

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



جامعة عبد الحميد ابن باديس مستغانم  
Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem  
Faculté des sciences de la nature et de la vie  
Laboratoire Espace Géographique et Aménagement du Territoire (EGEAT), Université  
Oran 2 / Laboratoire ESO, Le Mans Université, France.

## THÈSE

Pour obtenir le diplôme de docteur (LMD) à l'université de Mostaganem  
Spécialité : Valorisation et gestion des ressources marines et littorales  
Option : Valorisation et exploitation des espaces naturels côtiers et des géo-ressources marines et littorales

Présentée par :

**BOUGHERIRA Abdeldjalil**

Sous le thème :

---

**Les cordons dunaires de la côte algérienne entre aménagement du littoral  
et protection de l'environnement : Le cas de Bousfer-Andalouses (Oran)  
et Sidi Abdelaziz (Jijel)**

---

Soutenue le 22 / 11 / 2021, devant le jury composé de :

TAIBI Nasr-Eddine	Professeur, Université de Mostaganem	Président
GHODBANI Tarik	Professeur, Université d'Oran 2	Directeur de thèse
SAIAH Farida	Maître de Conférences grade A, Université de Mostaganem	Co-directrice de thèse
GRIMES Samir	Professeur, ENSSMAL, Alger	Examineur
LARID Mohamed	Professeur, Université de Mostaganem	Examineur
ANDREU-BOUSSUT Vincent	Maître de conférences, Le Mans Université (France)	Invité
DJELLOULI Yamna	Professeure émérite, Le Mans Université (France)	Invitée

**Année universitaire**  
2020/2021

## *DEDICACE*

Je dédie cette thèse

À la mémoire de mon père, paix à son âme !

À ma mère, que Dieu lui accorde longue vie pleine de santé et de bonheur !

À mes sœurs et frères,

À celle qui va combler ma vie *K.L.*,

À tous mes amis, mes collègues doctorants et mes enseignants

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## **REMERCIEMENTS**

Au terme de ce travail, je remercie Dieu le tout puissant qui m'a donné la santé, le courage et la volonté, pour réaliser ce travail de recherche.

J'adresse particulièrement mes vifs remerciements :

A mon directeur de thèse professeur GHODBANI Tarik d'avoir accepté de diriger ma thèse, ainsi que pour l'accueil dans son laboratoire EGEAT à l'Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed. Je ne le remercie jamais assez pour son soutien et disponibilité durant mes cinq années de thèse, ainsi que pour les multiples échanges et réflexions fertiles, qui m'ont aidé à renforcer mes connaissances et ont apporté de la qualité et de la finesse au manuscrit de la thèse. Sans lui cette thèse n'aurait pas eu cet aboutissement.

A ma co-directrice de thèse Maître de conférences SAIAH Farida d'avoir accepté de co-diriger ma thèse, ainsi que pour son accompagnement et soutien technique inestimable.

Au professeur TAIBI Nasr-Eddine pour l'honneur qu'il me fait d'avoir accepté de présider mon jury de thèse, mais aussi d'avoir lancé la formation doctorale en 2016/2017 sur la « Valorisation et gestion des ressources marines et littorales » et qui m'a permis de travailler sur ce projet de thèse.

Aux membres de jury qui ont accepté d'évaluer ma thèse, en particulier :

Professeur GRIMES Samir, avec qui j'ai eu des échanges édifiants lors de la formation « MedOpen », sur la gestion intégrée des zones côtières, et pour les notions d'écologie qui m'a inculqué quand j'ai fait mes études universitaires à l'ENSSMAL.

Professeur LARID Mohamed, qui a aussi assuré ma formation doctorale durant la première année de thèse, notamment pour les notions de TIC qui m'a transmis.

Mes vifs remerciements s'adressent aussi :

Au Professeure émérite Yamna Djellouli et Professeur Vincent Andreu Boussut, d'avoir accepté de faire partie de mon jury de thèse, mais surtout pour l'accueil qu'ils m'ont réservé dans leur laboratoire ESO à Le Mans Université pour les années 2020-2021 dans le cadre du programme de formation résidentielle à l'étranger (PNE). Malgré toutes les difficultés imposées par la crise sanitaire, j'ai été très bien accueilli et intégré à ce laboratoire pluridisciplinaire spécialisé dans le domaine des études Homme/Espace.

Au Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique et au Vice rectorat chargé des relations extérieures de l'Université de Mostaganem et les services consulaires à Nantes de m'avoir accompagné durant ma formation résidentielle à l'étranger, dans le cadre de la bourse du Programme National Exceptionnel (PNE 2019/2020).

À l'Institut de Recherche sur le Maghreb Contemporain (IRMC), pour l'intérêt qu'il a porté à mon sujet de thèse et l'octroi d'une bourse de recherche de courte durée, qui a contribué grandement au financement de mes travaux de terrain.

Enfin, à l'ensemble des personnes rencontrées dans le cadre des enquêtes de terrain, notamment, celles des milieux universitaires, professionnels, administratifs et associatifs, ainsi que la population locale pour leurs accueils, les échanges que nous avons eus, la mise à disposition des données divers, ainsi que pour leurs précieux éclairages.

## Table des matières

<i>DEDICACE</i> .....	2
<i>REMERCIEMENTS</i> .....	3
Listes des abréviations et des acronymes .....	11
Liste des figures.....	13
Liste des tableaux .....	19
<b>INTRODUCTION GENERALE</b>	
<b>PREMIERE PARTIE : ETAT DE L'ART SUR LA GESTION DES CORDONS DUNAIRES COTIERS ET EXPLORATION DES SPECIFICITES DES CORDONS DUNAIRES ETUDIES</b>	
<b>Introduction de la première partie</b> .....	27
<b>Chapitre I : Éléments de connaissance sur le fonctionnement et la gestion des cordons dunaires côtiers et positionnement scientifique de la recherche</b>	
Introduction .....	29
1.Eléments de connaissance des cordons dunaires côtiers : des milieux fluctuants, riches et fragiles .....	29
1.1. Répartition des dunes côtières dans le monde .....	29
1.2. Origine de mise en place des dunes côtières .....	30
1.3. Dynamique des systèmes dunaires côtiers : processus sédimentaire et morphologie dunaire .....	31
1.4. Couvert végétal dunaire.....	31
2.Importance des systèmes dunaires : des fonctions écologiques et services écosystémiques essentiels.....	34
2.1. Service de support et de soutien : fonction écologique du cordon dunaire .....	34
2.2. Service d'approvisionnement.....	35
2.3. Service de régulation .....	35
3.Rapports de l'Homme aux dunes côtières et leur perception par les sociétés .....	38
3.1. Activité humaines et espaces dunaires : une vulnérabilité accentuée par les pressions anthropiques.....	38
3.2. Evolution de la gestion des espaces dunaires : de l'hostilité et la lutte contre l'ensablement à la gestion multifonctionnelle des dunes .....	39
3.3. Initiatives internationales et régionales mettant en avant la conservation et la réhabilitation des dunes côtières .....	40
4.Besoin d'une approche intégrée pour la gestion et le développement durable des dunes côtières : Gestion intégrée des zones côtières (GIZC) .....	41

4.1.	<i>Définition du concept de la Gestion Intégrée des Zones Côtières (GIZC)</i> .....	42
4.2.	<i>Principe de base de la GIZC et ses différentes dimensions d'intégration</i> .....	42
4.3.	<i>Émergence du concept de GIZC et son adoption dans le droit international, comme processus intégratif de protection et de développement durable des zones côtières</i> .....	45
5.	Positionnement scientifique et cadre conceptuel.....	46
5.1.	<i>Objectifs et cadre conceptuel de la thèse</i> .....	46
5.2.	<i>État du savoir et positionnement scientifique</i> .....	47
	Conclusion.....	49

## **Chapitre II : Diagnostic environnemental et choix des cordons dunaires côtiers à étudier**

	Introduction .....	51
1.	Le cordon dunaire côtier de Sidi Abdelaziz et Beni Belaid.....	53
1.1.	<i>Situation géographique : des paysages riches et variés</i> .....	53
1.2.	<i>Caractéristiques du milieu physique</i> .....	54
1.3.	<i>Facteurs climatiques et hydro-aérodynamiques</i> .....	55
1.4.	<i>Caractéristiques écologiques du système dunaire : Une biodiversité riche</i> .....	58
2.	Le cordon dunaire côtier de Cap Falcon .....	63
2.1.	<i>Situation géographique : un paysage remarquable</i> .....	63
2.2.	<i>Caractéristique du milieu physique</i> .....	64
2.3.	<i>Facteurs climatiques et hydro-aérodynamiques</i> .....	66
2.4.	<i>Caractéristiques écologiques du système dunaire : Une biodiversité riche et variée</i>	69
	Conclusion : Analyse comparative entre les deux cordons dunaires côtiers étudiés.....	71

## **Chapitre III : Diagnostic socio-économique des cordons dunaires étudiés : des usages traditionnels et contemporains multiples**

	Introduction .....	74
1.	Concentration des populations, entre relative stabilité et croissance démographique .....	74
1.1.	<i>Croissance démographique relativement stable le long du cordon dunaire de Beni Belaïd et Sidi Abdelaziz</i> .....	74
1.2.	<i>Croissance démographique soutenue le long du cordon dunaire de Bousfer et Aïn el Turck</i> .....	75

2.Potentialités socio-économiques : Un espace multi-usage .....	76
2.1. <i>L'utilisation agricole des cordons dunaires côtiers</i> .....	76
2.2. <i>L'essor de l'activité touristique le long des cordons dunaires étudiés : un espace de plus en plus convoité</i> .....	78
2.3. <i>Prélèvement de sable dunaire : Une exploitation minière de plus en plus intense</i>	80
Conclusion .....	84
Conclusion de la première partie .....	85

## **DEUXIEME PARTIE : DYNAMIQUE LITTORALE ET TENDANCES EVOLUTIVES DES CORDONS DUNAIRES ETUDIES**

Introduction de la deuxième partie .....	88
--	----

### **Chapitre IV : Méthodologie de suivi spatio-temporelle de l'évolution des cordons dunaires côtiers basée sur les systèmes d'information géographique (SIG)**

Introduction .....	90
1.Délimitation spatiale des zones homogènes à l'intérieur des cordons dunaires.....	91
2.Objectifs et démarche méthodologique : Une approche diachronique basé sur les systèmes d'information géographique (SIG) .....	94
2.1. <i>Méthode de caractérisation de l'évolution des formations dunaires et de leur occupation par les activités humaines</i> .....	94
2.2. <i>Méthode de caractérisation de la dynamique morphologique des littoraux dunaires étudiés : Suivi de l'évolution du trait de côte</i> .....	98
2.3. <i>Méthode de caractérisation de l'évolution de la dynamique morphologique des cordons dunaires étudiés : Détection volumétrique de Changement Géomorphologique (DCG) et quantification des bilans sédimentaires</i> .....	102
Conclusion : Avantages et limites des méthodes utilisées .....	106

### **Chapitre V : Évolution de l'état de conservation des cordons dunaires côtiers : Une vulnérabilité aggravée par de multiples pressions anthropiques.**

Introduction .....	109
1.Cordon dunaire de Beni Belaïd : Une évolution relativement stable des écosystèmes naturels, subissant des transformations potentiellement nuisibles. ....	109
1.1. <i>Un cordon dunaire à usage agricole extensive, laissant opérer une dynamique libre des formations dunaires et des habitats humides</i> .....	110
1.2. <i>Évolution des terrains agricoles au détriment des formations dunaires</i> .....	113
1.3. <i>Une régression des terrains agricoles favorisant la régénération des formations dunaires et du complexe humide</i> .....	114

1.4.	<i>Accentuation de la tendance évolutive de l'agriculture et de l'urbanisation au détriment des formations dunaires et des habitats humides</i>	114
1.5.	<i>Évaluation des impacts de l'artificialisation du sol sur l'évolution des écosystèmes du cordon dunaire de Beni Belaïd et leur équilibre écologique</i>	115
2.	<b>Cordon dunaire de Sidi Abdelaziz : Une évolution régressive des formations dunaires faisant face à l'artificialisation croissante du sol</b>	117
2.1.	<i>Un cordon dunaire stable et peu anthropisé : une dynamique naturelle libre</i>	118
2.2.	<i>Perturbation de la dynamique naturelle du cordon dunaire : régression des formations dunaires et extension urbaine rapide</i>	121
2.3.	<i>Expansion et densification du tissu urbain et fixation de la dynamique des formations dunaires</i>	122
2.4.	<i>Évaluation des impacts anthropiques sur l'évolution du cordon dunaire de Sidi Abdelaziz et de son équilibre écologique : Un état de conservation menacé</i>	122
3.	<b>Cordon dunaire de Bousfer et Ain el Turck : Un espace naturel profondément fragilisé au cours de son évolution</b>	124
3.1.	<i>Un cordon dunaire à vocation agricole : transformation et régression de l'agriculture favorisant la régénération spontanée des formations dunaires</i>	127
3.2.	<i>Fixation progressive du cordon dunaire : recul des terrains agricoles face à l'extension linéaire de l'urbanisation côtière</i>	128
3.3.	<i>Une dynamique fragmentée des formations dunaires : une résilience entravée par l'extension rapide de l'urbanisation le long des dunes mobiles</i>	129
3.4.	<i>Synthèse des contraintes écologiques et mise en évidence des impacts de la pollution sur le cordons dunaire côtier de Bousfer et Aïn el Turck</i>	130
	<b>Conclusion</b>	131

## **Chapitre VI : Évolution morphologique du système plage-dune : Perturbation anthropique de la dynamique littorale et exacerbation de l'érosion côtière**

	<b>Introduction</b>	134
1.	<b>La dynamique du système plage-dune de Sidi Abdelaziz jusqu'au Beni Belaid</b>	135
1.1.	<i>Période de 1960 – 1988 : une dynamique littorale relativement stable</i>	136
1.2.	<i>Période de 1988 – 2017 : Accélération du recul du trait de côte</i>	137
1.3.	<i>Période de 1960 – 2017 : une dynamique littorale perturbée par diverses interventions anthropiques</i>	138
2.	<b>La dynamique du système plage-dune de Bousfer et Aïn el Turck</b>	141
2.1.	<i>Analyse diachronique de l'évolution du trait de côte : une tendance soutenue vers l'érosion côtière</i>	141

2.2. <i>Evaluation volumétrique des changements morphologiques du cordon dunaire de Bousfer et Aïn el Turck</i> .....	148
Conclusion.....	152
Conclusion de la deuxième partie.....	154

**TROISIEME PARTIE : GOUVERNANCE ENVIRONNEMENTALE DES  
CORDONS DUNAIRES COTIERS : OUTILS DE GESTION DU LITTORAL,  
PRATIQUES LOCALES D'AMENAGEMENT ET DEFIS DE PROTECTION DES  
CORDONS DUNAIRES COTIERS**

Introduction de la troisième partie.....	157
--	-----

**Chapitre VII : Cadre juridique et institutionnel relatif à la gouvernance côtière en  
Algérie : vers une gestion intégrée des zones côtières**

Introduction .....	159
1.Loi « littoral », un cadre juridique approprié pour la mise en œuvre des principes de la gestion intégrée du littoral et la protection des cordons dunaires côtiers en Algérie .....	159
2.1. <i>Cohérence des principes fondamentaux de la loi littorale avec les dimensions d'intégration de la GIZC</i> .....	160
2.2. <i>La loi « littoral » et ses outils de mise en œuvre : instruments de protections et d'aménagement intégré du littoral</i> .....	161
2.3. <i>Les dispositions relatives aux cordons dunaires côtiers</i> .....	163
2.Mise en place de la Stratégie Nationale de Gestion Intégrée de Zones Côtières en Algérie (SN-GIZC) :.....	164
3.Déclinaison de la politique de protection et de valorisation du littoral au niveau des cordons dunaires étudiés .....	166
Conclusion.....	169

**Chapitre VIII : Urbanisation des littoraux dunaires, entre outils de gestion et  
pratiques locales d'aménagement**

Introduction .....	172
1.Les préoccupations de l'étalement urbain le long du cordon dunaire de Beni Belaïd et Sidi Abdelaziz : entre mitage et densification urbaine .....	173
1.1. <i>Processus d'urbanisation du cordon dunaire de Beni Belaïd : Volonté de maîtriser l'urbanisation et de promouvoir le développement de sa zone d'expansion touristique</i>	173
1.2. <i>Du mitage à la densification du tissu urbain le long du cordon dunaire de Sidi Abdelaziz</i> .....	177
1.3. <i>Faible application des dispositions de la loi « littorale » : un processus de révision des instruments d'aménagement et d'urbanisme mal adapté</i> .....	179
2.Le cordon dunaire de Bousfer et Aïn el Turck : Une urbanisation galopante et incontrôlée au sein d'un espace multi-usage et conflictuel .....	181

