. (2018). Provenance analyses of the heavy-mineral beach sands of the Annaba coast, northeast Algeria, and their consequences for the evaluation of fossil placer deposit. *Journal of Earth System Science*, 127, 1-25.
- Chuvieco, E., Aguado, I., & Dimitrakopoulos, A. P. (2004). Conversion of fuel moisture content values to ignition potential for integrated fire danger assessment. *Canadian Journal of Forest Research*, 34(11), 2284-2293.
- Cohen, J. (1968). Weighted kappa: nominal scale agreement provision for scaled disagreement or partial credit. *Psychological bulletin*, 70(4), 213.
- Congedo, L. (2016). Semi-automatic classification plugin documentation. *Release*, 4(0.1), 29.
- Coppock, J. T., & Rhind, D. W. (1991). The history of GIS. *Geographical information systems: Principles and applications*, 1(1), 21-43.
- Cui, L., & Shi, J. (2012). Urbanization and its environmental effects in Shanghai, China. *Urban Climate*, 2, 1-15.
- Cutter, S. L. (1996). Vulnerability to environmental hazards. *Progress in human geography*, 20(4), 529-539.
- Dachary-Bernard, J., Gaschet, F., Lyser, S., Pouyanne, G., & Virol, S. (2011). L'impact de la littoralisation sur les marchés fonciers: une approche comparative des côtes basque et charentaise. *Economie et Statistique/Economics and Statistics*(444-445), 127-154.

Références bibliographiques

- Dacko, M., & Simon, F.-X. (2018). Apports des méthodes géophysiques à la caractérisation de la matérialité des routes antiques—Étude de la voie «Clermont-Le Mont-Dore»(Sur Champ-Veix, Saulzet-le-Froid, Puy-de-Dôme). Journée Régionale de l'Archéologie (Auvergne),
- Daeden, J. (2015). *Analyse des pressions anthropiques sur l'environnement littoral européen et français* Université de La Rochelle].
- Dagorne, A., Ottavi, J., Didier, P., Foucault, B., & Mahe, A. (1993). Le plan des espaces boisés, un outil de gestion des espaces forestiers et sub-forestiers. L'exemple de La Colle-sur-Loup (Alpes-Maritimes). *Forêt Méditerranéenne*, 14(4), 315-323.
- Daucher, D., & Koïta, A. (2009). Modélisation de trajectoires de véhicules en virage par analyse de données expérimentales—Application à la sécurité routière. *XIXe Congrès français de Mécanique (CFM'09), Marseille, France*, 24-28.
- de la Vega, L., C., Favennec, J., Gallego-Fernández J., et Pascual Vidal, C. (2012). Conservation des dunes côtières. Restauration et gestion durables en Méditerranée occidentale.
- De Sede, M., & Thériault, M. (1996). La représentation systémique du territoire: un concept structurant pour les SIRS institutionnels. *Revue internationale de géomatique*, 6(1), 27-50.
- Denègre, J. (1992). Nouvelles technologies au service de l'investigation géographique: le rôle de la télédétection spatiale et des systèmes d'information géographique. *SIGAS*, 2(2), 139-149.
- Deniel, C., & Viatte, C. (2019). Mesure des polluants depuis l'espace. *Annales des Mines-Responsabilité et environnement*,
- Deshayes, M., & Chery, J.-P. (2000). SIG, définitions et contraintes de mise en place. *Forêt méditerranéenne*, 21(1), 67-69.
- Devillers, R. (2004). *Conception d'un système multidimensionnel d'information sur la qualité des données géospatiales* Université de Marne la Vallée].
- Di, K., Wang, J., Ma, R., & Li, R. (2003). Automatic shoreline extraction from high-resolution IKONOS satellite imagery. *Proceeding of ASPRS 2003 Annual Conference*,
- Diallo, H., Bamba, I., Barima, Y. S. S., Visser, M., Ballo, A., Mama, A., Vranken, I., Maiga, M., & Bogaert, J. (2011). Effets combinés du climat et des pressions anthropiques sur la dynamique évolutive de la végétation d'une zone protégée du Mali (Réserve de Fina, Boucle du Baoulé). *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 22(2), 97-107.
- Diédhiou, I., Mering, C., Sy, O., & Sané, T. (2020). Cartographier par télédétection l'occupation du sol et ses changements. Application à l'analyse de la dynamique des paysages forestiers sénégalais entre 1972 et 2016. *EchoGéo*(54).
- Dolan, R., Fenster, M. S., & Holme, S. J. (1991). Temporal analysis of shoreline recession and accretion. *Journal of coastal research*, 723-744.
- Doumenge, C. (1990). *La conservation des écosystèmes forestiers du Zaïre* (Vol. 13). IUCN.
- Drury, S. A. (1998). *Images of the earth: a guide to remote sensing*. Oxford University Press.
- Durand, P. (2002). Approche méthodologique pour l'analyse de l'évolution des littoraux sableux par photo-interprétation. Exemple des plages situées entre les embouchures de l'Aude et de l'Hérault (Languedoc, France). *Photo-Interprétation. European Journal of Applied Remote Sensing*, 38(1-2), 3-20.
- Durieux, L., Lagabrielle, E., & Nelson, A. (2008). A method for monitoring building construction in urban sprawl areas using object-based analysis of Spot 5 images and existing GIS data. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 63(4), 399-408.