2.1. <i>Gestion difficile du domaine public maritime : entre planification, pratiques d'aménagement et stratégies d'occupation</i> .....	182
2.2. <i>Difficulté liée à l'aménagement de la Zone d'Expansion Touristique (ZET) de Cap Falcon et étalement de l'urbanisation</i> .....	185
2.3. <i>Révision des instruments d'aménagement et d'urbanisme locaux : Un processus long et complexe</i> .....	186
2.4. <i>Une intégration difficile des dispositifs de la loi « littorale » : Faible efficacité des outils de gestion du littoral pour le contrôle de l'urbanisation</i> .....	188
Conclusion .....	190

## **Chapitre IX : Défis de la mise en œuvre d'une gestion intégrée des cordons dunaires côtiers étudiés et de leur conservation**

Introduction .....	192
1.Objectifs, méthode d'investigation du terrain et du déroulement des enquêtes .....	192
2.Défis et opportunités de la gestion des cordons dunaires côtiers .....	194
2.1. <i>Multiplications des acteurs intervenants sur les cordons dunaires côtiers : Identification des acteurs institutionnels clés et définition de leurs rôles et prérogatives</i> 194	
2.2. <i>Vision sectorielle et faiblesse des mécanismes de coordination entre les parties-prenantes de la gestion des cordons dunaires étudiés</i> .....	196
2.3. <i>Sensibilisation des acteurs locaux aux enjeux de la protection des cordons dunaires côtiers : opportunité pour une gestion écosystémique adaptative et inclusive</i> .....	201
Conclusion .....	205
Conclusion de la troisième partie .....	206

### **Conclusion générale**

Bibliographie .....	213
Annexes .....	234
Résumé .....	277
Abstract.....	277
ملخص .....	277

## Listes des abréviations et des acronymes

ACL : Agglomération Chef-Lieu

ACP : Aire Côtière Protégée

AECID : Agence Espagnole de Coopération Internationale pour le Développement

ANDT : Agence Nationale du Développement Touristique

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydriques

APC : Assemblé Populaire Communale

CCNUCC : Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques

CCNUDB : Convention Cadre des Nations Unies sur la Diversité Biologique

CMDD : Commission Méditerranéenne du Développement Durable

CNL : Commissariat National du Littoral

DCG : Détection volumétrique de Changement Géomorphologique

DE : Direction de l'Environnement

DGF : Direction Générales des Forêts

DPM : Domaine Public Maritime

DTP : Direction des Travaux Publics

DSA : Direction des Services Agricoles

EAL : Etude d'Aménagement du Littoral

EPR : End Point Rate (taux moyen de l'évolution)

GIZC : Gestion Intégrée des Zones Côtières

LEM : Laboratoire d'Etudes Maritimes

LRR : Linear Rate Regression (taux de régression linéaire)

MNT (ou *DEM*) : Modèle Numérique du Terrain

MADR : Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural

NSM : Net Shoreline Movement (mouvement net du trait de côte)

ONM : Office National de la Météorologie

PAC : Programme d'Aménagement Côtier / Plan d'Aménagement Côtier

PAM : Plan d'Action Méditerranéen

PAT : Plan d'Aménagement Touristique

PATW : Plan d'Aménagement Territorial de la Wilaya

PDAU : Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme

PNDA : Plan National de Développement Agricole

PNUE : Programme des Nations unies pour l'environnement

POS : Plan d'Occupation du Sol

SDAT : Schéma Directeur d'Aménagement Touristique

SDAL : Schéma Directeur d'Aménagement du Littoral

SIG (ou GIS) : Système d'Information Géographique

SMDD : Stratégie Méditerranéenne du Développement Durable

SNAT : Schéma National d'Aménagement du Territoire

SN-GIZC : Stratégie Nationale de Gestion Intégrée des Zones Côtières

STEP : Station de Traitement et d'Épuration des eaux usées

UGI : Union Géographique Internationale

UICN : Union internationale pour la conservation de la nature

SRTM / USGS : Shuttle Radar Topography Mission / United Survey Geological System

ZET : Zone d'Expansion Touristique

ZEST : Zone d'Expansion et Site Touristique

ZM : Zone Militaire

## Liste des figures

<i>Figure 1 : Distribution mondiale des systèmes dunaires côtiers. En vert : Les systèmes dunaires les plus développés ; En rouge : Les petites dunes côtières interrompues par d'autres formes côtières. Point bleu : Les îles barrières les plus étendues. (M. L. Martínez, Psuty, &amp; Lubke, 2008).....</i>	<i>30</i>
<i>Figure 2 : Schéma montrant la zonation des différents milieux dunaires. Adapté par l'auteur : Gouguet (2018), M. Luisa Martínez et al., (2013), Ley de la Vega et al., (2012).....</i>	<i>34</i>
<i>Figure 3 : Localisation des sites d'étude, répartition des cordons dunaires et des côtes sableuses le long du littoral algérien, sur la rive sud de la Méditerranée, principaux bassins versants exoréiques et contexte climatique du Nord algérien. [Conception : Bougherira A., 2021 à partir des données hydrographiques du A.N.R.H. (2005) et de la carte bioclimatique du M.A.T.E. (2015).] .....</i>	<i>51</i>
<i>Figure 4 : Principales unités paysagères constituant la zone d'étude ; a : Cordon dunaire de Sidi Abdelaziz, b : Embouchure de l'oued El Kebir, c : Déversement des eaux de l'oued Adjoul dans la zone humide de Beni Belaid, d : Cordon dunaire de Beni Belaïd. (Bougherira A., 2017-2018).....</i>	<i>53</i>
<i>Figure 5 : Carte de répartition des unités naturelles constituant la zone d'étude (conception : Bougherira A., 2019).....</i>	<i>54</i>
<i>Figure 6 : Diagramme ombrothermique entre 1996 et 2018 enregistré à la station Jijel-Aéroport (O.N.M., 2019). .....</i>	<i>56</i>
<i>Figure 7 : Roses des vents saisonnières et annuelle de la station de Jijel (source de données : O.N.M., 1996-2018, conception : A. Bougherira, 2019).....</i>	<i>57</i>
<i>Figure 8 : Formations dunaires, unités physiographiques et écologiques du cordon dunaire de Beni Belaïd, sur la rive droite de l'embouchure de l'Oued El Kebir. ....</i>	<i>59</i>
<i>Figure 9 : Formations dunaires, unités physiographiques et écologiques du cordon dunaire de Sidi Abdelaziz.....</i>	<i>59</i>
<i>Figure 10 : Galerie photographique de quelques espèces floristiques et faunistiques remarquables. a : Poule sultane (Porphyrio porphyrio), b : Glaréole à ailes noires (Glareola nordmanni), c : Cochevis huppé (Galerida cristata), d : Canard colvert (Anas platyrhynchos), e : Euphorbe (Euphorbia peplis), f : le panais épineux (Echinophora spinosa). (Clichés : a, b, c et d : Conservation des Forêtsl. E et f : Bougherira). .....</i>	<i>60</i>

<i>Figure 11 : Situation géographique et unités naturelles constituant la zone d'étude (conception : A. Bougherira, 2020).</i> .....	64
<i>Figure 12 : Coupe Nord – Sud montrant les unités topographiques et ensembles structuraux de la région. 1 : massif de Murdjadjo (horst), 2 : plaine littorale (graben), 3 : dépression humide (graben), 4 : cordon dunaire (graben), 5 : falaise du Cap Falcon (horst). (Schéma adapté selon Remaoun (1981), échelle non-respectée).</i> .....	65
<i>Figure 13 : Diagramme ombrothermique de la station Bousfer, enregistré entre 1996 et 2018 (Source : O.N.M., 2019).</i> .....	67
<i>Figure 14 : Roses des vents, trimestrielles et annuelle, enregistrés au niveau de la station de Bousfer (Oran) de 1996 à 2018 (source de données : O.N.M., 1996-2018, conception de l'auteur).</i> .....	69
<i>Figure 15 : Formations dunaires, unités physiographiques et écologiques du cordon dunaire de Cap Falcon, sur sa partie occidentale.</i> .....	70
<i>Figure 16 : Distribution de quelques groupements de végétaux autour d'une dépression à l'intérieur du cordon dunaire de Cap Falcon.</i> .....	71
<i>Figure 17 : Répartition de la dynamique démographique autour du cordon dunaire de Beni Belaïd et Sidi Abdelaziz.</i> .....	75
<i>Figure 18 : Répartition de la dynamique démographique autour du cordon dunaire de Cap Falcon. (ZEST : Zone d'Expansion et Site Touristique, ZM : Zone Militaire, STEP : Station de Traitement et d'Épuration des eaux usées)</i> .....	76
<i>Figure 19 : Activité agricole en plein essor au niveau de la zone côtière de Beni Belaid et de sa zone humide. a : Etalement des terrains agricoles sur le cordon dunaire ; b : Culture maraichère (Tomate) de plein champ ; c : Culture maraichère (Fraise) sous serres (Cliché : Auteur, 2018).</i> .....	77
<i>Figure 20 : Carte de répartition des sablières le long du cordon dunaire côtier de Sidi Abdelaziz et Beni Belaïd.</i> .....	81
<i>Figure 21 : Carte de répartition des sablières sur le cordon dunaire côtier de Bousfer et Aïn el Turck.</i> .....	83
<i>Figure 22 : Schéma de la zonation de la végétation du système dunaire en fonction de la mobilité du substrat. Adapté de Gouguet, (2018) ; Ley de la Vega et al., (2012) ; Arens et al., (2001).</i> .....	92

<i>Figure 23 : Unités paysagères et délimitation du cordon dunaire de Sidi Abdelaziz et Beni Belaid.....</i>	<i>93</i>
<i>Figure 24 : Unités paysagères et délimitation du système dunaire de la côte sableuse de Cap Falcon. (Source : Sentinel 2A – Avril 2018) .....</i>	<i>93</i>
<i>Figure 25 : Schéma du déroulement des étapes du travail cartographique pour caractérisation de l'évolution des formations dunaires et de leur occupation par les activités humaines.....</i>	<i>97</i>
<i>Figure 26 : Schéma du déroulement des étapes du travail cartographique pour caractérisation de la dynamique morphologique des littoraux dunaires, par analyse numérique de l'évolution du trait de côte.....</i>	<i>99</i>
<i>Figure 27 : Traits de côte, ligne de base à 300 m derrière le plus ancien trait de côte et des transects espacés de 20 m, tracés perpendiculairement à la ligne de base pour détecter les mouvements du trait de côte. (IGN, 1959 – zoom sur la ville côtière de Aïn el Turck) ....</i>	<i>100</i>
<i>Figure 28 : Modèles Numériques du Terrain obtenues à partir d'une interpolation par krigeage des différents levés topographiques (1934, 1959, 1985 et 2014). .....</i>	<i>105</i>
<i>Figure 29 : Graphique de l'évolution de l'occupation du sol et des formations dunaires le long du cordon dunaire Beni Belaïd.....</i>	<i>110</i>
<i>Figure 30 : Evolution de l'occupation du sol et de la dynamique des formations dunaires le long du cordon dunaire de Beni Belaïd : a. 1960, b. 1988, c. 2009 et d. 2019.....</i>	<i>112</i>
<i>Figure 31 : Perturbation et dégradation du cordon dunaire de Beni Belaïd (Flèches indique le sens de déplacement de sable), a : Ensablement des terrains agricoles, b : Comblement partiel du lac de Beni Belaid (Bougherira A., 2018).....</i>	<i>116</i>
<i>Figure 32 : Graphique de l'évolution de l'occupation du sol et des formations dunaires le long du cordon dunaire de Sidi Abdelaziz.....</i>	<i>118</i>
<i>Figure 33 : Evolution de l'occupation du sol et de la dynamique des formations dunaires le long du cordon dunaire de Sidi Abdelaziz : a. 1960, b. 1980, c. 2009 et d. 2019.....</i>	<i>120</i>
<i>Figure 34 : Graphique de l'évolution de l'occupation du sol et des formations dunaires le long du cordon dunaire de Bousfer et Aïn el Turck. ....</i>	<i>124</i>
<i>Figure 35 : Evolution de l'occupation du sol et de la dynamique des formations dunaires le long du cordon dunaire de Bousfer et Aïn el Turck : a. 1959, b. 1980, c. 2006 et d. 2017. ....</i>	<i>126</i>

<i>Figure 36 : Pollution multi-source du cordon dunaire de Cap Falcon ; a : décharge sauvage, b : déversement des eaux usées de la STEP, sans traitement préalable, au milieu de la dépression inter-dunaire. ....</i>	<i>131</i>
<i>Figure 37 : Evolution du trait de côte dans la partie orientale de la baie de Jijel de 1960 à 1988. ....</i>	<i>136</i>
<i>Figure 38 : Evolution du trait de côte dans la partie orientale de la baie de Jijel de 1988 à 2017. ....</i>	<i>137</i>
<i>Figure 39 : Evolution du trait de côte dans la partie orientale de la baie de Jijel de 1960 à 2017 et occupation du sol de l'année 2017. ....</i>	<i>138</i>
<i>Figure 40 : Artificialisation du littoral et l'extension rapide du tissu urbain au détriment des formations mobiles et semi-fixées, au niveau du cordon dunaire de Sidi Abdelaziz (Cliché : Bougherira Mai 2018). ....</i>	<i>139</i>
<i>Figure 41 : Pressions anthropiques, perturbation de la dynamique littorale, et dégradation du cordon dunaire. ....</i>	<i>140</i>
<i>Figure 42 : Evolution du trait de côte dans la zone côtière de Ain El-Turck et Bousfer de 1959 au 1980 (occupation du sol 1959 et 1980). ....</i>	<i>143</i>
<i>Figure 43 : Evolution du trait de côte dans la zone côtière de Ain El-Turck et Bousfer de 1980 au 2003 (occupation du sol 1980 et 2003). ....</i>	<i>144</i>
<i>Figure 44 : Evolution du trait de côte dans la zone côtière de Ain El-Turck et Bousfer de 2003 au 2018 (occupation du sol 2003 et 2018). ....</i>	<i>145</i>
<i>Figure 45 : Evolution du trait de côte dans la zone côtière de Ain El-Turck et Bousfer de 1959 au 2018 (occupation du sol 1959, 1980, 2003 et 2018). ....</i>	<i>146</i>
<i>Figure 46 : Urbanisation linéaire et extension du réseau routier le long du système dune-plage (Cliché 2019 : a : Bougherira A., b : Association SAHEL). ....</i>	<i>147</i>
<i>Figure 47 : Impacts anthropiques sur le littoral dunaire de Bousfer et Aïn el Turck, a. Quai d'accostage et brise-lame, b - c. Erosion accélérée et sapement des constructions par les vagues. (Cliché 2019 : a et c : Bougherira A., b : Association SAHEL). ....</i>	<i>147</i>
<i>Figure 48 : Détection de changement géomorphologique (GCD) par différenciation de MNT du cordon dunaire de Bousfer et Aïn et Turck, selon les périodes suivantes : a. 1934-1959, b. 1959-1985, c. 1985-2014 et d. 1934-2014. ....</i>	<i>149</i>

<i>Figure 49 : Extraction de sable le long du flanc ouest du cordon dunaire de Boousfer et Aïn el Turck. ....</i>	<i>151</i>
<i>Figure 50 : Schématisation des limites du domaine littoral en vue de l'application des dispositions relatives à l'aménagement et l'urbanisation du littoral, au sens de la Loi 02-02 du 5 février 2002. ....</i>	<i>162</i>
<i>Figure 51 : Délimitation du domaine littoral selon les dispositions de la loi "littoral" (02-02) et des limites de la zone humide de Beni Belaïd, le long du cordon dunaire de Beni Belaïd et Sidi Abdelaziz. ....</i>	<i>167</i>
<i>Figure 52 : Délimitation du domaine littoral selon les dispositions de la loi "littoral" (02-02), et du zonage de l'aire protégée relative au classement du cordon dunaire de Bousfer et Aïn el Turck. ....</i>	<i>168</i>
<i>Figure 53 : Répartition des POS et des secteurs d'urbanisation autour du cordon dunaire de Beni Belaïd. ....</i>	<i>174</i>
<i>Figure 54 : Position du plan d'aménagement touristique de Beni Belaïd, vis-à-vis de l'organisation foncière des terrains agricoles et du tissu urbain. ....</i>	<i>176</i>
<i>Figure 55 : Urbanisation du cordon dunaire côtier de Sidi Abdelaziz, organisation spatiale des POS, des secteurs d'urbanisation et de leurs périmètres d'intervention. ....</i>	<i>177</i>
<i>Figure 56 : Extension de l'Agglomération Chef-Lieu (ACL) de Sidi Abdelaziz entre 1980 et 2018 et périmètre d'urbanisation future (conception : Bougherira A., 2019 - à partir des photos aériennes : 1980, PDAU : 1999 et 2010 et des observations du terrain). ....</i>	<i>180</i>
<i>Figure 57 : Urbanisation des limites du domaine littoral selon la loi 02-02 et du DPM : (a). Agglomération de Bousfer-plage, (b). Agglomération de Coralès, (c). Agglomération de Cap Falcon. ....</i>	<i>183</i>
<i>Figure 58 : Forme d'appropriation et d'urbanisation du domaine public maritime (DPM) : (a) Urbanisation empiétant sur le DPM, (b) Avancée en béton sapée par la mer, (c) Aménagement des cavités dans des falaises dunaires. ....</i>	<i>184</i>
<i>Figure 59 : Délimitation de la ZET de Cap Falcon, limites du plan d'aménagement touristique et proposition de son extension. ....</i>	<i>186</i>
<i>Figure 60 : Délimitation du périmètre de sécurité de la base aérienne de Bousfer, répartition spatiale des terrains agricoles, périmètre de la ZET de Cap Falcon et extension urbaine. ....</i>	<i>188</i>

<i>Figure 61 : Participation aux réunions de délibération et de prise de décision relatives aux projets de protection et/ou de valorisation du littoral.....</i>	<i>196</i>
<i>Figure 62 : Efficacité des mécanismes de concertation et de coordination intersectorielles autour des projets de protections et de valorisation du littoral. ....</i>	<i>197</i>
<i>Figure 63 : Représentation des services écosystémiques fournies par les cordons dunaires côtiers chez les populations locales.....</i>	<i>202</i>
<i>Figure 64 : Représentation de l'état de conservation du cordon dunaire et de ses plages associées chez les populations locales. ....</i>	<i>203</i>
<i>Figure 65 : Réponses avancées par les populations locales sur les causes de la dégradation de l'environnement (plusieurs réponses peuvent être données par personne enquêtée). .</i>	<i>204</i>

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Espèces végétales les plus abondantes caractérisant le système dunaire de Sidi Abdelaziz et Beni Belaïd. Adapté de Khennouf et al., (2018) et de Thomas (1968). ....	60
Tableau 2 : Historique des tempêtes ayant survenues sur la côte d’Oranaise. Source L.E.M. (1980) in Ghodbani et Semmoud (2010). ....	68
Tableau 3 : Infrastructures touristiques et capacité d'accueil au niveau des communes de Bousfer et Aïn el Turck (Source : D.T.A. Oran, 2018) .....	80
Tableau 4 : Volume de sables prélevés le long du cordon dunaire de Sidi Abdelaziz et Beni Belaïd de 1975 à 2011. (Source : Subdivision maritime de la DTP-Jijel, 2018).....	82
Tableau 5 : Ensemble de données utilisées pour la caractérisation de l’évolution spatio-temporelle des cordons dunaires étudiés. ....	96
Tableau 6 : Estimation d'erreur pour la mesure de l'évolution du trait de côte le long des plages associées au cordon dunaire de Bousfer et Aïn el Turck. ....	101
Tableau 7 : Estimation d'erreur pour la mesure de l'évolution du trait de côte le long des plages associées au cordon dunaire de Sidi Abdelaziz jusqu'à Beni Belaid.....	101
Tableau 8 : Données utilisées pour la quantification du bilan sédimentaire dans le littoral dunaire de la région de Cap Falcon. ....	104
Tableau 9 : Estimation de la marge d'erreur relative à chaque MNT et aux DoD. ....	106
Tableau 10 : Evolution du trait de côte le long du cordon dunaire de Sidi Abdelaziz jusqu’au Beni Belaid entre 1960 et 2017. ....	136
Tableau 11 : Volume de sable extrait dans la zone d'étude de 1975 à 2011. ....	140
Tableau 12 : Synthèse des résultats de l'évolution du trait de côte le long des plages du cordon dunaire de Bousfer et Aïn el Turck. ....	142
Tableau 13 : Statistiques des changements volumétriques de la géomorphologie côtière par différenciation des MNT. ....	148
Tableau 14: Défis et orientations stratégiques de la GIZC en Algérie.....	165
Tableau 15 : Déclinaison des dispositifs de gestion et de protection du littoral le long des cordons dunaires étudiés.....	166
Tableau 16 : Nombre de maisons empiétant sur le DPM et taux d'urbanisation de la zone non-aedificandi. ....	183
Tableau 17 : Acteurs interviewés lors du déroulement de nos enquêtes.....	193

---

***INTRODUCTION GENERALE***

---

La protection de l'environnement constitue l'un des piliers sur lesquels reposent les objectifs du développement durable. La prise de conscience de l'environnement a commencé à prendre de l'importance au milieu du siècle dernier par la création de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) en 1948, sous l'influence du monde scientifique. Ensuite, elle a été marquée par deux événements majeurs : la Conférence mondiale sur l'environnement à Stockholm qui aboutit à la Déclaration de Stockholm en 1972 et la mise en place du programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE), puis par le sommet de la terre à Rio de Janeiro en 1992 : lors de la conférence des nations unies sur l'environnement et le développement durable, dans laquelle l'environnement a été consacré par le droit international.

Cette volonté se décline, à l'échelle de la Méditerranée, par la mise en place de plusieurs conventions et institutions de régulation, qui orientent le développement durable dans la région, notamment par la création du Plan d'Action Méditerranéen du Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PAM-PNUE en 1975) et la Commission Méditerranéenne du Développement Durable en 1996 (CMDD) ainsi que la mise en place de la Stratégie Méditerranéenne du Développement Durable (SMDD : 2005-2015 et 2016-2025). Les zones côtières ont eu une attention particulière, en raison de la croissance des pressions qui pèsent sur leur environnement. En effet, depuis l'amendement en 1995 de la convention sur la protection du milieu marin et du littoral de la Méditerranée et ses protocoles (convention de Barcelone et ses protocoles), plusieurs projets démonstratifs de Programme d'Aménagement Côtier (PAC) ont été lancés à l'échelle de 19 pays méditerranéens, dont pour l'Algérie entre 2003 et 2006. Cette dynamique est renforcée par l'adoption du protocole GIZC en 2008 et son entrée en vigueur en 2011, qui prévoit l'élaboration de Stratégie Nationale de Gestion Intégrée des Zones Côtières (SN GIZC) pour chaque pays membre du protocole (partie-prenante).

Néanmoins, l'analyse des interactions « Homme – Environnement » en Méditerranée a démontré que la littoralisation du développement socio-économique continue à suivre une tendance accélérée (Plan Bleu, 2020). A l'instar de tous les pays du Maghreb, l'Algérie n'échappe pas à cette tendance (Ghodhani & Berrahi-Midoun, 2013; Nakhli, 2010; Oueslati, 2004).

Long de 1622 km, le littoral algérien englobe une grande diversité d'écosystèmes, riches en biodiversité et sources de paysages remarquables. Parmi ces écosystèmes, les cordons dunaires qui font l'objet de notre recherche. Ils sont par définition des accumulations de sables mobiles, disposées en bandes parallèles au trait de côte. Leur position à la jonction

entre terre et mer est la source d'une diversité de paysages, d'écosystèmes et des espèces. Ils constituent un réservoir de biodiversité et abritent de nombreux habitats écologiques fonctionnels, d'intérêt patrimonial. Certes, ils sont fragiles sur le plan écologique, mais beaucoup plus résilients du point de vue physique et géomorphologique. Ils constituent une barrière naturelle face à l'avancé de la mer, notamment contre les phénomènes de l'érosion et des submersions marines, mais aussi pleins d'autres services écosystémiques de régulation des inondations et d'épuration des eaux polluées. Ils rendent, également, des services écosystémiques de nature socio-culturels et économiques, car ils offrent des paysages très attractifs et support de d'activités socio-économiques, notamment l'agriculture et le tourisme.

Cependant, les dynamiques y sont d'autant plus sensibles que cet espace est exigu et qu'il est le siège de risques côtiers et de conflits d'usage complexes. En effet, la variabilité des dynamiques côtières, la multiplicité des activités humaines et leur incompatibilité avec la nature du milieu dunaire côtier lui confèrent une vulnérabilité d'un niveau et d'une nature spécifiques.

La dégradation de l'environnement et par conséquent la durabilité du développement, se posent d'abord dans un contexte local. Il en va ainsi non seulement pour la diversité des contextes naturels dans lesquels les écosystèmes évoluent et de leur niveau de vulnérabilité, mais aussi du fait des particularités locales du développement socio-économique (Ghodbani & Amokrane, 2013a; Chakour & Dahou, 2009).

Nous avons choisi deux sites, situés dans deux contextes géographiques différents, afin d'explorer ce sujet : le cordon dunaire de Bousfer et Aïn el Turck, à l'ouest d'Oran, et celui de Sidi Abdelaziz et de Beni Belaid à l'est de la baie de Jijel. Ils sont deux sites qui relèvent les problématiques de la protection et du développement durable des littoraux dunaires en Algérie. En effet, depuis le début des années 2000, un ensemble de lois et de textes réglementaires a été mis en place, afin de jeter les bases d'une politique écologique et du développement durable. Les deux cas d'étude s'inscrivent dans cette dynamique, d'une part par la mise en réserve naturelle de la zone humide côtière de Beni Belaid à Jijel, soutenue par le statut international du label « site Ramsar », et d'autre part par le classement du cordon dunaire de Cap Falcon à Oran en Aire Côtière Protégée (ACP).

En dépit des initiatives pour la protection de l'environnement de ces deux espaces dunaires côtiers, ils continuent à subir des pressions anthropiques croissantes. On note notamment l'extension accélérée de l'urbanisation, des aménagements touristiques et des infrastructures routières le long du cordon dunaire externe, ainsi que l'extension des terrains agricoles, le

défrichement du couvert végétal et l'extraction du sable, au niveau du cordon dunaire interne. Mais aussi la croissance démographique accélérée et la sur-fréquentation touristique des estivants qui dépassent la capacité de charge de ces milieux.

La conciliation des impératifs du développement et d'aménagement des territoires littoraux avec les objectifs de protection et de conservation de l'environnement occupe l'axe central de notre problématique de recherche. Dans ce cadre, nous allons nous interroger : comment appréhender la complexité de ces socio-écosystèmes « cordons dunaires côtiers » et analyser leur durabilité ? À priori, cette complexité découle des interactions entre les processus côtiers et les dynamiques socio-économiques, d'une part, et des relations et des interrelations entre les mesures de protections envisagées, les perspectives de développement et les pratiques d'aménagement ainsi que le mode de gouvernance employés. Dans cette perspective, plusieurs questions animent notre réflexion dans cette recherche, que nous pouvons formuler dans les points suivants :

- Dans quelle mesure la différence des contextes géographiques et bioclimatiques peut déterminer les processus côtiers intervenant dans le fonctionnement des cordons dunaires étudiés, ainsi que les dynamiques socio-économiques en place ? Comment évaluer l'état de conservation des cordons dunaires étudiés, la dynamique morphologique du système plage – dune et leurs niveaux de vulnérabilité aux pressions anthropiques ? et comment cela impactera-t-il les choix de gestion et d'exploitation des cordons dunaires étudiés ?
- Comment expliquer la faiblesse des politiques d'aménagement et de développement des territoires littoraux à implémenter un cadre de développement durable ainsi que les difficultés des outils et dispositifs de gestion à engager des actions concrètes pour la protection des cordons dunaires côtiers ?
- Quelles sont les contraintes auxquelles sont confrontés la mise en réserve naturelle et/ou le classement en Aire Côtière Protégée (ACP) les cordons dunaires côtiers ? Comment les acteurs locaux coordonnent leurs actions et s'organisent autour de la gestion et de l'aménagement des de ces socio-écosystèmes ?

Dans le but d'explorer et de comprendre ces interrogations, nous avons constitué quelques hypothèses de départ. En effet, nous pensons que les problèmes socio-environnementaux des littoraux dunaires s'inscrivent dans un contexte global. En effet, ils sont les conséquences d'un processus long et cumulatif de la littoralisation du développement et des activités socio-économiques. En l'absence d'une politique d'aménagement et de développement claire et spécifique, des transformations socio-spatiales rapides ont émergé (Ghodhani, 2010), pouvant être considérées profondes et pour certaines composantes irréversibles. Elles sont

accompagnées d'une forte concurrence entre les différents secteurs et activités économiques. Par ailleurs, l'interférence des activités incompatibles entre-elles conjugué à une gestion sectorisée du territoire littoral, sont souvent à la source de conflits d'usage et de controverses entre les acteurs locaux autour de l'appropriation du littoral.

Les enjeux socio-économiques et environnementaux, ainsi que les conflits générés au sein des espaces côtiers imposent de plus en plus un besoin de gestion plus globale, qui prend en compte la fragilité des milieux, la disponibilité des ressources naturelles et les activités qui s'y développent. La gestion intégrée de la zone côtière (GIZC) est devenue un objectif prioritaire afin de concilier au mieux les enjeux du développement économique et de cohésion sociale avec ceux de protection de l'environnement (Cicin-Sain & Knecht, 1998), mais aussi de permettre l'installation d'un mode de gestion proactive, notamment en ce qui concerne la prise en charge des risques côtiers et des inégalités écologique et/ou environnementales (Deboudt, 2018; Meur-Férec et *al.*, 2018). Par ailleurs, les travaux relatifs à la notion de durabilité, indiquent que la recherche à l'interface entre Homme et Environnement est de plus en plus importante pour l'aide à la prise des décisions concernant la valorisation et la gestion des espaces et des ressources naturelles (Ciccarelli, 2014; Verburg et *al.*, 2013).

Dans l'objectif d'explorer les concepts liée à la problématique de la préservation et le développement durable des cordons dunaires côtiers, nous nous sommes aperçus d'une littérature académique riche et abondante ; articles scientifiques, rapports d'étude, thèses de différentes spécialités, etc., de par le monde et particulièrement en Méditerranée (Gouguet, 2018; Favennec & Battiau-Queney, 2014; Doody, 2013; van der Meulen & Salman, 1996). En Algérie, les études relatives à ce sujet demeurent par contre insuffisantes. Elles sont peu nombreuses et fragmentées entre plusieurs disciplines en écologie (Hanifi et *al.*, 2007; Aime & Penven, 1982; Thomas, 1968) et en géomorphologie (Kermani, 2016; Boutiba, 2006). Ainsi aucune thèse est dédiée aux espaces dunaires à ce jour.

La complexité de la problématique de notre recherche, à l'interface Homme / Environnement exige une démarche plus ouverte sur plusieurs champs disciplinaire à savoir : la géographie, l'écologie et les sciences sociales. Afin de mieux aborder cette perspective de recherche ambitieuse, nous avons combiné deux méthodes d'approche complémentaires, à savoir : approches diachronique et multiscalaire :

Nous envisageons par la diachronie analyser l'évolution dans le temps des différents paramètres spatiaux, comme le paysage, l'occupation du sol, la dynamique physique, etc., afin de détecter les phases les plus critiques de l'évolution des cordons dunaires étudiés. Pour

le multiscalaire, c'est le changement de l'échelle de l'étude, elle est tantôt micro locale et/ou locale (ex plage, trait de côte), tantôt régionale (ex les influences maritimes, le bassin versant, les décisions d'aménagement à l'échelle de la wilaya) et parfois nationale (politique écologique) et même internationale (conventions et tendance méditerranéenne en matière de protection).

L'approche transversale entre les deux approches se base sur une vision holistique et multicritère qui aborde le milieu comme un éco-socio-système en évolution permanente par l'échange de relation de causalité entre ses différentes composantes.

Cette démarche s'articule, pour notre thèse, autour de trois étapes principales :

- i.* Diagnostic territorial qui analyse les composantes environnementales et socio-économiques locales, afin de mettre en exergue la pertinence du choix des sites à cordon dunaire côtiers,
- ii.* Suivi de l'évolution spatio-temporelle des dynamiques littorales, dans ses composantes écologiques et géomorphologiques, et des dynamiques d'occupation et d'utilisation du sol au niveau des cordons dunaires côtiers, afin de caractériser leur état de conservation et d'évaluer leur vulnérabilité aux pressions anthropiques,
- iii.* Caractérisation des enjeux relatifs à la protection et la valorisation durable des cordons dunaire côtiers et du mode de gouvernance employé pour les cordons dunaires côtiers. Elle est consacrée à l'étude des outils de gestion, au jeu d'acteurs et aux conflits d'usage autour des enjeux de l'environnement et de l'aménagement des cordons dunaires côtiers à la fois fragiles et convoités.