Références bibliographiques

- Eagle, N., Pentland, A., & Lazer, D. (2009). Inferring friendship network structure by using mobile phone data. *Proceedings of the national academy of sciences*, 106(36), 15274-15278.
- el Imène Mouhoubi, N., Belkessa, R., & Otmani, H. (2022). Assessment of the vulnerability of zemmouri bay to coastal erosion, diachronic study between 1957 and 2017. *Acta geographica Debrecina Landscape & Environment series*, 16(1), 15-30.
- El Kayssi, Y., Hilali, M., Kouz, T., & Kacimi, I. (2020). Évaluation de la vulnérabilité à la pollution des eaux souterraines par la méthode DRASTIC: cas de la nappe alluviale de Rich (Haut Atlas central, Maroc). *Revue des Sciences de l'Eau*, 32(4), 317-334.
- Elkafrawy, S. B., Basheer, M. A., Mohamed, H. M., & Naguib, D. M. (2021). Applications of remote sensing and GIS techniques to evaluate the effectiveness of coastal structures along Burullus headland-Eastern Nile Delta, Egypt. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 24(2), 247-254.
- Emun, G. (2010). Multi criteria approach for suitable quarry site selection in Addis Ababa using remote sensing and GIS. *Unpublished M. Sc. Thesis, Addis Ababa University, Ethiopia*.
- Ennouali, Z., Fannassi, Y., Benmohammadi, A., Al-Mutiry, M., & Masria, A. (2023). Shoreline change detection along North Sebou–Moulay Bouselham, based on remote sensing analysis. *Regional Studies in Marine Science*, 62, 102935.
- FAURE, J.-F., TRAN, A., GARDEL, A., & POLIDORI, L. (2004). Elaboration d'un indice de densité de population et analyse de sa distribution spatiale à Belém (Brésil) et Cayenne (Guyane Française). *Revue française de photogrammétrie et de télédétection*(173-74), 135-144.
- Favez, O. (2008). Caractérisation physico-chimique de la pollution particulaire dans des mégapoles contrastées. *Université Paris, Diderot, Paris*.
- Faye, I. B. N. (2010). *Dynamique du trait de côte sur les littoraux sableux de la Mauritanie a la Guinée-Bissau (Afrique de l'Ouest): Approches régionale et locale par photo-interprétation, traitement d'images et analyse de cartes anciennes* Université de Bretagne occidentale-Brest].
- Finkl, C. W., & Charlier, R. H. (2003). Sustainability of subtropical coastal zones in southeastern Florida: challenges for urbanized coastal environments threatened by development, pollution, water supply, and storm hazards. *Journal of Coastal Research*, 934-943.
- Fletcher, C., Rooney, J., Barbee, M., Lim, S.-C., & Richmond, B. (2003). Mapping shoreline change using digital orthophotogrammetry on Maui, Hawaii. *Journal of coastal research*, 106-124.
- Foody, G. M. (2002). Status of land cover classification accuracy assessment. *Remote sensing of environment*, 80(1), 185-201.
- Fouzia, H. B. (2019). *Monitoring of marine pollution*. BoD–Books on Demand.
- Gaertner, M., Den Breeyen, A., Hui, C., & Richardson, D. M. (2009). Impacts of alien plant invasions on species richness in Mediterranean-type ecosystems: a meta-analysis. *Progress in Physical Geography*, 33(3), 319-338.
- García-Mora, M., Gallego-Fernández, J., Williams, A., & García-Novo, F. (2001). A coastal dune vulnerability classification. A case study of the SW Iberian Peninsula. *Journal of coastal research*, 802-811.
- Gayte, O., Rouge, T. L., Cheylan, J.-P., & Lardon, S. (1997). *Conception des systèmes d'information sur l'environnement*. Hermès.
- Genz, A. S., Fletcher, C. H., Dunn, R. A., Frazer, L. N., & Rooney, J. J. (2007). The predictive accuracy of shoreline change rate methods and alongshore beach variation on Maui, Hawaii. *Journal of coastal research*, 23(1), 87-105.

Références bibliographiques

- Ghodbani, T., & Bougherira, A. (2019). Le littoral algérien entre protection de l'environnement et impératifs du développement, Enjeux et Perspectives. *Geo-Eco-Trop*, 43(4), 559-568.
- Ghorai, D., & Mahapatra, M. (2020). Extracting shoreline from satellite imagery for GIS analysis. *Remote Sensing in Earth Systems Sciences*, 3(1-2), 13-22.
- Gonzalez, H., Hagerling, C., & Werb, Z. (2018). Roles of the immune system in cancer: from tumor initiation to metastatic progression. *Genes & development*, 32(19-20), 1267-1284.
- Goodchild, M. F. (1992). Geographical information science. *International journal of geographical information systems*, 6(1), 31-45.
- Goumrassa, A., Zerrouki, C., Hemdane, Y., Bouhmadouche, M., Guendouz, M., & Guettouche, M. S. (2021). GIS to identify exposed shoreline sectors to wave impacts: case of El Tarf coast. *Applied Geomatics*, 13(4), 493-498.
- Gourmelon, F. (2003). *La contribution des SIG à la connaissance et à la gestion de l'environnement littoral* Université de Bretagne occidentale-Brest].
- Gourmelon, F., & Robin, M. (2005). *SIG et littoral. Traité IGAT (Information Géographique et Aménagement du Territoire)*. Hermès.
- Grottoli, E., Biauxque, M., Rogers, D., Jackson, D. W., & Cooper, J. A. G. (2020). Structure-from-motion-derived digital surface models from historical aerial photographs: A new 3D application for coastal dune monitoring. *Remote Sensing*, 13(1), 95.
- Guo, M., Shu, S., Ma, S., & Wang, L.-J. (2021). Using high-resolution remote sensing images to explore the spatial relationship between landscape patterns and ecosystem service values in regions of urbanization. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(40), 56139-56151.
- Habiki, H., & Benslma, L. (2016). Exploitation of beach sand and coastal dunes. Impact on the equilibrium of coastline between Boumerdes and Zemmouri El-Bahri (East Algiers), Algeria. *Revue Paralia*, 8.
- Hamm, M. S. (1995). *The abandoned ones: The imprisonment and uprising of the Mariel boat people*. Upne.
- Han, D., Ren-Chao, W., Jia-Ping, W., Bin, Z., Zhou, S., & Li-Xia, D. (2007). Quantifying land use change in Zhejiang coastal region, China using multi-temporal Landsat TM/ETM+ images. *Pedosphere*, 17(6), 712-720.
- Hauhouot, C. (2004). Les pressions anthropiques sur les milieux naturels du sud-est ivoirien. *Geo-Eco-Trop*, 28(1-2), 69-82.
- Helbing, D. (2013). Globally networked risks and how to respond. *Nature*, 497(7447), 51-59.
- Hesp, P., Schmutz, P., Martinez, M. M., Driskell, L., Orgera, R., Renken, K., Revelo, N. A. R., & Orocio, O. A. J. (2010). The effect on coastal vegetation of trampling on a parabolic dune. *Aeolian Research*, 2(2-3), 105-111.
- Heyes, A., Moore, T., Rudd, J. W., & Dugoua, J. (2000). Methyl mercury in pristine and impounded boreal peatlands, Experimental Lakes Area, Ontario. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 57(11), 2211-2222.
- Higgs, G. (2006). Integrating multi-criteria techniques with geographical information systems in waste facility location to enhance public participation. *Waste management & research*, 24(2), 105-117.
- Ho, W. (2008). Integrated analytic hierarchy process and its applications—A literature review. *European Journal of operational research*, 186(1), 211-228.
- Ho, W., & Ma, X. (2018). The state-of-the-art integrations and applications of the analytic hierarchy process. *European Journal of operational research*, 267(2), 399-414.
- Houma, F., & Bachari, N. (2012). Solar radiation modeling and simulation of hyperspectral satellite data. *Journal of Renewable Energies*, 15(1), 131-154-131-154.