Le travail sur deux sites différents n'était pas facile vu la différence du contexte géomorphologique, environnementale et socio-économique et l'effort demandé pour mener des séjours de terrain partagés entre la côte ouest et la côte est de l'Algérie. Nous ne prétendons pas, par notre recherche, présenter une étude comparative entre les deux cordons dunaires, mais plutôt d'aller vers un regard croisé qui va se limiter à un certain nombre d'éléments clés de la compréhension des dynamiques naturelles et socio-économique, les impacts anthropiques et l'évaluation de l'état de conservation et des formes de vulnérabilité, ainsi que l'évaluation des défis et les contraintes à la gestion des cordons dunaires étudiés.

---

*PREMIERE PARTIE : ETAT DE L'ART SUR LA GESTION DES CORDONS  
DUNAIRES COTIERS ET EXPLORATION DES SPECIFICITES DES CORDONS  
DUNAIRES ETUDIES*

---

## **Introduction de la première partie**

Le littoral est la zone de rencontre entre la terre et la mer, dont le mode de fonctionnement est très complexe. Les multiples interactions entre ses composantes physiques, biologiques et climatiques génèrent une grande diversité d'écosystèmes. Ces derniers sont soumis à des contraintes écologiques complexes, et tout particulièrement les côtes aux cordons dunaires, qui sont constamment remaniées par le vent et la mer. Ils constituent des espaces à la fois riches et diversifiés mais aussi extrêmement vulnérables aux pressions anthropiques. De ce fait, la gestion des côtes aux cordons dunaires suppose une connaissance profonde de la dynamique de leurs composantes naturelles et leurs interactions avec les facteurs humains.

Dans cette partie, nous allons, dans un premier chapitre, dresser un état de l'art, afin de montrer l'intérêt porté par la communauté scientifique sur l'étude du fonctionnement et de la gestion des cordons dunaires côtiers. Ceci va nous permettre de présenter notre positionnement scientifique par rapport aux différents champs disciplinaires traitant du même sujet. Dans un deuxième chapitre, nous allons dresser un diagnostic territorial, mettant en exergue les traits caractéristiques des cordons dunaires étudiés du point de vue physique, écologique et socio-économique. L'objectif ici est de caractériser les processus intervenant dans la formation et le fonctionnement des écosystèmes dunaires, ainsi que d'évaluer le poids anthropique et ses formes.

---

*Chapitre I : Éléments de connaissance sur le fonctionnement et la gestion des cordons  
dunaires côtiers et positionnement scientifique de la recherche*

---

## **Introduction**

Dans ce chapitre, nous tenterons de réaliser un état de l'art sur les cordons dunaires côtiers. Cet exercice nous a fait vite prendre conscience d'une littérature scientifique abondante sur les dunes côtières, émanant de diverses disciplines. Il ne s'agit pas ici d'en faire une synthèse exhaustive dans un seul chapitre. Nous visons simplement à exposer les éléments essentiels pour la compréhension du fonctionnement de ces espaces et à fournir des clés de lecture utiles pour les parties suivantes. Il s'agit donc, de présenter les écosystèmes dunaires côtiers, leurs origines, leur géomorphologie et les successions des habitats écologiques ainsi que l'importante et les services écosystémiques rendus par ces écosystèmes dunaires. Ensuite, nous mettons en exergue l'évolution du rapport de l'Homme aux espaces dunaires côtiers, ainsi que le besoin spécifique d'une gestion intégrée des zones côtières pour la protection et le développement durables des cordons dunaires côtiers. Enfin, nous exposons le positionnement scientifique et le cadre conceptuel de la recherche.

### **1. Éléments de connaissance des cordons dunaires côtiers : des milieux fluctuants, riches et fragiles**

Les cordons dunaires côtiers se définissent parmi les côtes basses d'accumulation. Ils sont des constructions éoliennes, qui se développent dans les zones où de grandes quantités de sables fins sont disponibles, pour être transportées à l'intérieur des terres par les vents. A la jonction entre la terre et la mer, les cordons dunaires côtiers font partie d'un système « plage / dune » très dynamique, de partage et d'échange sédimentaire. Ils se caractérisent par une mobilité intrinsèque élevée, qui résulte de l'interaction de nombreuses forces, marines et continentales, impliquant des processus physiques, climatiques et biologiques complexes. Ils constituent également un réservoir de biodiversité remarquable, qui abrite un cortège floristique et une vie faunique riches et variés.

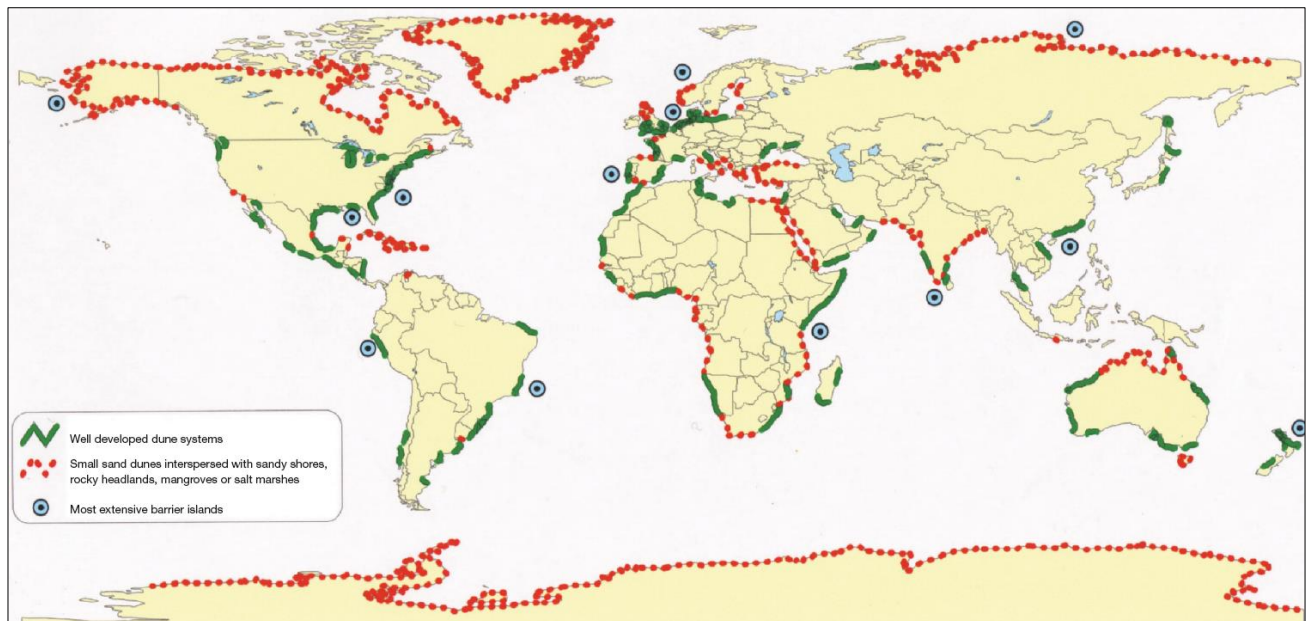
#### ***1.1. Répartition des dunes côtières dans le monde***

L'une des caractéristiques les plus remarquables des dunes côtières est leur large distribution le long des littoraux d'accumulation à l'échelle planétaire<sup>1</sup> (Figure 1), et leur diversité écologique (M. L. Martínez, Psuty, & Lubke, 2008). Elles sont distribuées dans le monde entier en association avec les plages de sable, produisant un large éventail de formes et de dimensions de dunes côtières liées aux variations spatiales et temporelles de l'apport de

---

<sup>1</sup> La carte de M. L. Martínez *et al.*, (2008) a été réalisée à partir des descriptions de van der Maarel 1993a, b. Elle ne montre pas la répartition des dunes côtières sur la rive Sud du bassin occidental de la Méditerranée, y compris la côte algérienne, en raison du manque d'informations et de publications scientifiques en la matière.

sédiments et du régime des vents (Peterson et al., 2007; Carter et al., 1992; Pye, 1983). Ils ont tendance à exister partout où se trouvent des îles barrières ou des reliefs côtiers de dépôts dominés par les vagues (M. L. Martínez, Psuty, & Lubke, 2008; Carter et al., 1992).



**Figure 1 :** Distribution mondiale des systèmes dunaires côtiers. **En vert :** Les systèmes dunaires les plus développés ; **En rouge :** Les petites dunes côtières interrompues par d'autres formes côtières. **Points bleus :** Les îles barrières les plus étendues. (M. L. Martínez, Psuty, & Lubke, 2008)

Comme on les trouve sous presque toutes les latitudes, les conditions climatiques et les biomes, les dunes côtières sont très diverses qui couvrent des habitats écologiques, allant des latitudes polaires aux latitudes tropicales, et des déserts aux forêts tropicales humides et passant par les régions tempérées (Hesp, 2008; M. L. Martínez, Psuty, & Lubke, 2008). Les paysages dunaires sont en revanche, le résultat d'une lente évolution qui s'est poursuivie durant plusieurs centaines d'années (Doody, 2013b; Pinot, 1998; Hallegouet et al., 1986).

### 1.2. Origine de mise en place des dunes côtières

A l'échelle planétaire, les dunes côtières sont beaucoup plus jeunes que les dunes évoluant dans des milieux désertiques, bien qu'elles puissent se développer en remodelant des sables plus anciens (Doody, 2013b). On distingue deux types de dunes côtières : les dunes anciennes et les dunes actuelles. Les premières sont issues du transport de sable éolien par les vents de terre lorsque le niveau de la mer était plus bas qu'aujourd'hui, au Pléistocène supérieur, il y a 12 000 ans (Doody, 2013b; Peterson et al., 2007; Pinot, 1998). En revanche, les dunes actuelles sont formées au cours de l'Holocène moyen à récent, suite à la baisse du rythme de l'élévation du niveau de la mer, vers la fin de la transgression flandrienne, il y a 5 à 6 000 ans (Peterson et al., 2007; Pinot, 1998). Les vagues ont transporté le sable pour créer

la plage, ensuite, le vent a déplacé les sédiments de la plage vers la terre, formant les dunes holocènes actuelles (Paskoff, 2004; Hallegouet et *al.*, 1986).

L'épuisement de la réserve en sédiments de l'avant-côte a fini par arrêter le processus d'alimentation des plages et des dunes actuelles en sable (Kidd, 2001; Paskoff, 1998). Ensuite, la perturbation des dynamiques sédimentaires naturelles a inversé l'évolution des littoraux sableux de l'accumulation à l'érosion, sauf là où les apports sédimentaires arrivent jusqu'à la mer par de grands cours d'eau (Paskoff, 2004).

### *1.3. Dynamique des systèmes dunaires côtiers : processus sédimentaire et morphologie dunaire*

Les dunes côtières occupent une place importante le long des côtes sableuses. Elles sont des constructions de sables fins, organisées selon des bandes plus ou moins parallèles au trait de côte. Leur évolution morphologique y est étroitement liée à celle des plages associées. Les processus d'accumulation sédimentaire dépendent de l'action des vagues pour transporter le sable vers la côte, et du vent qui est assez fort pour pousser les grains de sable vers l'intérieur des terres.

Le bilan sédimentaire conditionne leur développement et permet de déterminer si les dunes sont stables, en régression ou en progression (Ley de la Vega et *al.*, 2012; Paskoff, 2004; Pinot, 1998). En effet, les dunes côtières se développent là où il y a une réserve de sédiments de l'ordre de 0,06 à 4 mm (Chaibi et *al.*, 2014; Doody, 2013b), avec une plage exposée suffisamment large pour que le vent puisse déplacer les particules en surface.

La taille des grains de sable n'est pas absolue et dépend dans une certaine mesure de l'exposition au vent et de l'humidité du sable. Lorsque les sédiments sont assez légers pour être déplacés par le vent, mais trop lourds pour être en suspension dans l'air, des dunes de sable peuvent se former. Le seuil de vitesse du vent varie entre environ 4 m/s (1 m au sol) pour du sable sec de 0,2 mm de diamètre, et plus de 10 m/s pour du sable humide (Pye & Tsoar, 2009; Leatherman, 1978).

### *1.4. Couvert végétal dunaire*

#### *1.4.1. Influence des contraintes écologiques*

Il est fréquemment admis que le couvert végétal dunaire joue un rôle fondamental dans la naissance, le développement et la stabilisation des dunes côtières, en particulier dans les régions tempérées. Il constitue le premier obstacle naturel contre l'action du vent. Les plantes interceptent directement les particules de sable mobilisées par les feuilles et, dans une

certaine mesure, indirectement en freinant le transport éolien vers la terre (Nordstrom et *al.*, 2009; Hesp, 2008).

En revanche, cette végétation est soumise à des conditions climatiques, biologiques et édaphiques particulières. Selon la distance à la mer, il s'installe un gradient décroissant de l'humectation, de la salinité, de l'intensité du vent, et de la mobilité du sable, induisant une succession de formations végétales bien différenciées (Ciccarelli, 2014; Lubke, 2008).

#### *1.4.2. Zonation transversale et successions d'habitats dunaires côtiers*

L'accumulation et le dépôt du sable dunaire donne lieu à des faciès morpho-sédimentaires qui se distinguent par leur mobilité et le recouvrement par une végétation spécialisée (Figure 2). Ils correspondent à des stades d'évolution et de développement du géosystème dunaire, que l'on peut regrouper en cinq unités écologiques fonctionnelles :

- **Haut de plage** : Sur cette partie de la plage se déposent les laisses de mer, notamment les dépôts d'algues marines, riche en matière organique. Décomposés et mélangés au sable, du haut de plage, les laisses de mer favorisent le développement d'une flore halo-nitrophile pionnière. Cette végétation annuelle est installée dans un milieu riche en azote et inondable par les grandes vagues, peut supporter le vent et le sel. En piégeant le sable, elle va constituer le premier stade de formation des dunes, mais son développement est interrompu tant par l'érosion marine que par la pression humaine (piétinement, nettoyage mécanique des plages...).

- **Dune embryonnaire et avant-dune** : Elles se développent, à l'abri du haut de plage, correspondant au premier relief sableux du cordon dunaire. Ce sont au début des monticules naissants, discontinus et très bas, de sable mobile ou vif car leur couverture végétale est très faible. Puis ces dunes embryonnaires se raccordent pour constituer une avant-dune continue (M. L. Martínez, Gallego-Fernández, et al., 2013; Paskoff, 2005). Résultant d'un processus d'accrétion, à partir d'une végétation psammophile et tolérante en sel, elle se distingue de la dune blanche par l'omniprésence de chiendent des sables (*Agropyron junceum*).

L'avant-dune occupent la position d'espace charnière dans le système plage-dune. Elle joue un rôle important dans la régulation des transferts sédimentaires transversaux, en participant à la dynamique morpho-sédimentaire des plages associées.

- **Dune blanche** : Elles sont nommées ainsi en raison de la forte visibilité du sable nu, correspondent aux sable mobile du cordon dunaire (UICN, 2020). Elle se trouve à l'arrière de l'avant-dune, avec une hauteur plus élevée. Constamment exposée aux vents de différents secteurs, elle développe une forme plus ou moins irrégulière. Le couvert végétal est

relativement plus dense que dans le milieu précédent. La dune blanche est colonisée par une végétation psammophile, principalement constituée de l'Oyat (*Ammophila arenaria*). Cette plante très adaptée aux conditions de mobilité, est la principale responsable du développement en hauteur des dunes (Keijsers et *al.*, 2015). En effet, elle tend à piéger le sable en transit, tout en permettant une mobilité relative du substrat nécessaire à l'équilibre écologique du milieu.

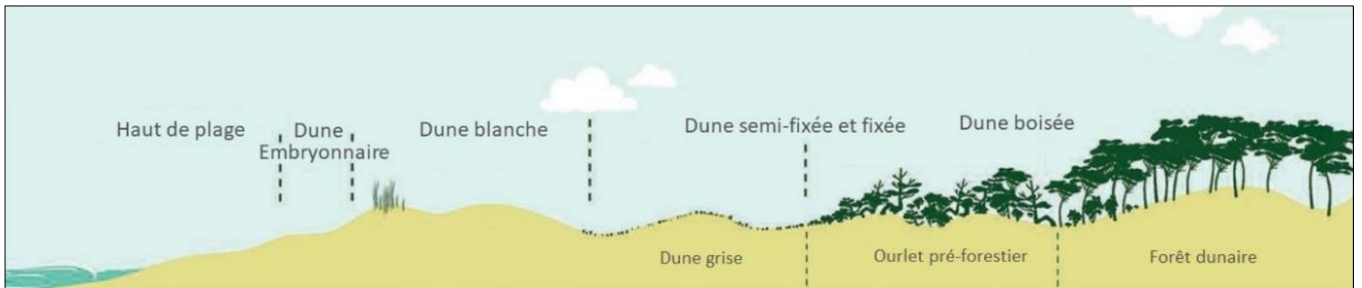
- **Dunes semi-fixée et fixée** : Ces deux milieux sont caractérisés par une diversité de végétation, dont le taux de recouvrement végétal est relativement élevé. Ces milieux sont plus ou moins immobiles.

D'abord, on rencontre la « dune grise », qui est caractérisée par un recouvrement dense de végétation basse. La présence de lichens donne à cette zone du cordon dunaire une couleur grise, d'où l'origine de l'appellation « dune grise » (Doody, 2013e). Dans cette zone, située entre le cordon dunaire externe et interne, le sable est plus ou moins stabilisé. On y retrouve une diversité de plantes vivaces (ex : *Helichrysum stoechas*, *Malcolmia littorea*...), qui permettent la formation d'un sol très superficiel (Lubke, 2008). En revanche, elle peut également être colonisée par des plantes annuelles (ex : *Euphorbia peplis*), en cas de remaniement du sable par le vent.

Au fur et à mesure que les contraintes marines s'affaiblissent, ainsi que la mobilité naturelle du sable dunaire est réduite, la végétation connaît une dynamique progressive conduisant à l'installation de paysages pré-forestier et forestier (Larroque & Favennec, 2016; Aarde et *al.*, 2008). Nous pouvons rencontrer, dans les milieux les moins stables, des formations végétales ligneuses, qui marque la transition avec la dune blanche, comme les dunes à *Retama bovei*. En revanche, la zone où les forêts dunaires dominent le paysage, correspondant aux formations de Genévrier et de Lentisque, représente le dernier stade évolutif du cordon dunaire (Larroque & Favennec, 2016). Néanmoins, actuellement ces paysages sont le résultat d'une volonté humaine de fixer le sable et l'avancée des dunes, notamment par la plantation de Pin maritime et de l'Acacia (Gouguet, 2018; Ley de la Vega et *al.*, 2012).

- **Les milieux dunaires humides** : Le cordon dunaire est souvent considéré un milieu exclusivement sec. Or, la nappe d'eau douce, oscillant dans le sol, peut affleurer au niveau des dépressions dunaires. Ces milieux humides renferment une biodiversité importante (Grootjans et *al.*, 2008). Ils sont colonisés d'espèces hygrophiles très sensibles. En fonction de la distance de la mer, de l'engorgement en eau et/ou de la proximité des dépressions

dunaires de la nappe d'eau, on peut distinguer plusieurs écosystèmes humides. Au niveau du cordon dunaire externe, on rencontre les pannes humides, situées à l'intérieur des cuvettes ou dépressions intra-dunaires de la dune blanche. Entre le cordon dunaire externe et interne, se trouve la plaine humide inter-dunaire.



**Figure 2 :** Schéma montrant la zonation des différents milieux dunaires. Adapté par l'auteur : Gouguet (2018), M. Luisa Martínez et al., (2013), Ley de la Vega et al., (2012).

## **2. Importance des systèmes dunaires : des fonctions écologiques et services écosystémiques essentiels**

Les dunes côtières constituent un capital naturel important. Elles remplissent de nombreuses fonctions écologiques<sup>2</sup> et de multiples services écosystémiques<sup>3</sup> essentiels (Urbis et al., 2019; Van der Biest et al., 2017; Doody, 2013b; Debaine & Robin, 2012), qui méritent d'être conservés. Ces derniers jouent un rôle clé, en tant que solutions basées sur la nature, pour infléchir les impacts prévus par le changement climatique au niveau des littoraux dunaires (Temmerman et al., 2013). En effet, nous pouvons énumérer plusieurs services écosystémiques, au niveau des dunes côtières, que l'on peut regrouper en quatre principales catégories, selon *Millennium Ecosystem Assessment* (2005) :

### **2.1. Service de support et de soutien : fonction écologique du cordon dunaire**

Les cordons dunaires côtiers sont particulièrement utiles pour soutenir les processus côtiers aux marges entre les milieux marins et terrestres. Les plus importants sont le stockage et l'échange de sédiments entre la plage et l'avant-dune. Le stockage des sédiments contribue directement à l'un des services de régulation, en tant que structure de défense naturelle. De plus, il facilite également le développement de formes de dunes intérieures plus stables.

<sup>2</sup> Les fonctions écologiques représentent l'ensemble des processus naturels qui permettent le maintien du fonctionnement de l'écosystème. Une fonction écologique peut contribuer à plusieurs services écosystémiques et inversement un service peut être issu de plusieurs fonctions écologiques (UICN-France, 2014).

<sup>3</sup> Les services écosystémiques sont l'ensemble des biens et services que les hommes peuvent tirer des écosystèmes, directement ou indirectement, pour assurer leur bien-être (millennium ecosystem assessment, 2005).

En revanche, ces formations sableuses sont le support d'une biodiversité particulièrement riche, notamment autour du bassin méditerranéen (van der Meulen & Salman, 1996), l'un des principaux « *hotspot* » de biodiversité au monde (Médail & Quézel, 1999). Par ailleurs, l'étroite bande du cordon dunaire, à l'interface terre/mer du bassin méditerranéen, se caractérise par un taux d'endémisme relativement élevé (UICN, 2020). En effet, elle conjugue une biodiversité à la fois spécifique au bassin méditerranéen et aux milieux littoraux. De plus, les cordons dunaires et leurs milieux humides, se trouvant à la croisée des routes migratoires pour l'avifaune, peuvent servir de lieux de nourriture et de repos, voire de nidification (hivernage et reproduction).

En outre, les cordons dunaires côtiers englobent une diversité de milieux spécialisés, en raison des contraintes écologiques très fortes, comme nous l'avons vu dans les sections précédentes. Ils représentent des niches écologiques particulières que seules quelques espèces spécialisées peuvent s'accommoder à de tels conditions écologiques spécifiques (Van der Biest et al., 2017; M. L. Martínez & Psuty, 2004).

### ***2.2. Service d'approvisionnement***

Les dunes côtières sont généralement associées à une nappe d'eau douce. La texture du sable des dunes permet une meilleure infiltration de l'eau, ainsi que sa purification naturelle dans son parcours à travers le sable (Louche et al., 1995). La faible profondeur de la nappe d'eau rend les dunes attrayantes pour le captage d'eau potable, en raison des faibles coûts de pompage et de traitement. Par ailleurs, les eaux souterraines comme source de production d'eau potable sont précieuses dans la région côtière, car la capacité de production d'eau potable est limitée dans cette région et la demande est élevée, en particulier pendant la saison estivale en raison du tourisme.

En outre, la végétation des dunes côtières abrite plusieurs plantes d'intérêt communautaire. On peut citer par exemple le lentisque et le genévrier, qui peuvent avoir des utilisations médicinales précieuses.

### ***2.3. Service de régulation***

Les services de régulation sont ceux qui contribuent à soutenir les processus des écosystèmes (Neugarten et al., 2018; Doody, 2013b), notamment la défense contre la mer (Debaine & Robin, 2012), la régulation de l'eau et la régulation du climat (Van der Biest et al., 2017; Everard et al., 2010).

### *2.3.1. Une structure de défense naturelle : régulation de l'érosion côtière*

Les cordons dunaires côtiers sont composés de deux grands ensembles : cordon dunaire externe et interne. Le premier englobe des milieux très mobiles et dynamiques, ayant un rôle très important dans le fonctionnement du système plage/dune. Ils permettent de stocker le sable transporté par la mer, puis le vent. Grâce aux échanges sédimentaires entre les deux maillons du système plage/dune, le sable stocké est mobilisable par la mer au moment des tempêtes marines et, dans certains cas particuliers, par les vents de l'intérieur des terres. Le cordon dunaire externe joue donc un rôle de rempart contre les assauts de la mer, en limitant l'érosion et le recul de du trait de côte (Debaine & Robin, 2012).

En revanche, le cordon dunaire interne abrite des milieux relativement stables. Ils sont pourvus d'un couvert végétal relativement dense, qui permet de réduire la mobilité du sol et par conséquent la transgression du sable vers l'intérieur des terres. Il joue donc un rôle important dans la protection des biens et des infrastructures, qui se trouvent dans l'arrière littoral, du risque de l'ensablement et de l'ensevelissement (Van der Biest et *al.*, 2017; Debaine & Robin, 2012).

Il existe, donc, entre les différents milieux du cordon dunaire côtier et leurs plages associées une solidarité fonctionnelle très étroite, dépendante du bilan sédimentaire côtier (Debaine & Robin, 2012). Toute perturbation, touchant la face externe du système dunaire, induit une chaîne de réactions sur la face interne, et vice-versa.

### *2.3.2. Régulation hydrique : maintien de la qualité de l'eau douce et protection contre l'intrusion des eaux salées*

Le cordon dunaire constitue un massif de sable perméable. Il renferme une nappe phréatique d'eau douce, dont le niveau ne varie naturellement qu'en fonction des précipitations (Louche et *al.*, 1995). La qualité de l'eau est conditionnée par les concentrations en azote. En effet, l'azote est principalement disponible sous forme de dépôts atmosphériques causés, entre autres, par l'agriculture et/ou l'industrie. Il peut être soit retenu dans l'écosystème dunaire par les plantes et la matière organique, soit perdu par le lessivage, la nitrification et la dénitrification subséquente, et le pâturage (Olf et *al.*, 1993). En revanche, la rétention de l'azote est fortement influencée par la présence de calcium dans le sable des dunes et l'absorption par la végétation nitrophile (ten Harkel et *al.*, 1998).

Par ailleurs, l'infiltration du sel peut également altérer la qualité d'eau de la nappe phréatique dunaire. En effet, elle peut devenir plus ou moins saumâtre lors des tempêtes marines. De même, le pompage excessif de l'eau et la baisse du niveau de la nappe peuvent favoriser

l'intrusion des eaux salées dans la nappe d'eau douce (Alberti et *al.*, 2017; Antonellini et *al.*, 2008).

### *2.3.3. Régulation climatique : séquestration du carbone et adoucissement du climat environnant*

Les milieux naturels ont eu un intérêt croissant par rapport à leur rôle dans la régulation du climat, via ce que l'on appelle le « carbone bleu » (Nellemann et *al.*, 2009). Les dunes côtières représentant un écosystème à succession précoce, elles ont un taux élevé d'accumulation du carbone dans le sol (Jones et *al.*, 2008). La séquestration du carbone par les écosystèmes marins et côtiers a été quantifiée à l'échelle mondiale à environ 2 Gt C/an (Chmura et *al.*, 2003). Malgré le peu de travaux qui ont essayé d'explorer le rôle spécifique du stockage du carbone dans les habitats dunaires, ils témoignent d'un taux de stockage très élevé par ces habitats (Drius et *al.*, 2016; Laffoley & Grimsditch, 2009).

Si les taux d'accumulation du carbone sont très élevés, la contribution brute des habitats dunaires à la régulation du climat est relativement faible en raison de leur faible superficie (Drius et *al.*, 2016). Néanmoins, dans le contexte de la perte généralisée d'habitats côtiers et du changement d'utilisation des terres à petite échelle, et dans un contexte plus large de gestion des habitats pour de multiples avantages, leur rôle dans la régulation des émissions de gaz à effet de serre mérite d'être pris en considération (Van der Biest et *al.*, 2017; Everard et *al.*, 2010).

### *2.4. Service culturel*

Les cordons dunaires côtiers offrent des avantages immatériels, que les gens peuvent en tirer par le biais de la récréation, des traditions et de l'attachement, voire de l'enseignement et la recherche scientifiques (Doody, 2013b). En effet, ils constituent une ressource récréative importante, en plus de leurs valeurs de conservation de la nature. De nombreuses activités balnéaires sont associées aux littoraux dunaires. Ils offrent un lieu de repos, de détente et de jouissance du paysage naturel (Urbis et *al.*, 2019). Les cordons dunaires végétalisés à l'intérieur des terres ne sont toutefois pas des endroits qui donnent accès à la mer. Ils ont toute une série d'autres valeurs récréatives telles que les sports, les marches de découverte et l'observation des oiseaux (Doody, 2013d; Everard et *al.*, 2010).

Les cordons dunaires côtiers offrent la possibilité d'étudier la complexité des systèmes naturels, en tant que patrimoine géologique, biologique ou paysager. Ils offrent également l'opportunité d'apporter des solutions inspirées de la nature, notamment dans le domaine de la défense côtière, le traitement et l'épuration des eaux usées. De plus, la valorisation du

savoir-faire locale en matière de l'usage des plantes médicinales et aromatiques et de l'agriculture biologique, est une piste qui mérite l'exploration dans les littoraux dunaires.

### **3. Rapports de l'Homme aux dunes côtières et leur perception par les sociétés**

#### *3.1. Activités humaines et espaces dunaires : une vulnérabilité accentuée par les pressions anthropiques*

Malgré la prise de conscience récente, des avantages importants que les dunes côtières prodiguent pour le bien-être humain et les valeurs élevées de la biodiversité, elles restent encore parmi les écosystèmes les plus menacés et endommagés tant au niveau mondial (Doody, 2013a; M. L. Martínez, Hesp, et al., 2013) qu'au niveau de la région méditerranéenne (Drius et al., 2019; Van der Biest et al., 2017).

Les activités humaines dans les zones côtières se sont intensifiées au cours des dernières décennies, notamment en Méditerranée (Plan Bleu, 2020). Par exemple, sur la rive Nord de la Méditerranée, les dunes côtières auraient perdu en moyenne 25 % de leur étendue en 1998, par rapport à 1900, avec des pics de perte de surface de 80 % dans certains pays méditerranéens (Drius et al., 2019).

Ces pressions anthropiques perturbent l'intégrité écologique et fonctionnelle des cordons dunaires côtiers. Ceci risque, à terme, de rompre la durabilité des services écosystémiques rendus par ces écosystèmes. Par exemple, concernant les services de protection contre la mer, Favennec (2002) indique que : « *Pour continuer à bénéficier des services écosystémiques fournis par les dunes, nous devons accepter la nature mobile des dunes et leurs fluctuations dans le budget sédimentaire* ». La dégradation des dunes côtières et la perte de certains de leurs services écosystémiques ne peuvent être récupérés que par des programmes de restauration coûteux (Turner & Schaafsma, 2015; M. L. Martínez, Gallego-Fernández, et al., 2013; Ley de la Vega et al., 2012; van der Meulen et al., 2008).

Les dunes côtières sont considérées comme des milieux fragiles dans la mesure où la moindre perturbation au sein d'un de leurs compartiments peut avoir des conséquences rapides et profondes sur l'ensemble du cordon dunaire. Les principales causes de dégradation sont le développement urbain, l'exploitation minière du sable, l'agriculture, la pollution par l'élimination des déchets et la sur-fréquentation touristique (Gougnet, 2018; Ley de la Vega et al., 2012). Par ailleurs, les ouvrages de défense conventionnelle, contre les aléas côtiers (érosion côtière, inondation et submersion marine), entravent la dynamique du sable, pourraient devenir non durables, en raison de l'élévation du niveau de la mer, voire de

déclencher des réactions contre-productives en accentuant l'avancé de la mer (Temmerman & Kirwan, 2015).

### *3.2. Evolution de la gestion des espaces dunaires : de l'hostilité et la lutte contre l'ensablement à la gestion multifonctionnelle des dunes*

Avant le 20<sup>ème</sup> siècle, les dunes littorales sont souvent restées marginalisées, voire considérées comme des milieux insalubres et répulsifs, source de maladies provenant des milieux humides, puis des lieux d'exploitation pour le bois et le pâturage (Garnier, 2018; Oueslati, 2014). Dans certaines régions, elles ont été considérées plutôt comme une menace eu égard aux phénomènes d'ensablement des infrastructures publiques (routes et infrastructures...) et des biens privés (résidences, terrains agricoles...) que pouvait causer le mouvement des formations dunaires (Favennec, 2014).