Références bibliographiques

- Hu, Z., & Lo, C. (2007). Modeling urban growth in Atlanta using logistic regression. *Computers, environment and urban systems*, 31(6), 667-688.
- Idoughi, R. (2015). *Caractérisation de polluants atmosphériques à haute résolution spatiale par télédétection optique* INSTITUT SUPERIEUR DE L'AERONAUTIQUE ET DE L'ESPACE (ISAE)].
- Interne, R. (2015). *VULNERABILITE DE LA BIODIVERSITE MARINE DE TOAMASINA FACE AUX DIVERSES ACTIVITES ANTHROPIQUES* UNIVERSITE D'ANTANANARIVO].
- Jensen, J. R. (1996). *Introductory digital image processing: a remote sensing perspective*. Prentice-Hall Inc.
- Jensen, J. R. (2009). *Remote sensing of the environment: An earth resource perspective 2/e*. Pearson Education India.
- Jensen, R. R., Gatrell, J. D., McLean, D. D., Weng, Q., & Larson, R. C. (2005). Satellite remote sensing of urban heat islands: current practice and prospects. *Geo-spatial technologies in urban environments*, 91-111.
- Jia, X., & Richards, J. A. (1999). Segmented principal components transformation for efficient hyperspectral remote-sensing image display and classification. *IEEE transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 37(1), 538-542.
- Jin-Song, D., Ke, W., Jun, L., & Yan-Hua, D. (2009). Urban land use change detection using multisensor satellite images. *Pedosphere*, 19(1), 96-103.
- Journaux, A. (1985). *Cartographie intégrée de l'environnement: un outil pour la recherche et pour l'aménagement*.
- Judge, V. (2019). *Apport de l'apprentissage automatique pour la modélisation et l'analyse des changements d'occupation du sol* Université Bourgogne Franche-Comté].
- Juigner, M., Robin, M., Fattal, P., Maanan, M., Le Guern, C., Gouguet, L., Baudouin, V., & Debaine, F. (2013). Cinématique d'un trait de côte sableux en Vendée entre 1920 et 2010. *Dynamiques Environnementales-Journal international des géosciences et de l'environnement*(30), 29-39.
- Kacemi, M. (2011). Protection and development of the coastal areas in Algeria: Legislation and instruments, The Case of Oran's Coastal areas. *Etudes Caribéenne DOI*, 10.
- Kacemi, M. (2013). Protection et valorisation du littoral en Algérie: législation et instruments: Le cas des communes littorales d'Oran. *Études caribéennes*(20).
- Kpedenou, K. D., Boukpepsi, T., & Tchamie, T. T. K. (2016). Quantification des changements de l'occupation du sol dans la préfecture de Yoto (sud-est Togo) à l'aide de l'imagerie satellitaire Landsat. *Revue des Sciences de l'Environnement*(13), 137-156.
- Kustas, W. P., Daughtry, C. S., & Van Oevelen, P. J. (1993). Analytical treatment of the relationships between soil heat flux/net radiation ratio and vegetation indices. *Remote sensing of environment*, 46(3), 319-330.
- l'urbanisme, F. S. t. d. (1992). *Systèmes d'information géographique pour petites communes: guide méthodologique*. Les Editions du STU.
- Lacroix, V., Idrissa, M., Hincq, A., Bruynseels, H., & Swartenbroekx, O. (2006). Detecting urbanization changes using SPOT5. *Pattern Recognition Letters*, 27(4), 226-233.
- Laurini, R., & Thompson, D. (1992). *Fundamentals of spatial information systems* (Vol. 37). Academic press.
- Le Berre, I. (1999). *Mise au point de méthodes d'analyse et de représentation des interactions complexes en milieu littoral* Brest].
- Le Guern, C., Fattal, P., Gouguet, L., Baudouin, V., Robin, M., Maanan, M., Debaine, F., Jaouen, J., Renault, R., & Juigner, M. (2012). *Observatoire du Littoral du Pays de Monts. Rapport d'activité, 58p* BRGM-Rapport d'activité, 58p.].

Références bibliographiques

- Leao, S., Bishop, I., & Evans, D. (2004). Spatial–temporal model for demand and allocation of waste landfills in growing urban regions. *Computers, Environment and Urban Systems*, 28(4), 353-385.
- Lecerf, R. (2008). *Suivi des changements d'occupation et d'utilisation des sols d'origine anthropique et climatique à l'échelle régionale par télédétection moyenne résolution (application à la Bretagne)* Université Rennes 2].
- Lefeuvre, J.-C. (1992). Les conflits d'utilisation en zone littorale. Le littoral, ses contraintes environnementales et ses conflits d'utilisation, Nantes, 1-4 juillet 1991,
- Leprieur, C., Kerr, Y., Mastorchio, S., & Meunier, J. (2000). Monitoring vegetation cover across semi-arid regions: comparison of remote observations from various scales. *International Journal of Remote Sensing*, 21(2), 281-300.
- Lillesand, T., Kiefer, R. W., & Chipman, J. (2015). *Remote sensing and image interpretation*. John Wiley & Sons.
- Liziard, S. (2013). *Littoralisation de la façade nord-méditerranéenne: analyse spatiale et prospective dans le contexte du changement climatique* Université Nice Sophia Antipolis].
- Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2015). *Geographic information science and systems*. John Wiley & Sons.
- Lu, D., Mausel, P., Brondizio, E., & Moran, E. (2004). Change detection techniques. *International journal of remote sensing*, 25(12), 2365-2401.
- Mainguenaud, M., & Nisrine, S. (2006). Apport automatisé de sémantique lors de manipulations de documents géographiques.
- Masayi, N. N., Omondi, P., & Tsingalia, M. (2021). Assessment of land use and land cover changes in Kenya's Mt. Elgon forest ecosystem. *African Journal of Ecology*, 59(4), 988-1003.
- Masek, J., Lindsay, F., & Goward, S. (2000). Dynamics of urban growth in the Washington DC metropolitan area, 1973-1996, from Landsat observations. *International Journal of Remote Sensing*, 21(18), 3473-3486.
- McAllister, E., Payo, A., Novellino, A., Dolphin, T., & Medina-Lopez, E. (2022). Multispectral satellite imagery and machine learning for the extraction of shoreline indicators. *Coastal Engineering*, 174, 104102.
- McGranahan, G., Balk, D., & Anderson, B. (2007). The rising tide: assessing the risks of climate change and human settlements in low elevation coastal zones. *Environment and urbanization*, 19(1), 17-37.
- Meddour-Sahar, O., & Bouisset, C. (2013). Les grands incendies de forêt en Algérie: problèmes humains et politiques publiques dans la gestion des risques. *Méditerranée. Revue géographique des pays méditerranéens/Journal of Mediterranean geography*(121), 33-40.
- Merdas, S. (2007). Bilan des incendies de forêts dans quelques wilayas de l'Est algérien; cas de Bejaia, Jijel, Sétif et Bordj Bou-Arréridj. *Mémoire de Magistère en Ecologie et Environnement Université Mentouri Constantine*, 54p.
- Mohammed, O. A., Vafaei, S., Kurdalivand, M. M., Rasooli, S., Yao, C., & Hu, T. (2022). A Comparative Study of Forest Fire Mapping Using GIS-Based Data Mining Approaches in Western Iran. *Sustainability*, 14(20), 13625.
- Moreno-Casasola, P., Martínez, M. L., Castillo-Campos, G., & Campos, A. (2013). The impacts on natural vegetation following the establishment of exotic Casuarina plantations. In *Restoration of Coastal Dunes* (pp. 217-233). Springer.
- Mostari, A., Benabdeli, K., & Ferah, T. (2021). Assessment of the impact of urbanisation on agricultural and forest areas in the coastal zone of Mostaganem (western Algeria). *Ekológia (Bratislava)*, 40(3), 230-239.