Au milieu du 20<sup>ème</sup> siècle, la gestion des dunes côtières avait pour objectifs la fixation du sable et le boisement des milieux dunaires, afin d'enrayer toute avancée des dunes vers l'intérieur des terres (Gouguet & Roche, 2014). En effet, des forêts entières mises en place, le long des littoraux dunaires, proviennent de l'action historique de boisement des dunes côtières, qui était considéré comme un gage de fixation des dunes et de mise en valeur des massifs forestiers créés (Favennec, 2002).

Plus récemment, les gestionnaires des littoraux ont mis en œuvre de nouvelles techniques de stabilisation des dunes mobiles, afin de lutter contre la déflation et l'engloutissement dans l'intérieur des terres des masses de sables, notamment lorsqu'elles empiétaient sur les terres agricoles adjacentes (Gouguet & Roche, 2014). En raison de sa capacité à s'adapter à la mobilité des dunes actives, l'Oyat (*Ammophila arenaria*), plante psammophile, a été introduit dans presque toutes les côtes tempérées du monde, afin de de stabiliser les surfaces mobiles (Gouguet & Roche, 2014; Miossec, 1990).

De nos jours, et sous l'influence du monde scientifique et des conventions internationales, notamment le sommet de la terre à Rio en 1992, les notions de biodiversité et du développement durable commencent à faire apparition dans les politiques publiques (Verburg et al., 2013). Le regard des sociétés et des autorités gouvernementales sur les milieux « naturels » a fortement évolué, vers une prise de conscience de la fragilité des écosystèmes côtiers et de leur importance (Beuret et al., 2016). Lentement, les efforts de protection des zones côtières et d'amélioration de leur gestion s'affichent parmi les priorités dans les politiques publiques des gouvernements (Cicin-Sain & Knecht, 1998), en même temps qu'une prise de conscience du besoin urgent de la conservation des dunes côtières

émerge (M. L. Martínez, Psuty, & Lubke, 2008). Il en découle de nouvelles stratégies de contrôle souple et de gestion multifonctionnelle des cordons dunaires côtiers (Nordstrom, 2008). Ces dernières visent à optimiser les moyens et les méthodes souples de modération de l'érosion côtières. Plusieurs techniques ont été mises en œuvre : le soutien du bilan sédimentaire, protection contre l'érosion éolienne et la maîtrise du risque d'ensablement, la réhabilitation et la restauration des parties endommagées du cordon dunaire interne, ainsi que la conservation des paysages naturels et de la biodiversité. L'ensemble des opérations n'exclut pas les activités humaines compatibles avec la nature des écosystèmes dunaires.

### *3.3. Initiatives internationales et régionales mettant en avant la conservation et la réhabilitation des dunes côtières*

La prise de conscience de l'importance des dunes côtières et de leurs services écosystémiques a poussé la communauté internationale à développer des initiatives internationales et/ou régionales, en réponse aux diverses pressions anthropiques exercées sur ces écosystèmes fragiles et menacés. Elles visent toutes à améliorer leur prise en charge et optimiser les méthodes et les moyens de leur gestion.

#### *3.3.1. Directive Habitats (1992)*

Cette directive identifie les dunes côtières comme des types d'habitats d'importance communautaire, au niveau des pays du nord de la Méditerranée. La désignation et la gestion des zones spéciales de conservation constituent le mécanisme clé de la directive pour atteindre un état de conservation favorable de ces types d'habitats. L'action s'est concentrée d'abord sur l'établissement de ce réseau de sites, en utilisant des définitions d'habitats et des critères de sélection de sites communément acceptés, en vue d'assurer une représentation suffisante des dunes côtières dans le réseau *NATURA 2000*. Ensuite, l'accent est mis sur la mise en place de systèmes de gestion et de surveillance efficaces, notamment grâce aux projets soutenus par le programme LIFE à l'échelle de l'Union Européenne (UE).

#### *3.3.2. Déclaration de Valence (2011)*

Cette déclaration s'inscrit dans le cadre d'une collaboration entre l'Agence Espagnole de Coopération Internationale pour le Développement (AECID) et le Centre de Coopération pour la Méditerranée de l'UICN (UICN-Med), afin de mettre en œuvre des actions pour promouvoir le développement durable et l'utilisation efficace des ressources naturelles dans la région méditerranéenne et en particulier en Afrique du Nord. Elle a eu lieu en 2011 à l'issue de l'atelier international sur l'analyse des impacts, la conservation et la réhabilitation écologique des systèmes dunaires côtiers dans la Méditerranée occidentale et en particulier

au Maghreb, regroupant les acteurs en charge de la gestion des dunes côtières des pays concernés. Parmi les recommandations de la déclaration de Valence il y a lieu de citer : la promotion de la recherche scientifique et le développement de plans de surveillance des systèmes dunaires pluridisciplinaires, l'établissement des méthodologies régionales comparables, ainsi que la coopération et l'échange d'expériences Nord-Sud et Sud-Sud.

Ces initiatives visent à promouvoir les politiques de coopération basée sur l'intégration des aspects environnementaux dans les stratégies de développement et la participation effective de la population, l'incorporation des besoins sociaux de base et des mesures d'atténuation et d'adaptation au changement climatique. En effet, les facteurs de dégradation des dunes côtières, la précarité et la dégradation du cadre de vie, la pression pour le développement et les effets du changement climatique interagissent de manière complexe. Il est donc essentiel de développer une approche intégrée de gestion des dunes côtières, afin de relever ces défis.

#### **4. Besoin d'une approche intégrée pour la gestion et le développement durable des dunes côtières : Gestion intégrée des zones côtières (GIZC)**

La position des dunes à la jonction entre terre et mer est la source d'une diversité de paysages, d'écosystèmes et des espèces. De même, les dynamiques y sont d'autant plus sensibles que cet espace est exigü et qu'il est le siège de risques côtiers et de conflits d'usage complexes. En effet, la variabilité des aléas côtiers, la multiplicité des activités humaines et leur incompatibilité avec la nature du milieu dunaire côtier lui confèrent une vulnérabilité d'un niveau et d'une nature spécifiques. Au niveau de ces espaces dunaires, des conflits complexes existent, par ailleurs, entre les différentes formes du développement économique et la nécessité accrue de conserver des espaces et des ressources naturelles.

Une meilleure gestion des dunes côtière vise à répondre de façon intégrée aux divers enjeux de protection et de développement durable. En effet, la multiplicité des enjeux économiques, écologiques et sociaux, difficilement conciliables, doivent se converger vers un mode de gestion multifonctionnelle et adaptative (Billé, 2006; Henocque, 2006). La prise en charge simultanée de ces enjeux, par les politiques publiques, suppose la mise en œuvre rigoureuse d'une démarche de gestion intégrée des zones côtières (GIZC) (Meur-Ferec, 2007; Coudert & Larid, 2006; Andreu-Boussut & Choblet, 2006). Celle-ci est considérée à la fois comme un outil de développement durable et une démarche de gouvernance participative des zones côtières (Lefebvre, 2011; Rey-Valette & Roussel, 2006), permettant de développer des usages durables des milieux côtiers et de leurs ressources naturelles et à l'amélioration de la qualité de vie sur le littoral (Sorensen, 2002).

#### *4.1. Définition du concept de la Gestion Intégrée des Zones Côtières (GIZC)*

La gestion intégrée des zones côtières est un concept émergent qui consiste à considérer le littoral comme un système d'éléments solidaires. L'approche sectorielle en matière de gestion, qu'elle soit axée sur les ressources ou les activités humaines, n'est pas une solution pour aborder la complexité des systèmes naturel et social, dits éco-socio-système, que sont les zones côtières (J.-P. Corlay, 1999). L'approche de la gestion intégrée des zones côtières (GIZC) est apparue en opposition à l'approche uni-sectorielle afin de pallier aux nombreuses pressions posées par les activités anthropiques sur les écosystèmes côtiers ainsi qu'aux nombreux conflits d'usage qui en résultent (Chouinard et *al.*, 2011).

En revanche, la GIZC ne prétend pas se substituer à la planification sectorielle mais elle se concentre sur les liens existants entre les différents secteurs d'activités pour atteindre des objectifs plus globaux. L'objectif principal de la GIZC est d'apporter des solutions opérationnelles et viables pour le développement durable des zones côtières (Michelot, 2011). En effet, la GIZC est définie comme « *un processus dynamique qui réunit gouvernement et société, science et décideur, intérêts publics et privés en vue de la préparation et de l'exécution d'un plan de protection et de développement des espaces côtiers et de ses ressources. Ce processus vise à maximiser les choix à long terme privilégiant les ressources et leur usage raisonné et raisonnable. La gestion intégrée des zones côtières apparaît ainsi comme l'instrument privilégié du développement durable de cet "éco-socio-système" complexe, en réconciliant développement et équilibre biologique des ressources sur le long terme, et en liant définitivement les questions environnementales et sociales* » (Cicin-Sain & Knecht, 1998).

#### *4.2. Principe de base de la GIZC et ses différentes dimensions d'intégration*

Cette approche intégrée est nécessaire pour gérer les zones côtières d'une manière globale. L'intégration, principe de base de la GIZC, doit être appliquée simultanément à différents niveaux, en prenant en considération, selon Cicin-Sain & Knecht, 1998 les dimensions suivantes :

##### *4.2.1. Intégration spatiale et intégration environnementale*

Il s'agit d'appréhender la zone côtière dans sa globalité. L'intégration spatiale prend en considération les interactions et les interrelations des composantes physiques, biologiques et anthropiques qui existent entre l'espace terrestre/continental et maritime, afin de restituer des unités géographiques fonctionnelles. Ces unités, dont le périmètre se confond rarement avec la limite administrative traditionnelle, permettent de définir des cadres cohérents pour

la mise en œuvre des politiques de gestion et de planification spatiale dans les zones côtières (Cicin-Sain & Knecht, 1998; UNESCO-COI & MAB-France, 1997). Par ailleurs, l'intégration environnementale vise à prendre en considération systématiquement les enjeux environnementaux dans les politiques publiques. Elle suppose également une prise en compte des différentes composantes naturelles des zones côtières et de leurs relations fonctionnelles ainsi que les conséquences des activités humaines sur l'environnement (Meur-Férec et *al.*, 2018; Miossec, 2016), afin de préserver l'intégrité des écosystèmes côtiers et d'assurer la pérennité de leurs services écosystémiques. Au niveau des littoraux dunaires par exemple, il existe des dynamiques écologiques et sédimentaires fonctionnelles, entre les dunes côtières et leurs plages associées, que les plans d'aménagement et de gestion de l'espace côtier doivent respecter.

#### *4.2.2. L'intégration horizontale : coordination intersectorielle*

Il s'agit d'une forme d'intégration et de coordination intersectorielle, qui consiste à prendre en compte l'ensemble des activités qui s'exercent dans la zone côtière et de considérer les interdépendances qui existent entre les différents secteurs. En effet, elle vise à articuler et à mettre en cohérence les différentes politiques nationales, inhérentes à la multiplicité des usages du littoral, afin d'éviter les contradictions dans leur mise en œuvre (Meur-Férec, 2006).

L'application de cette approche nécessite l'évaluation systématique de l'ensemble des activités liées à la zone côtière (Lozachmeur, 2009). Elle vise à prévenir l'impact des activités humaines et à résoudre les conflits d'usage de la zone côtière, dès leur apparition aux toutes premières phases de la coordination d'un projet (Cadoret, 2009). Elle suppose la mise en œuvre d'une démarche adaptée de concertation et de construction de consensus, afin de résoudre les problèmes de coordination intersectorielle. L'objectif est de faire cohabiter l'ensemble des secteurs d'activités, à l'intérieur d'un territoire donné et d'assurer une intégration effective des différents acteurs en amont de tout processus de prise de décision (Billé, 2006).

#### *4.2.3. L'intégration verticale : gouvernance multi-échelle*

Il s'agit d'un mode de gouvernance multi-échelle, qui consiste à mettre en cohérence les politiques entre les différents niveaux de gouvernance du global au local (Cicin-Sain & Knecht, 1998). Les structures de gouvernance centrale et infranationale (régionales et locales) ont tendance à jouer différents rôles, à répondre aux différents besoins du public et à avoir des perspectives différentes. Ces différences posent souvent des problèmes pour

parvenir à un développement et une mise en œuvre harmonisés des politiques entre les niveaux national et infranational (Henocque, 2006). L'articulation entre le niveau local et le niveau national ou global dans l'élaboration d'une politique du littoral, suppose notamment de privilégier la pratique "*bottom up*" face à l'approche traditionnelle "*top down*" (Meur-Ferec, 2006). En effet, la gestion intégrée des zones côtières repose sur une vision de la gouvernance qui cherche à tirer parti des initiatives de la base tout en laissant au sommet des possibilités d'incitation, en particulier sur le plan des financements (Lozachmeur, 2009).

#### 4.2.4. *L'intégration temporelle*

La dimension d'intégration temporelle est importante pour la gestion des zones côtières, en raison de leur évolution permanente. Le processus itératif de la GIZC voit inévitablement se croiser des enjeux de de gestion à long, moyen et court terme (Queffelec & Kervarec, 2010). Il s'agit de considérer l'évolution dans le temps des dynamiques écologiques, géomorphologiques et socio-économiques. Par ailleurs, il est fondamental d'intégrer les politiques relatives aux zones côtières à travers des échelles de temps cohérentes (Cicin-Sain & Knecht, 1998), afin de définir les conditions optimales d'un développement durable. En effet, cette dimension d'intégration est étroitement liée à la notion de durabilité, qui consiste à se projeter dans le futur afin d'analyser les options durables d'aménagement et de développement sur le long terme.

#### 4.2.5. *L'intégration entre science – politique publique*

Elle exige l'implication des différentes disciplines scientifiques requises pour la gestion des zones côtières, afin de fournir les informations pertinentes pour la mise en place de l'approche GIZC (Gourmelon & Robin, 2005). Outre cela, ce type d'intégration exige des connaissances empiriques des acteurs locaux et des échanges qui doivent se créer entre le monde de la recherche et le monde des utilisateurs de l'espace (Bawedin, 2009).

Ces dimensions du principe de GIZC permettent de clarifier le concept, les critères et les modalités de sa mise en place. L'objectif principal de la mise en place d'une approche GIZC est, en plus de répondre au besoin du développement durable des zones marines et côtières, de tendre vers de nouvelles formes de gouvernance participative, adaptée aux particularités locales des territoires littoraux. Elle vise à rééquilibrer le fonctionnement traditionnellement centralisé et de mieux répondre aux attentes et préoccupations locales, en assurant une intégration de toute la complexité de la zone côtière.

### *4.3. Émergence du concept de GIZC et son adoption dans le droit international, comme processus intégratif de protection et de développement durable des zones côtières*

Le concept de la gestion intégrée des zones côtières (GIZC) a été utilisé dès 1972 aux Etats-Unis sous le nom de « *Coastal Zone Management Act* », en réponse à la pression anthropique et industrielle qui frappe les côtes américaines, créant un déséquilibre majeur des territoires littoraux. Vingt ans plus tard, lors du sommet de la Terre de Rio de Janeiro en 1992, le chapitre 17 de l'Agenda 21 a été consacré au principe de la gestion intégrée des zones côtières, où il a été suggéré comme modèle de gouvernance susceptible d'atteindre un développement durable des zones côtières.

Après son adoption par l'Agenda 21, le concept de gestion intégrée des zones côtières a connu une reconnaissance et une confirmation dans les conventions internationales telles que « la Convention cadre sur les changements climatiques, la Convention sur la diversité biologique », signées lors du Sommet de Rio de 1992, et la Convention de Barcelone de 1995 relative à la protection de l'environnement marin et côtier méditerranéen (Foury, 2017).

Concernant la Convention Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC), recommande de prendre « *les mesures de précaution pour prévoir, prévenir ou atténuer les causes des changements climatiques et en limiter les effets néfastes* » et « *d'œuvrer pour un développement durable et intégré* »<sup>4</sup>. Pour atteindre cet objectif au niveau des zones côtières, « *toutes les parties... préparent, en coopération, l'adaptation à l'impact des changements climatiques et conçoivent et mettent au point des plans appropriés et intégrés pour la gestion des zones côtières* »<sup>5</sup>, préconise-t-elle.

Par ailleurs, la Convention Cadre des Nations Unies sur la Diversité Biologique (CCNUDB) a évoqué implicitement le concept de la gestion intégrée des zones côtières. Cette convention recommande, à ses parties contractantes, l'intégration des éléments d'une gestion globale des zones côtières, comme le stipule l'article 6 : « *Chacune des Parties contractantes... intègre, dans toute la mesure possible et comme il convient, la conservation et l'utilisation durable de la diversité biologique dans ses plans, programmes et politiques sectoriels ou intersectoriels pertinents* »<sup>6</sup>.