Références bibliographiques

- Otmani, H., Belkessa, R., Rabehi, W., Guerfi, M., & Boukhliche, W. (2019). DÉGRADATION DES DUNES CÔTIÈRES ALGÉROISES ENTRE PRESSION DE L'URBANISATION ET CONSÉQUENCES SUR L'ÉVOLUTION DE LA LIGNE DE RIVAGE. *GeoEcoMarina*(25).
- Ozguven, M. M., & Adem, K. (2019). Automatic detection and classification of leaf spot disease in sugar beet using deep learning algorithms. *Physica A: statistical mechanics and its applications*, 535, 122537.
- Pachauri, R. K., Allen, M. R., Barros, V. R., Broome, J., Cramer, W., Christ, R., Church, J. A., Clarke, L., Dahe, Q., & Dasgupta, P. (2014). *Climate change 2014: synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Ipcc.
- Park, M.-H., & Stenstrom, M. K. (2008). Classifying environmentally significant urban land uses with satellite imagery. *Journal of environmental management*, 86(1), 181-192.
- Peuziat, I. I., & Le Berre, I. I. (2015). *Cartographie des activités humaines en mer côtière LETG-Brest Géomer, UMR 6554 CNRS, IUEM-UBO, Brest*].
- Pornon, H. (2015). *SIG-2e éd.: La dimension géographique du système d'information*. Dunod.
- Preiser, R., Biggs, R., De Vos, A., & Folke, C. (2018). Social-ecological systems as complex adaptive systems. *Ecology and Society*, 23(4).
- Prélaz-Droux, R. (1995). *Système d'information et gestion du territoire*. PPUR presses polytechniques.
- Project, F. R. A. (1996). *Forest resources assessment 1990: Survey of tropical forest cover and study of change processes*. Food & Agriculture Org.
- Quodverte, P. (1994). *Cartographie numérique et information géographique* Thèse de].
- Rabehi, W., Guerfi, M., Mahi, H., & Rojas-Garcia, E. (2019). Spatiotemporal monitoring of coastal urbanization dynamics: Case study of Algiers' Bay, Algeria. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 47, 1917-1936.
- Raghunath, M. (2006). Application of remote sensing and GIS in urban land suitability modeling at parcel level using multi-criteria decision analysis. *Indian Institute of Remote Sensing*.
- Rana, V. K., & Suryanarayana, T. M. V. (2020). Performance evaluation of MLE, RF and SVM classification algorithms for watershed scale land use/land cover mapping using sentinel 2 bands. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 19, 100351.
- Regrain, R. (1981). Données de télédétection et données de référence (Télédétection et «réalité de terrain»). *Annales de Géographie*,
- Remmache, K., Bachari, N., & Houma, F. (2020). Apport de la télédétection très haute résolution pour l'étude diachronique des plages de la région centre Algérienne.
- Rhind, D. (1987). Recent developments in geographical information systems in the UK. *International Journal of Geographical Information System*, 1(3), 229-241.
- Richards, J. A., & Jia, X. (2006). Image classification methodologies. *Remote sensing digital image analysis: An introduction*, 295-332.
- Ridd, M. K. (1995). Exploring a VIS (vegetation-impervious surface-soil) model for urban ecosystem analysis through remote sensing: comparative anatomy for cities. *International journal of remote sensing*, 16(12), 2165-2185.
- Roche, S. (1997). Les SIG: un regard nouveau sur l'espace et sa gestion. Études de cas en France et au Québec. *L'espace géographique*, 60-66.
- Rwanga, S. S., & Ndambuki, J. M. (2017). Accuracy assessment of land use/land cover classification using remote sensing and GIS. *International Journal of Geosciences*, 8(04), 611.
- SAATY. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill, New York, USA.

Références bibliographiques

- Saaty, T. L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of mathematical psychology*, 15(3), 234-281.
- Salgado, K., Martínez, M. L., Álvarez-Molina, L. L., Hesp, P., Equihua, M., & Mariño-Tapia, I. (2022). Impact of urbanization and landscape changes on the vegetation of coastal dunes along the Gulf of Mexico. *Écoscience*, 29(2), 103-116.
- Schlaepfer, R., & Bütler, R. (2002). Analyse de la dynamique du paysage. *Fiche d'enseignement*, 4, 11.
- Şener, Ş., Şener, E., & Bilgehan, N. (2011). Selection of landfill site using GIS and multicriteria decision analysis for Beyşehir Lake Catchment area (Konya, Turkey). *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 1(3), 134-144.
- Senouci, R., & Taibi, N.-E. (2019). Impact of the urbanization on coastal dune: Case of Kharrouba, West of Algeria. *Journal of Sedimentary Environments*, 4(1), 90-98.
- Seto, K. C., Fragkias, M., Güneralp, B., & Reilly, M. K. (2011). A meta-analysis of global urban land expansion. *PloS one*, 6(8), e23777.
- Shao, Z., Sumari, N. S., Portnov, A., Ujoh, F., Musakwa, W., & Mandela, P. J. (2021). Urban sprawl and its impact on sustainable urban development: a combination of remote sensing and social media data. *Geo-spatial Information Science*, 24(2), 241-255. <https://doi.org/10.1080/10095020.2020.1787800>
- Shrestha, B. (2021). *A Fusion of Remotely Sensed Data to Map the Impervious Surfaces of Growing Cities of Punjab, Pakistan* University of Nevada, Las Vegas].
- Skupinski, G., BinhTran, D., & Weber, C. (2009). Les images satellites Spot multi-dates et la métrique spatiale dans l'étude du changement urbain et suburbain—Le cas de la basse vallée de la Bruche (Bas-Rhin, France). *Cybergeo: European Journal of Geography*.
- Snyder, J. P. (1987). *Map projections--A working manual* (Vol. 1395). US Government Printing Office.
- Taibi, N.-E. (2016). Conflict between coastal tourism development and sustainability: case of Mostaganem, Western Algeria. *European Journal of Sustainable Development*, 5(4), 13-13.
- Thieler, E. R., Himmelstoss, E. A., Zichichi, J. L., & Ergul, A. (2009). *The Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0-an ArcGIS extension for calculating shoreline change* (2331-1258).
- Thior, M., Sy, A. A., Cisse, I., Dieye, E. H. B., Sane, T., Ba, B. D., Solly, B., & Descroix, L. (2021). Approche cartographique de l'évolution du trait de côte dans l'estuaire de la Casamance. *Mappemonde. Revue trimestrielle sur l'image géographique et les formes du territoire*(131).
- Tomlinson, R. F., & Petchenik, B. B. (1988). Reflections on the revolution: the transition from analogue to digital representations of space, 1958-1988.
- Trabaud, L., & Lepart, J. (1980). Diversity and stability in garrigue ecosystems after fire. *Vegetatio*, 43, 49-57.
- Tucker, C. J. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote sensing of Environment*, 8(2), 127-150.
- Tucker, C. J., Pinzon, J. E., Brown, M. E., Slayback, D. A., Pak, E. W., Mahoney, R., Vermote, E. F., & El Saleous, N. (2005). An extended AVHRR 8-km NDVI dataset compatible with MODIS and SPOT vegetation NDVI data. *International journal of remote sensing*, 26(20), 4485-4498.
- Turner, K. G., Anderson, S., Gonzales-Chang, M., Costanza, R., Courville, S., Dalgaard, T., Dominati, E., Kubiszewski, I., Ogilvy, S., Porfirio, L., Ratna, N., Sandhu, H., Sutton, P. C., Svenning, J.-C., Turner, G. M., Varennes, Y.-D., Voinov, A., & Wratten, S. (2016). A review of methods, data, and models to assess changes in the value of

Références bibliographiques

- ecosystem services from land degradation and restoration. *Ecological Modelling*, 319, 190-207. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2015.07.017>
- Vaidya, O. S., & Kumar, S. (2006). Analytic hierarchy process: An overview of applications. *European Journal of operational research*, 169(1), 1-29.
- Van Gameren, V., Weikmans, R., & Zaccai, E. (2014). *L'adaptation au changement climatique*. La découverte Paris.
- Vendel, F. (2011). *Modélisation de la dispersion atmosphérique en présence d'obstacles complexes: application à l'étude de sites industriels* Ecole Centrale de Lyon].
- Wang, W., Wu, T., Li, Y., Xie, S., Han, B., Zheng, H., & Ouyang, Z. (2020). Urbanization impacts on natural habitat and ecosystem services in the guangdong-hong kong-macao “megacity”. *Sustainability*, 12(16), 6675.
- Wiley, J., & Sons, L. (2009). *Essential image processing and GIS for Remote Sensing*. Imperial College London, UK.
- Wisner, B. (2004). *At risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters*. Psychology Press.
- Xiuwan, C. (2002). Using remote sensing and GIS to analyse land cover change and its impacts on regional sustainable development. *International journal of remote sensing*, 23(1), 107-124.
- Yick, J., Mukherjee, B., & Ghosal, D. (2008). Wireless sensor network survey. *Computer networks*, 52(12), 2292-2330.
- Yonaba, R. O. (2020). *Dynamique spatio-temporelle des états de surface et influence sur le ruissellement sur un bassin de type sahélien: cas du bassin de Tougou (Nord Burkina Faso)* Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement].
- Yousefi, S., Mirzaee, S., Almohamad, H., Al Dughairi, A. A., Gomez, C., Siamian, N., Alrasheedi, M., & Abdo, H. G. (2022). Image classification and land cover mapping using sentinel-2 imagery: optimization of SVM parameters. *Land*, 11(7), 993.
- Zabihi, H., Alizadeh, M., Wolf, I. D., Karami, M., Ahmad, A., & Salamian, H. (2020). A GIS-based fuzzy-analytic hierarchy process (F-AHP) for ecotourism suitability decision making: A case study of Babol in Iran. *Tourism Management Perspectives*, 36, 100726.

Annexes

Annexe 6



Annexe 7



Annexe 8



Annexe 9



Annexe 10

Résultat DSAS ECHATT entre 1984-2022

object identifier *	geometry *	Transect D	Baseline D	TransOrder	Azimuth	ShrCount	TCD	SHAPE_Length	SCE	NSM	EPR	EPRunc	LRR	LR2	LSE	LCI90	WLR	WR2	WSE	WCI90		
1	Polyline	1	1	1	205,602205	4	150	111,349728	41,910011	-	23,954217	0,630374	0,372161	-	0,612698	13,098824	1,358421	-	0,827498	0,612698	1,309882	1,358421
2	Polyline	2	1	2	205,300212	4	200	110,654623	37,942507	-	37,942507	0,998487	0,372161	1,018912	0,92225	5,890141	0,61084	-	1,018912	0,92225	0,589014	0,61084
3	Polyline	3	1	3	204,836353	4	250	105,608425	38,6632	-	38,409969	1,010789	0,372161	1,017255	0,826451	9,281018	0,962493	-	1,017255	0,826451	0,928102	0,962493
4	Polyline	4	1	4	204,342051	4	300	101,116679	40,831803	-	30,36067	0,798965	0,372161	0,880361	0,665738	12,419843	1,288007	-	0,880361	0,665738	1,241984	1,288007
5	Polyline	5	1	5	203,847537	4	350	92,505055	34,120072	-	27,180428	0,715274	0,372161	0,836992	0,726192	10,232517	1,061169	-	0,836992	0,726192	1,023252	1,061169
6	Polyline	6	1	6	203,35296	4	400	90,506322	37,314953	-	34,244978	0,901184	0,372161	1,008904	0,821701	9,356893	0,970362	-	1,008904	0,821701	0,935689	0,970362
7	Polyline	7	1	7	202,858331	4	450	91,404263	38,574141	-	32,294436	0,849854	0,372161	0,930678	0,761278	10,376178	1,076067	-	0,930678	0,761278	1,037618	1,076067
8	Polyline	8	1	8	202,363761	4	500	88,697214	29,525899	-	22,523347	0,59272	0,372161	0,660301	0,693766	8,734257	0,905791	-	0,660301	0,693766	0,873426	0,905791
9	Polyline	9	1	9	201,251489	4	550	82,071082	23,721681	-	19,192715	0,505071	0,372161	0,58623	0,738122	6,952123	0,720974	-	0,58623	0,738122	0,695212	0,720974
10	Polyline	10	1	10	199,805061	4	600	77,510929	14,455784	-	9,175762	0,241467	0,372161	0,313506	0,578263	5,330497	0,552802	-	0,313506	0,578263	0,53305	0,552802
11	Polyline	11	1	11	198,356714	4	650	77,499234	11,63873	-	4,432292	0,116639	0,372161	0,191838	0,377028	4,90959	0,509152	-	0,191838	0,377028	0,490959	0,509152
12	Polyline	12	1	12	197,179667	4	700	78,001605	15,918526	-	1,324159	0,034846	0,372161	0,157303	0,120006	8,480825	0,879509	-	0,157303	0,120006	0,848082	0,879509
13	Polyline	13	1	13	196,223953	4	750	70,464019	20,218441	-	4,188115	0,110214	0,372161	0,258798	0,229036	9,453451	0,980375	-	0,258798	0,229036	0,945345	0,980375
14	Polyline	14	1	14	195,267966	4	800	67,485677	24,284859	-	9,842871	0,259023	0,372161	0,412023	0,401663	10,01216	1,038316	-	0,412023	0,401663	1,001216	1,038316