---

<sup>4</sup> Article 3 de la Convention cadre sur les changements climatiques : <http://unfccc.int/>

<sup>5</sup> Article 4 de la Convention cadre sur les changements climatiques : <http://unfccc.int/>

<sup>6</sup> Article 6 de la Convention cadre sur la diversité biologique : <https://www.cbd.int>

À l'échelle de la Méditerranée, Plan d'action pour la Méditerranée (PAM 1975) s'est engagé à promouvoir le concept de gestion intégrée des zones côtières, à travers la révision de la convention de Barcelone (1995) relative à la protection du milieu marin et du littoral méditerranéen, comme le stipule l'article 4 de cette dernière : « *aux fins de protéger l'environnement et de contribuer au développement durable de la zone de la mer Méditerranée, les Parties contractantes ... s'engagent à promouvoir la gestion intégrée du littoral en tenant compte de la protection des zones d'intérêt écologique et paysagé et de l'utilisation rationnelle des ressources naturelles* »<sup>7</sup>. Depuis, la zone côtière méditerranéenne se trouve au cœur des politiques, proposées aux parties contractantes, qui se sont traduites par une multitude d'instruments (lignes directrices, recommandations, plans d'action et livres blancs) (Prieur, 2011). Ces politiques reposent sur une base volontaire, qui rend leur application quasi nulle en raison de leur caractère facultatif et non contraignant pour les États (Foury, 2017). Le manque d'effectivité de ces instruments a mené à l'adoption d'un protocole additionnel de la convention de Barcelone, considéré comme premier traité international consacré à la gestion intégrée des zones côtières, appelé le protocole de Madrid<sup>8</sup>. Le concept d'intégration, conçu comme processus dynamique de gestion durable, vise à promouvoir un patrimoine naturel et culturel commun, au service de la coopération régionale approfondie entre les États côtiers (Prieur, 2011). Ce protocole a été conçu comme instrument juridique régional relativement contraignant. Il requiert que « *chaque Partie renforce ou élabore une stratégie nationale de gestion intégrée des zones côtières ainsi que des plans et programmes côtiers de mise en œuvre conformes au cadre régional commun et dans le respect des objectifs et principes de gestion intégrée du présent Protocole* »<sup>9</sup>.

## **5. Positionnement scientifique et cadre conceptuel**

### **5.1. Objectifs et cadre conceptuel de la thèse**

La conciliation des impératifs du développement et d'aménagement du littoral avec les objectifs de protection et de conservation de l'environnement occupe le centre de notre problématique. Les écosystèmes côtiers, y compris les cordons dunaires côtiers, constituent un patrimoine naturel fortement menacé, dont la préservation et le développement durable représentent des défis majeurs de la GIZC (Petit-Berghem, 2012). En effet, le littoral au cordon dunaire, objet de notre recherche, est un espace instable, d'autant plus lorsqu'il

---

<sup>7</sup> Article 4 de la Convention de Barcelone de 1995 relative à la protection du milieu marin et du littoral méditerranéen : <http://www.unep.org/>

<sup>8</sup> Le protocole GIZC de la Méditerranée a été signée en 2008 à Madrid et entré en vigueur en 2011.

<sup>9</sup> Article 18.1 du Protocole de Madrid.

devient le territoire de l'écoumène (Bousquet, 1990). Cet espace est considéré comme une ressource spatiale limitée, convoité et aux ressources naturelles non ou peu renouvelables, en voie d'épuisement (Paskoff, 2004). Porteur d'enjeux très diversifiés et parfois concurrents, les interactions entre nature et société sont complexes au sein des littoraux dunaires (Miossec, 2004).

Par ailleurs, les littoraux dunaires constituent un territoire très spécifique en matière de vulnérabilité et de risque côtiers (Bodéré et *al.*, 1991). La mobilité intrinsèque de ces écosystèmes, la variabilité des aléas côtiers auxquels ils sont soumis, et la diversité des activités ainsi que la multiplication des installations humaines qui s'y développent, lui confèrent une vulnérabilité particulière. Ainsi, la gestion des risques côtiers, en particulier les risques d'érosion et de submersion marines, constitue de véritables défis pour le développement durable des zones côtières dans les prochaines décennies (Chouinard et *al.*, 2011; Roussel et *al.*, 2009).

Ces problématiques de la conservation de la nature et de la gestion des risques se posent au niveau des littoraux dunaires avec plus d'acuité, en raison des fortes contraintes naturelles et anthropiques. La GIZC est devenue un outils de gestion incontournable, permettant d'améliorer la conciliation des enjeux du développement économique, de cohésion et équité sociale et de protection de la nature (Cicin-Sain & Knecht, 1998), mais aussi d'installer un mode de gestion proactive, notamment en ce qui concerne la prévention des risques côtiers et la prise en charge des inégalités écologiques et/ou environnementales (Meur-Férec et *al.*, 2018; Deboudt, 2018).

### *5.2. État du savoir et positionnement scientifique*

Actuellement, l'analyse des relations Homme / Environnement est au cœur des démarches relatives à l'analyse de durabilité des zones côtières convoitées et fragiles, y compris les dunes côtières (Ghodhani et *al.*, 2015; Petit-Berghem, 2012; Heslenfeld et *al.*, 2008). Elle est de plus en plus importante pour l'aide à la prise des décisions concernant la valorisation et la gestion des espaces et des ressources naturelles (Cicarelli, 2014; Verburg et *al.*, 2013).

L'évaluation des littoraux dunaires requiert une vision holistique, basée sur une approche systémique, qui traite les systèmes complexes d'une manière pluridisciplinaire, en incluant des éléments environnementaux, socio-économiques et culturels (Hopkins et *al.*, 2011). Cette approche systémique du littoral consiste à intégrer les différentes disciplines de géographie physique, géographie sociale et aménagement des territoires, souvent considérées séparément, mais aussi d'associer les approches d'autres disciplines des sciences

de la nature et du climat et les connaissances professionnelles des gestionnaires et les savoirs des usagers (Meur-Ferec, 2006).

Parmi les géographes du littoral, privilégiant une approche globale de cet espace, Bousquet (1990) qui distingue trois dimensions : le littoral de nature, dont le « *fonctionnement est fondé sur des échanges sédimentaires et, en raison du mode de diffusion, leur évolution demeure aléatoire, qui explique la fragilité du paysage* » ; le littoral d'écoumène, habité et mis en valeur par l'homme « *... devenu un trait de côte de plus en plus rigide qui subit l'action morphogénique introduite par l'oekoumène* » ; et pour le maîtriser en fait un littoral d'institution, que régissent les textes législatifs et réglementaires.

En revanche, les dunes côtières se présentent aussi comme un « éco-socio-système », au sens de Corlay (1995), qui définit le littoral comme un espace composite et complexe, siège d'interactions entre les composantes physiques, biologiques et anthropiques. Corlay (1995) insiste sur l'importance de la prise en compte des facteurs sociaux dans la définition du système littoral. Le système social et le système naturel du littoral sont à étudier en complémentarité pour parvenir à un « éco-socio-système », dont « *... les deux composantes principales sont d'une part, l'écosystème, c'est-à-dire un milieu naturel aux potentialités diverses et aux contraintes très fortes et, d'autre part, le socio-système, combinaisons de facteurs qui relèvent de la société. Le centre du système est constitué par les acteurs sociaux développant, à terre ou en mer, des pratiques dessinant des itinéraires et des territoires en fonction de projets et de stratégies spatiales qui s'appuient sur des représentations et s'inscrivent dans un cadre juridique, le droit du littoral* ».

Les géographes du littoral qui étudient les relations étroites entre Homme et Environnement sont nombreux, dont les concepts du développement durable et de la gestion intégrée des zones côtières ont occupé une place importante ces dernières décennies. La littérature scientifique des travaux traitant des concepts de GIZC et du développement durable des espaces dunaires côtiers est riche et abondante, de par le monde et particulièrement dans la région méditerranéenne (Favennec & Battiau-Queney, 2014; Doody, 2013; Williams et al., 2001; van der Meulen & Salman, 1996; Meur et al., 1992; Bousquet, 1990). En revanche, les travaux réalisés sur les dunes côtières en Algérie demeurent peu nombreux et fragmentés entre plusieurs disciplines scientifiques, notamment en écologie (Hanifi et al., 2007; Aime & Penven, 1982; Thomas, 1968) et en géomorphologie (Kermani, 2016; Boutiba, 2006). Encore moins abondants, sont les travaux qui portent sur l'analyse des relations Homme / Environnement, à l'image des travaux de Ghodbani et al., (2015) ; à travers le cas du cordon

dunaire de la région de Terga et ses zones humides qui ont mis en évidence les difficultés de protection et les enjeux qui entourent la gestion des milieux littoraux algériens, en particulier ceux de la région ouest.

### **Conclusion**

Les dunes côtières ont une large répartition le long des littoraux d'accumulation du monde, résultant d'une lente évolution qui s'est poursuivie durant plusieurs centaines, voire des milliers d'années. Les connaissances actuelles mettent en évidence la valeur des fonctions écologiques et des multiples services écosystémiques fournis par les écosystèmes dunaires. Ces derniers jouent un rôle clé notamment dans la prévention des risques côtiers, ainsi pouvant être considérés comme une barrière naturelle de protection du littoral.

Néanmoins, ces écosystèmes sont très vulnérables, notamment face à la mauvaise planification des activités humaines sur la côte, lesquelles, depuis longtemps, ont ignoré les nombreux services écosystémiques fournis par les écosystèmes dunaires. L'intervention de l'Homme sur ces espaces et leur gestion sont passées par plusieurs phases d'évolution, allant de l'hostilité et la lutte contre l'ensablement à la gestion multifonctionnelle des dunes. Par ailleurs, plusieurs initiatives pour la conservation des dunes côtières ont été développées, qui témoignent d'une prise de conscience progressive de leurs valeurs écologiques et patrimoniales.

Les cordons dunaires côtiers constituent des éco-socio-systèmes complexes, au sens de Hopkins et al., (2011) J. P. Corlay (1995), dont leur évaluation requiert une vision holistique, basée sur une approche systémique, qui traite les systèmes complexes d'une manière pluridisciplinaire. L'analyse des relations homme / milieu est au cœur de cette démarche, visant à appréhender les problématiques de la conservation de la nature et de la gestion des risques, qui se posent au niveau des littoraux dunaires. Elle constitue aussi un outil d'aide à la prise de décisions concernant la valorisation et la gestion des espaces et des ressources naturelles.

---

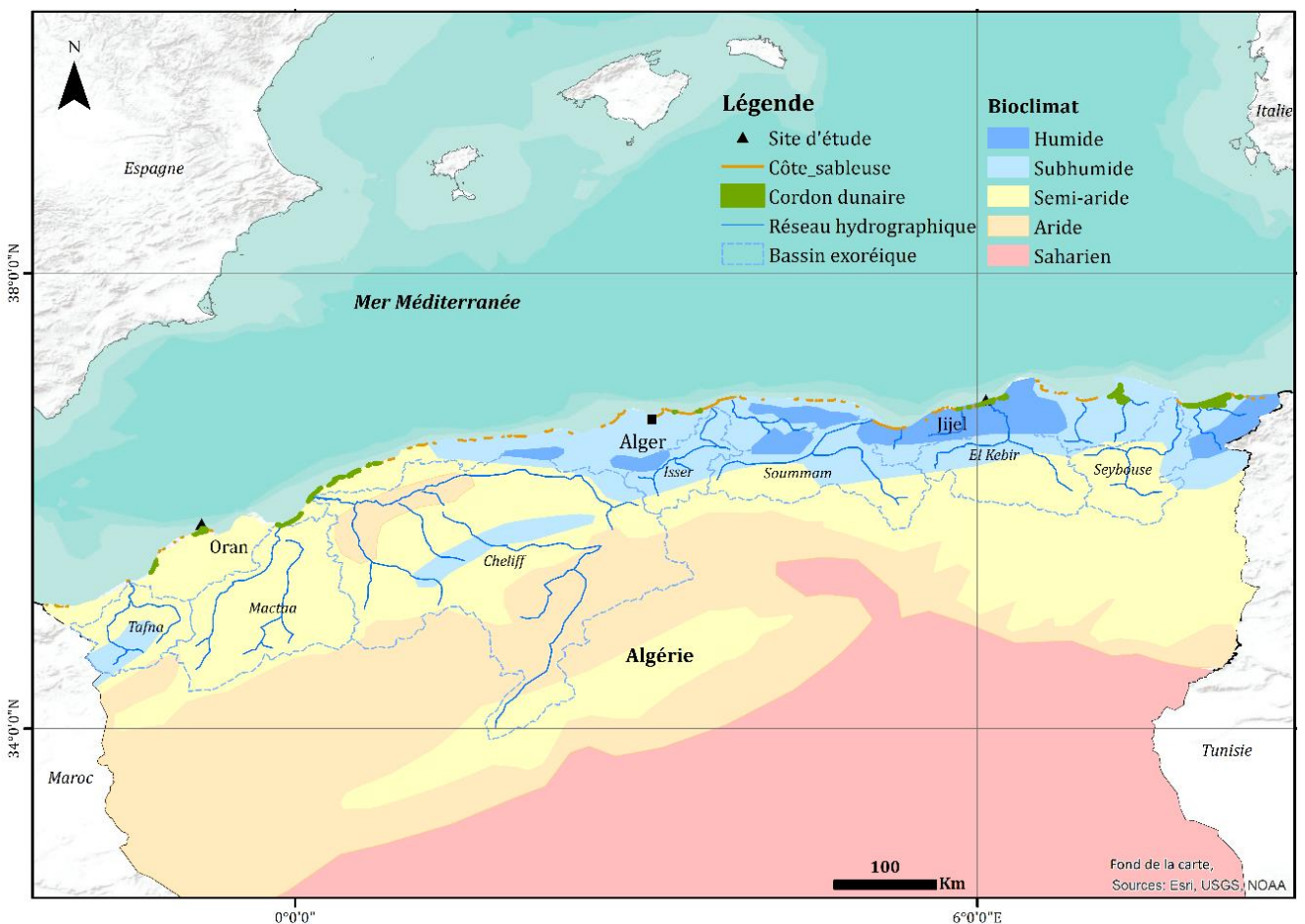
*Chapitre II : Diagnostic environnemental et choix des cordons dunaires côtiers à  
étudier*

---

## Introduction

Les cordons dunaires côtiers sont des constructions éoliennes de sables fins, en perpétuel remaniement. De par leur position à l'interface entre la terre et la mer, ils représentent un système d'éléments fonctionnels, dont les interactions entre les composantes physiques, biologiques et climatiques génèrent une grande diversité d'écosystèmes (Gouguet, 2018; M. L. Martínez, Maun, et al., 2008; Favennec, 2002). Ces littoraux dunaires sont soumis à des contraintes écologiques complexes, mais aussi extrêmement vulnérable aux pressions anthropiques (Ciccarelli et al., 2017; Oropeza-Orozco et al., 2011a; Bodéré et al., 1991).

Au niveau de la rive sud de la Méditerranée, les cordons dunaires de la côte algérienne sont soumis à des contraintes écologiques particulières. Leur évolution contemporaine est le résultat des interactions complexe entre des processus naturels et anthropiques spécifiques. Il en résulte ainsi une répartition spatiale discontinue et disparate des cordons dunaires côtiers le long du littoral algérien (Figure 3).



**Figure 3 :** Localisation des sites d'étude, répartition des cordons dunaires et des côtes sableuses le long du littoral algérien, sur la rive sud de la Méditerranée, principaux bassins versants exoréiques et contexte climatique du Nord algérien. [Conception : Bougherira A., 2021 à partir des données hydrographiques du A.N.R.H. (2005) et de la carte bioclimatique du M.A.T.E. (2015).]

Du point de vue morphologique, les cordons dunaires côtiers occupent, généralement, l'intérieur des baies et des golfes le long de larges plages sableuses. Les dunes côtières se développent souvent en aval des bassins versants exoréiques les plus importants, où il existe une source importante en sédiment, comme : les bassins versants de l'oued Chellif et de la Mactaâ à l'ouest, de l'oued Isser au centre et de l'oued El Kebir et l'oued Sebouse à l'est (Figure 3). Ces derniers assurent des apports terrigènes permanents en matériaux sédimentaires. En revanche, on rencontre parfois des formations dunaires en aval de petits cours d'eau temporaire, et par conséquent ils sont moins alimentés en sédiments d'origine terrigène. Ces derniers sont dominés par de grands bassins versant endoréiques, comme au niveau des cordons dunaires côtiers de Terga (Ain Temouchent) et de Bousfer - Ain el Turck (Oran) sur le littoral ouest.