15	Polyline	15	1	15	194,4703 24	4	850	72,90214	22,1525 01	- 9,845854	- 0,25910 1	0,3721 61	- 0,34516 4	0,3604 13	9,15458 3	0,9493 81	- 0,34516 4	0,3604 13	0,9154 58	0,9493 81
16	Polyline	16	1	16	193,9782 94	4	900	77,141263	20,8829 66	- 7,023028	- 0,18481 7	0,3721 61	- 0,18658 7	0,1058 83	10,7951 52	1,1195 17	- 0,18658 7	0,1058 83	1,0795 15	1,1195 17
17	Polyline	17	1	17	193,4869 12	4	950	74,523133	18,4985 83	0,467334	0,01229 8	0,3721 61	0,00052 2	0,0000 01	10,6343 68	1,1028 43	0,00052 2	0,0000 01	1,0634 37	1,1028 43
18	Polyline	18	1	18	192,9961 94	4	100 0	61,048402	5,97681 7	0,738745	0,01944 1	0,3721 61	- 0,03376 1	0,0357 22	3,49227 5	0,3621 68	- 0,03376 1	0,0357 22	0,3492 28	0,3621 68
19	Polyline	19	1	19	193,1257 45	4	105 0	61,628167	15,6917 59	- 3,093462	- 0,08140 7	0,3721 61	- 0,20401 6	0,2008 15	8,10312 9	0,8403 39	- 0,20401 6	0,2008 15	0,8103 13	0,8403 39
20	Polyline	20	1	20	193,5877 18	4	110 0	58,091075	20,1302 85	- 4,007723	- 0,10546 6	0,3721 61	- 0,26246 5	0,1698 38	11,5531 13	1,1981 22	- 0,26246 5	0,1698 38	1,1553 11	1,1981 22
21	Polyline	21	1	21	194,0911 13	4	115 0	54,376161	15,1870 39	- 6,462804	- 0,17007 4	0,3721 61	- 0,19359	0,2523 71	6,63391 1	0,6879 73	- 0,19359	0,2523 71	0,6633 91	0,6879 73
22	Polyline	22	1	22	194,6944 24	4	120 0	48,571306	11,8051 2	- 11,09712 9	- 0,29203	0,3721 61	- 0,30927 1	0,8330 14	2,75687 7	0,2859 03	- 0,30927 1	0,8330 14	0,2756 88	0,2859 03
23	Polyline	23	1	23	195,2975 24	4	125 0	49,45582	11,9927 17	- 11,99271 7	- 0,31559 8	0,3721 61	- 0,33367 1	0,8820 17	2,42971	0,2519 74	- 0,33367 1	0,8820 17	0,2429 71	0,2519 74
24	Polyline	24	1	24	195,9004 93	4	130 0	54,540088	17,5059 88	- 17,50598 8	- 0,46068 4	0,3721 61	- 0,46544 7	0,9828 69	1,22343	0,1268 76	- 0,46544 7	0,9828 69	0,1223 43	0,1268 76
25	Polyline	25	1	25	196,3457 46	4	135 0	58,728464	20,4608 1	- 20,46081	- 0,53844 2	0,3721 61	- 0,54840 4	0,9491 92	2,52612 3	0,2619 73	- 0,54840 4	0,9491 92	0,2526 12	0,2619 73
26	Polyline	26	1	26	196,3282 56	4	140 0	59,740448	14,3306 08	- 14,33060 8	- 0,37712 1	0,3721 61	- 0,36092 8	0,8406 71	3,12837	0,3244 29	- 0,36092 8	0,8406 71	0,3128 37	0,3244 29
27	Polyline	27	1	27	196,2729 41	4	145 0	59,745229	8,99966 3	- 8,999663	- 0,23683 3	0,3721 61	- 0,23427 6	0,6859 38	3,15614	0,3273 09	- 0,23427 6	0,6859 38	0,3156 14	0,3273 09
28	Polyline	28	1	28	196,2176 75	4	150 0	62,683818	9,86376	- 7,741853	- 0,20373 3	0,3721 61	- 0,13051 8	0,2304 61	4,74843 2	0,4924 39	- 0,13051 8	0,2304 61	0,4748 43	0,4924 39
29	Polyline	29	1	29	196,1623 06	4	155 0	60,852215	12,5636 96	- 12,56369 6	- 0,33062 4	0,3721 61	- 0,26023 7	0,4112 16	6,19976 8	0,6429 5	- 0,26023 7	0,4112 16	0,6199 77	0,6429 5
30	Polyline	30	1	30	195,8596 89	4	160 0	61,655106	16,5562 09	- 16,55620 9	- 0,43569	0,3721 61	- 0,45031 3	0,8929 42	3,10438 2	0,3219 42	- 0,45031 3	0,8929 42	0,3104 38	0,3219 42

31	Polyline	31	1	31	195,507659	4	1650	62,041474	25,165243	-25,165243	-0,662243	0,372161	-0,604391	0,886962	4,295778	0,445496	-0,604391	0,886962	0,429578	0,445496
32	Polyline	32	1	32	195,055709	4	1700	69,948977	28,861662	-28,861662	0,759517	0,372161	0,650309	0,761575	7,244411	0,751286	0,650309	0,761575	0,724441	0,751286
33	Polyline	33	1	33	194,534468	4	1750	59,865837	12,437682	-12,437682	0,327307	0,372161	0,280643	0,771782	3,038399	0,315099	0,280643	0,771782	0,303844	0,315099
34	Polyline	34	1	34	193,998545	4	1800	55,021427	10,172615	2,696863	0,07097	0,372161	0,103962	0,154096	4,849558	0,502926	0,103962	0,154096	0,484956	0,502926
35	Polyline	35	1	35	193,462596	4	1850	53,334843	6,521329	-6,345539	-0,166988	0,372161	0,175182	0,65079	2,554911	0,264958	0,175182	0,65079	0,255491	0,264958

DSAS sable d'Or 1984_2022

object identifier *	geometry *	TransectID	BaselinelD	TransOrder	Azimuth	ShrCount	TCD	SHAPE_Length	SCE	NSM	EPR	EPRunc	LRR	LR2	LSE	LCI90	WLR	WR2	WSE	WCI90
1	Polyline	1	1	1	187,823515	3	0	35,698076	13,41691	10,773464	0,276243	0,362619	0,184498	0,281015	8,522558	1,863264	0,184498	0,281015	0,852256	1,863264
2	Polyline	2	1	2	187,586775	4	20	34,018233	15,690877	15,690877	0,40233	0,362619	0,298266	0,449087	6,758145	0,682096	0,298266	0,449087	0,675815	0,682096
3	Polyline	3	1	3	187,231184	4	40	33,19127	14,277857	14,277857	0,366099	0,362619	0,276263	0,463159	6,084536	0,614109	0,276263	0,463159	0,608454	0,614109
4	Polyline	4	1	4	186,950316	4	60	32,080663	12,79428	11,045346	0,283214	0,362619	0,19948	0,338809	5,700764	0,575375	0,19948	0,338809	0,570076	0,575375
5	Polyline	5	1	5	186,77634	4	80	29,262374	10,843645	9,843645	0,252401	0,362619	0,182679	0,37872	4,78654	0,483103	0,182679	0,37872	0,478654	0,483103
6	Polyline	6	1	6	186,615399	4	100	29,282358	9,325283	9,325283	0,23911	0,362619	0,19559	0,613259	3,17747	0,3207	0,19559	0,613259	0,317747	0,3207
7	Polyline	7	1	7	186,320786	4	120	28,692571	6,535948	1,678248	0,043032	0,362619	0,007564	0,002058	3,407417	0,343909	0,007564	0,002058	0,340742	0,343909
8	Polyline	8	1	8	186,056234	4	140	27,35961	10,791435	-4,449285	-0,114084	0,362619	0,179448	0,428933	4,235796	0,427517	0,179448	0,428933	0,42358	0,427517
9	Polyline	9	1	9	185,688604	4	160	24,653969	10,101639	-3,952474	-0,101345	0,362619	0,165079	0,394877	4,180534	0,421939	0,165079	0,394877	0,418053	0,421939
10	Polyline	10	1	10	185,203417	4	180	24,58719	9,623054	-4,067786	-0,104302	0,362619	0,160249	0,451421	3,613873	0,364746	0,160249	0,451421	0,361387	0,364746
11	Polyline	11	1	11	184,76105	4	200	24,756197	4,879768	-1,430569	-0,036681	0,362619	0,069607	0,310133	2,123788	0,214353	0,069607	0,310133	0,212379	0,214353
12	Polyline	12	1	12	184,433462	4	220	25,892791	5,827644	-0,967213	-0,0248	0,362619	0,06686	0,14998	3,256189	0,328645	0,06686	0,14998	0,325619	0,328645
13	Polyline	13	1	13	184,140904	4	240	27,412561	10,476091	-2,909513	-0,074603	0,362619	0,111489	0,177216	4,914416	0,496009	0,111489	0,177216	0,491442	0,496009
14	Polyline	14	1	14	183,760166	4	260	26,039861	15,235196	2,596889	0,066587	0,362619	0,018976	0,002199	8,269843	0,834671	0,018976	0,002199	0,826984	0,834671
15	Polyline	15	1	15	183,261609	4	280	18,991361	8,54185	2,941424	0,075421	0,362619	0,002112	0,00007	5,161172	0,520914	0,002112	0,00007	0,516117	0,520914
16	Polyline	16	1	16	182,763348	4	300	20,798876	7,355982	1,56274	0,04007	0,362619	0,018997	0,010042	3,858578	0,389444	0,018997	0,010042	0,385858	0,389444

17	Polyline	17	1	17	182,28991 2	4	320	23,271313	8,16076	6,873872	0,176253	0,36261 9	0,122652	0,31918 3	3,664529	0,36985 9	0,122652	0,31918 3	0,36645 3	0,36985 9
18	Polyline	18	1	18	181,93118 5	4	340	30,659505	13,17771 8	13,177718	0,33789	0,36261 9	0,298539	0,78866 3	3,161485	0,31908 7	0,298539	0,78866 3	0,31614 8	0,31908 7
19	Polyline	19	1	19	181,84909 2	4	360	33,64016	13,46815 1	13,468151	0,345337	0,36261 9	0,323912	0,95273 6	1,47589	0,14896 1	0,323912	0,95273 6	0,14758 9	0,14896 1
20	Polyline	20	1	20	181,47282 4	4	380	35,249385	19,00002 8	12,684292	0,325238	0,36261 9	0,328781	0,46787 3	7,172953	0,72396 2	0,328781	0,46787 3	0,71729 5	0,72396 2
21	Polyline	21	1	21	181,00106 4	4	400	34,299372	19,90163 2	13,123525	0,336501	0,36261 9	0,337692	0,44711 2	7,682069	0,77534 7	0,337692	0,44711 2	0,76820 7	0,77534 7
22	Polyline	22	1	22	180,16388 7	4	420	29,432541	15,88671 6	15,886716	0,407352	0,36261 9	0,358324	0,73300 6	4,424063	0,44651 8	0,358324	0,73300 6	0,44240 6	0,44651 8
23	Polyline	23	1	23	178,98563 1	4	440	22,453572	10,92043 2	10,920432	0,280011	0,36261 9	0,219476	0,52969 5	4,230697	0,42700 2	0,219476	0,52969 5	0,42307	0,42700 2
24	Polyline	24	1	24	177,77617 3	4	460	22,766365	9,587066	3,88766	0,099684	0,36261 9	0,120632	0,22751 6	4,54725	0,45895 2	0,120632	0,22751 6	0,45472 5	0,45895 2
25	Polyline	25	1	25	176,40204 1	4	480	23,825195	4,499421	1,066933	0,027357	0,36261 9	0,057663	0,25104 4	2,037486	0,20564 2	0,057663	0,25104 4	0,20374 9	0,20564 2
26	Polyline	26	1	26	175,79228 6	4	500	27,331634	4,60149	-1,933596	-0,049579	0,36261 9	-0,02454	0,04608	2,284097	0,23053 3	-0,02454	0,04608	0,22841	0,23053 3
27	Polyline	27	1	27	175,55803 3	4	520	31,36967	8,39407	-5,634312	-0,14447	0,36261 9	-0,079841	0,12718 9	4,278693	0,43184 6	-0,079841	0,12718 9	0,42786 9	0,43184 6
28	Polyline	28	1	28	175,59061 9	4	540	34,3516	12,24568 1	-7,666732	-0,196583	0,36261 9	-0,104703	0,11538 2	5,930818	0,59859 4	-0,104703	0,11538 2	0,59308 2	0,59859 4
29	Polyline	29	1	29	175,60552	4	560	33,613925	13,03829 6	-5,952501	-0,152628	0,36261 9	-0,049451	0,02243 6	6,677691	0,67397 6	-0,049451	0,02243 6	0,66776 9	0,67397 6
30	Polyline	30	1	30	175,57230 3	4	580	29,133247	11,76436 9	-0,562617	-0,014426	0,36261 9	0,083962	0,06681 3	6,419301	0,64789 7	0,083962	0,06681 3	0,64193	0,64789 7
31	Polyline	31	1	31	175,54387 6	4	600	29,626056	15,34105 7	-0,877957	-0,022512	0,36261 9	0,104742	0,06183 2	8,34643	0,84240 1	0,104742	0,06183 2	0,83464 3	0,84240 1
32	Polyline	32	1	32	175,62756 1	4	620	32,206676	19,05167 2	-3,13789	-0,080459	0,36261 9	0,077775	0,02368 3	10,21549 6	1,03104 5	0,077775	0,02368 3	1,02155	1,03104 5
33	Polyline	33	1	33	175,65234 8	4	640	34,122292	21,68531 6	-2,731908	-0,070049	0,36261 9	0,112889	0,03688 9	11,80018 8	1,19098 7	0,112889	0,03688 9	1,18001 7	1,19098 7
34	Polyline	34	1	34	175,71280 3	4	660	36,328517	24,67567 5	-7,582453	-0,194422	0,36261 9	0,004906	0,00006 1	12,85709	1,29765 9	0,004906	0,00006 1	1,28570 9	1,29765 9
35	Polyline	35	1	35	175,905	4	680	43,030552	27,59115 2	-11,072478	-0,28391	0,36261 9	-0,068323	0,00997 1	13,92764 6	1,40571	-0,068323	0,00997 1	1,39276 5	1,40571
36	Polyline	36	1	36	176,09746 1	4	700	48,629438	26,43766	-9,220404	-0,236421	0,36261 9	-0,030576	0,00216 9	13,41672 4	1,35414 3	-0,030576	0,00216 9	1,34167 2	1,35414 3
37	Polyline	37	1	37	176,07413 2	4	720	50,854093	30,51073 5	30,510735	0,782327	0,36261 9	0,741622	0,77946 4	8,06998	0,81449 9	0,741622	0,77946 4	0,80699 8	0,81449 9
38	Polyline	38	1	38	175,53037	4	740	58,195437	36,76372 8	36,763728	0,94266	0,36261 9	0,872757	0,77949 2	9,496145	0,95844 1	0,872757	0,77949 2	0,94961 4	0,95844 1
39	Polyline	39	1	39	174,96087 5	4	760	59,185309	33,86061 3	33,860613	0,868221	0,36261 9	0,811112	0,76869 2	9,102237	0,91868 4	0,811112	0,76869 2	0,91022 4	0,91868 4
40	Polyline	40	1	40	174,37868 5	4	780	55,368022	26,10332 9	26,103329	0,669316	0,36261 9	0,633269	0,69680 3	8,545629	0,86250 6	0,633269	0,69680 3	0,85456 3	0,86250 6
41	Polyline	41	1	41	174,39275	4	800	49,935154	16,96565 3	16,077628	0,412247	0,36261 9	0,35794	0,56843 3	6,380309	0,64396 1	0,35794	0,56843 3	0,63803 1	0,64396 1
42	Polyline	42	1	42	174,44119 2	4	820	48,993174	13,86012 9	8,036524	0,206065	0,36261 9	0,133031	0,15054	6,464655	0,65247 4	0,133031	0,15054	0,64646 6	0,65247 4
43	Polyline	43	1	43	174,44136 2	4	840	51,685377	16,35164 5	3,37995	0,086665	0,36261 9	-0,002927	0,00004 7	8,740653	0,88218 9	-0,002927	0,00004 7	0,87406 5	0,88218 9

44	Polyline	44	1	44	174,32277 3	4	860	46,956209	11,02048 7	1,294308	0,033187	0,36261 9	- 0,023329	0,00620 8	6,03835	0,60944 7	- 0,023329	0,00620 8	0,60383 5	0,60944 7
45	Polyline	45	1	45	174,45985 6	4	880	41,737208	3,581803	0,4039	0,010356	0,36261 9	- 0,000754	0,00006	1,995579	0,20141 3	- 0,000754	0,00006	0,19955 8	0,20141 3
46	Polyline	46	1	46	174,64865 5	4	900	41,656961	4,384193	0,052927	0,001357	0,36261 9	0,032799	0,06746 4	2,49461	0,25178	0,032799	0,06746 4	0,24946 1	0,25178
47	Polyline	47	1	47	175,05901 5	4	920	42,16027	6,415481	1,452228	0,037237	0,36261 9	0,082027	0,24786	2,923156	0,29503 3	0,082027	0,24786	0,29231 6	0,29503 3
48	Polyline	48	1	48	175,81358 4	4	940	40,921586	9,907055	2,434136	0,062414	0,36261 9	0,113971	0,18781 5	4,84849	0,48935 5	0,113971	0,18781 5	0,48484 9	0,48935 5
49	Polyline	49	1	49	176,55214 2	4	960	36,907905	6,152904	2,283661	0,058555	0,36261 9	0,081491	0,28005 5	2,672913	0,26977 6	0,081491	0,28005 5	0,26729 1	0,26977 6
50	Polyline	50	1	50	176,89870 8	4	980	40,309956	5,857577	1,968011	0,050462	0,36261 9	0,029552	0,04041 1	2,945967	0,29733 5	0,029552	0,04041 1	0,29459 7	0,29733 5
51	Polyline	51	1	51	176,48530 2	4	100 0	44,28091	7,984122	-4,382566	- 0,112373	0,36261 9	- 0,157324	0,48526 1	3,314725	0,33455 3	- 0,157324	0,48526 1	0,33147 2	0,33455 3
52	Polyline	52	1	52	175,97148 3	4	102 0	46,848177	14,53199 6	- 10,636728	- 0,272737	0,36261 9	- 0,325933	0,78388 5	3,501008	0,35335 5	- 0,325933	0,78388 5	0,35010 1	0,35335 5