Par ailleurs, le littoral algérien est soumis à un climat méditerranéen, dont les conditions climatiques présentent un gradient fortement contrasté. En effet, le long du littoral les cordons dunaires côtiers évoluent dans un contexte semi-aride à l'ouest, subhumide au centre et subhumide à humide à l'est. Cette disparité des conditions climatiques le long du littoral algérien joue un rôle important dans l'évolution des littoraux dunaires. En effet, le climat influence indirectement sur ces milieux par la quantité annuelle de précipitations, qui déterminent le régime hydrologique des bassins hydrographiques, principaux vecteurs d'apport en sédiment continental. Par contre, la sécheresse climatique entraîne l'assèchement du sable superficiel du haut de plage et des dunes, favorisant la mobilisation du sable par les processus éoliens et développement des dunes côtières. Par contre, dans les zones soumises à des conditions de fortes humectations, la cohésion du sable est élevée, réduisant ainsi la mobilité du sable et les transferts sédimentaires pour le développement des formations dunaires.

Notre choix des terrains d'étude a été porté sur deux ensembles de cordons dunaires côtiers. Ces deux sites se situent dans deux contextes géographiques différents. Le premier se trouve au niveau de la wilaya de Jijel sur le littoral Est, s'étalant de Sidi Abdelaziz à Beni Belaid ; le second se trouve au niveau de la wilaya d'Oran sur le littoral Ouest, s'étalant de Bousfer à Ain el Turck (Figure 3).

Sans vouloir établir une analyse exhaustive des processus déterminants le fonctionnement des littoraux dunaires, faute d'exhaustivité et de précision de données disponibles, ce chapitre vise à dresser un diagnostic environnemental et à explorer les spécificités des cordons dunaires étudiés, en présentant les différentes caractéristiques naturelles et en

mettant en évidence les éléments de convergence et de divergence entre les deux terrains d'études.

## 1. Le cordon dunaire côtier de Sidi Abdelaziz et Beni Belaid

### 1.1. Situation géographique : des paysages riches et variés

A 35 km à l'Est de la ville de Jijel, s'étend le cordon dunaire côtier de Sidi Abdelaziz jusqu'à Beni Belaid, occupant ainsi l'extrême Est de la baie de Jijel. Cette bande littorale appartient, administrativement aux deux communes de Kheiri Oued Adjoul et Sidi Abdelaziz. Son rivage meuble, orienté WSW – ENE, s'ouvre sur la Méditerranée sur environ 16 km, formant une côte basse d'accumulation. Elle s'étend vers l'intérieur sur plus de 1000 m de largeur avec des formations dunaires, récentes et anciennes, qui culminent jusqu'à une trentaine de mètres de haut. Le long de cette partie du littoral jijélien, on distingue trois zones naturelles écologiquement sensibles : le complexe de marais de Beni Belaid, le cordon dunaire (dunes récentes et anciennes), et la zone estuarienne de l'oued El Kebir (Figure 4).



**Figure 4 :** Principales unités paysagères constituant la zone d'étude ; **a :** Cordon dunaire de Sidi Abdelaziz, **b :** Embouchure de l'oued El Kebir, **c :** Déversement des eaux de l'oued Adjoul dans la zone humide de Beni Belaid, **d :** Cordon dunaire de Beni Belaid. (Bougherira A., 2017-2018)

De l'Est vers l'Ouest, s'étale la réserve naturelle<sup>10</sup> de Béni Belaid sur une superficie de 121 ha. Elle est classée zone humide d'importance internationale (de 600 ha) depuis 2003 dans

<sup>10</sup> Elle a été créée par l'arrêté de la wilaya n° 97/786 en 1997, sur une superficie de 121,92 ha.

le cadre de la convention de Ramsar<sup>11</sup>. Elle se compose essentiellement d'un complexe de lacs et de marais séparés de la mer par un cordon dunaire récent ainsi que par l'embouchure de l'oued El-Kebir. Dans la partie ouest, le cordon dunaire continue à s'étaler entre El Djenah et Sidi Abdelaziz, en s'appuyant sur les piedmonts nord de la chaîne des Babor (Figure 5).

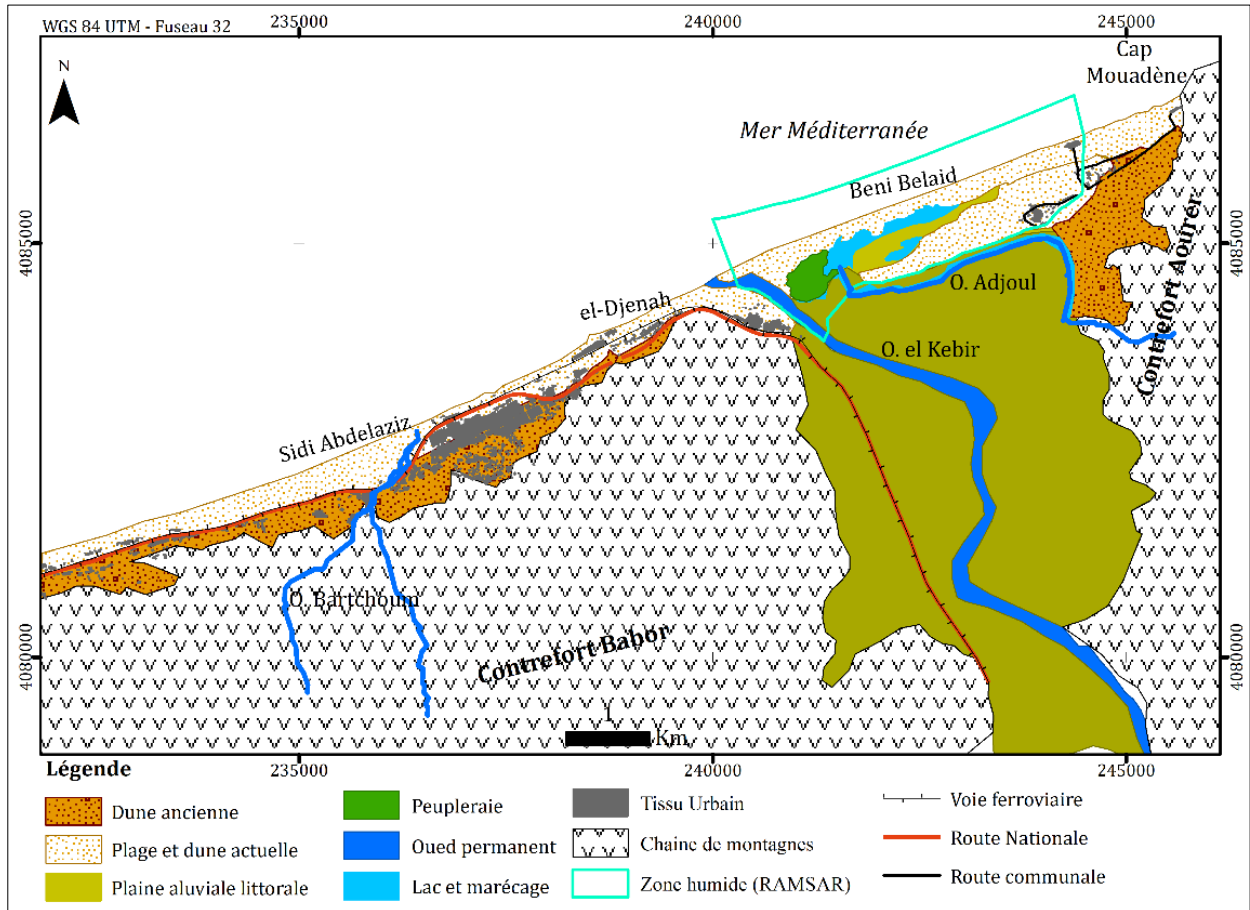


Figure 5 : Carte de répartition des unités naturelles constituant la zone d'étude (conception : Bougherira A., 2019).

## 1.2. Caractéristiques du milieu physique

### 1.2.1. Contexte géologique et géomorphologique

Le littoral de cette zone est formé d'une côte basse d'accumulations, ainsi façonnée par de larges plages rectilignes et des cordons dunaires longitudinaux disposés parallèlement au tracé du rivage. Ces constructions sableuses sont issues de l'altération des formations géologiques qui affleurent dans l'arrière-pays de la côte. Ces produits altérés sont transportés par l'oued El Kebir, qui se jette au milieu de la zone.

<sup>11</sup> Convention relative aux zones humides d'importance internationale ratifiée par l'Algérie par le décret n°82-439 en 1982. C'est un traité international adopté le 2 février 1971 dans la ville iranienne Ramsar et qui a pour objectif la conservation et l'utilisation durable des zones humides.

En effet, la zone d'étude est dominée par un relief accidenté, qui se constitue d'un massif montagneux taillé dans des roches dures. La géologie de la région est composée d'un socle cristallin, appelé « socle kabyle », qui occupe de vastes étendues de l'arrière-pays. Ce socle est taillé dans des roches métamorphiques, formées de deux ensembles : complexe gneissique et de micaschistes (Durand-Delga, 1955). Le complexe gneissique affleure dans plusieurs endroits, donnant lieu à des falaises vives et mortes, respectivement, au niveau de Cap Mouadène et El Djenah. En revanche, le complexe de micaschistes avec intercalations de bancs calcaires couvre de larges étendues, dans le secteur étudié (Boutiba, 2006). Au bas de l'oued El Kebir, les dépôts néogènes des formations *post-nappes* sont représentés par l'affleurement des marnes bleues et jaunâtres en surface, dans la plaine alluviale littorale (Kermani, 2016; Boutiba, 2006).

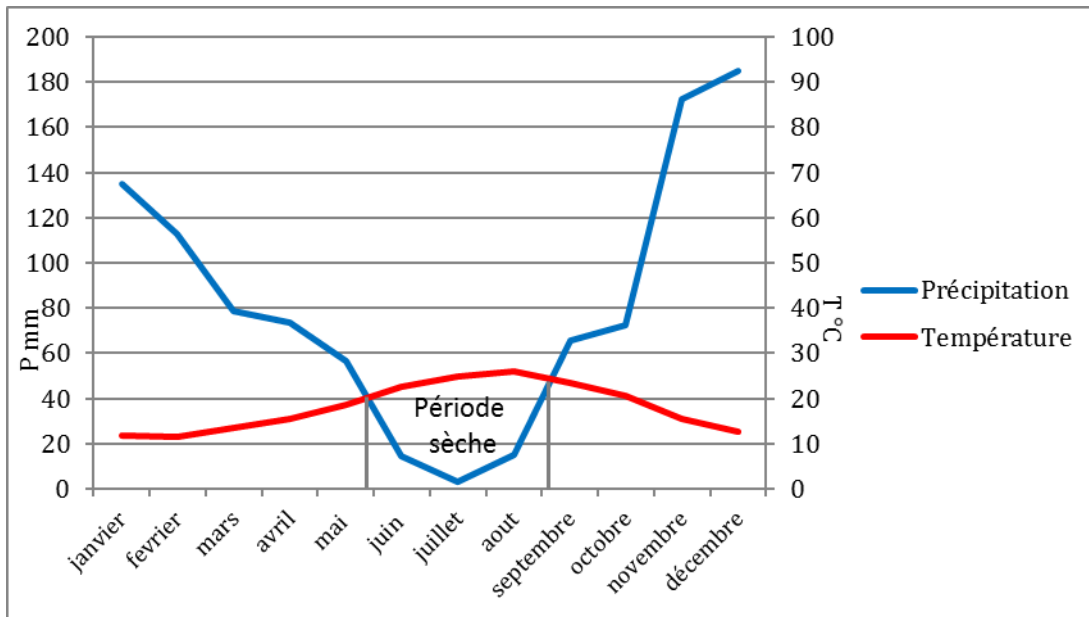
### 1.2.2. *Dynamique ancienne et mise en place du littoral dunaire*

La géomorphologie de la côte sableuse jijélienne est formée de paysages diversifiés, montrant l'influence des facteurs eustatiques et néotectoniques durant l'Holocène (Boutiba, 2006). Les dunes et les plages de cette côte n'ont pas été mises en place, seulement, pendant l'Holocène. Les datations par luminescence effectuées par Kermani *et al.*, (2015) montrent que les formations dunaires anciennes ont été mises en place avant la fin du Pléistocène, il y a plus de 90 000 ans, puis un nouveau approvisionnement en sable pendant l'Holocène a formé des dunes récentes actuelles. L'évolution Quaternaire récente du littoral jijélien est commandée, en plus des facteurs géologiques, par les facteurs éoliennes et hydrodynamiques qui assurent une dynamique morpho-sédimentaire particulière (Boutiba, 2006).

## 1.3. *Facteurs climatiques et hydro-aérodynamiques*

### 1.3.1. *Caractéristiques bioclimatiques*

Le climat du littoral jijélien est spécifique dans le nord algérien, puisque la majorité des autres zones littorales se trouvent dans le domaine semi-aride. L'étage bioclimatique de la zone d'étude est de type subhumide supérieur et humide, à hiver doux et été chaud. On enregistre, sur une période de 22 ans (1996 - 2018), un cumul de précipitation moyenne annuelle d'environ 910 mm/an et qui atteint un maximum de 1350 mm/an (O.N.M., 2019). Elle est donc parmi les zones les plus arrosées et les plus humides de l'Algérie. En effet, son cycle météorologique est caractérisé par une longue période humide et une courte période sèche, allant du mois de juin à août avec une température moyenne annuelle d'environ 18°C (Figure 6).



**Figure 6 :** Diagramme ombrothermique entre 1996 et 2018 enregistré à la station Jijel-Aéroport (O.N.M., 2019).

### 1.3.2. Hydrologie marine et continentale : processus de distribution sédimentaire

L'activité hydrodynamique marine est très importante le long du littoral Jijélien. Selon les données du « MedAtlas » in Kermani (2016), enregistrées entre 1999 et 2004, le régime des houles au large de la baie de Jijel montre deux secteurs dominants Nord-Ouest et Nord-Est avec des fréquences respectives de 62,77% et 33,26%. Les houles du Nord-Ouest et Ouest acquièrent une prédominance pendant l'hiver, pour atteindre des hauteurs significatives supérieures à 3,5 m lors des fortes tempêtes, avec une fréquence annuelle de 3,04%.

Pendant la saison d'été, les houles provenant des secteurs Nord et Nord-Est acquièrent une prédominance avec des fréquences de 43% pour les houles dont la hauteur significative est inférieure à 0.8m et 12,75% pour les houles ayant des hauteurs significatives entre 0,8 et 1,5m. Cette activité hydrodynamique, actionnée par les houles du Nord-Est pendant l'été, est favorable à une dérive littorale de l'est vers l'ouest. Ce processus morpho-sédimentaire a permis le colmatage de l'ancienne embouchure de l'oued El Kebir, au fur et à mesure que le débit liquide de celui-ci diminue, afin de laisser place à un bras mort, actuellement séparé de la mer par un cordon dunaire récent.

L'approvisionnement en sédiments est assuré, essentiellement, par les apports terrigènes. D'énormes quantités de sédiments drainés par oued El Kebir, sur tout le long de son bassin versant, se jettent au milieu de cette région avec un débit solide moyen d'environ 226,86 kg/s (ANRH, 1999), ainsi que par l'oued Bartchoum qui apporte, quant à lui, des quantités non-négligeables de sédiments au niveau de la plage de Sidi Abdelaziz. Ces sédiments seront

repris et transportés le long de la côte par des agents hydrodynamiques marins pour maintenir l'équilibre sédimentaire entre les unités morphologiques du littoral.

Par ailleurs, la zone marécageuse au niveau de l'embouchure est, actuellement, alimentée par les eaux superficielles de l'oued Adjoul et oued El Kebir, d'une part, et par les résurgences des eaux de la nappe alluviale de la plaine de l'oued El Kebir, d'autre part. Cette dernière est caractérisée par une bonne perméabilité d'interstice et une moyenne de 25,91 Mm<sup>3</sup>/an de ressource en eaux souterraines (ANRH, 2009).

### 1.3.3. Processus éoliens : dynamique du système dunaire

L'analyse statistique des données météorologiques de l'O.N.M., enregistrées à la station du port de Jijel, entre 1996 et 2018, nous a permis de déterminer la fréquence d'apparition du vent par direction pour chaque trimestre et pour toute l'année, et de tracer les roses trimestrielles et annuelle des vents (Figure 7).

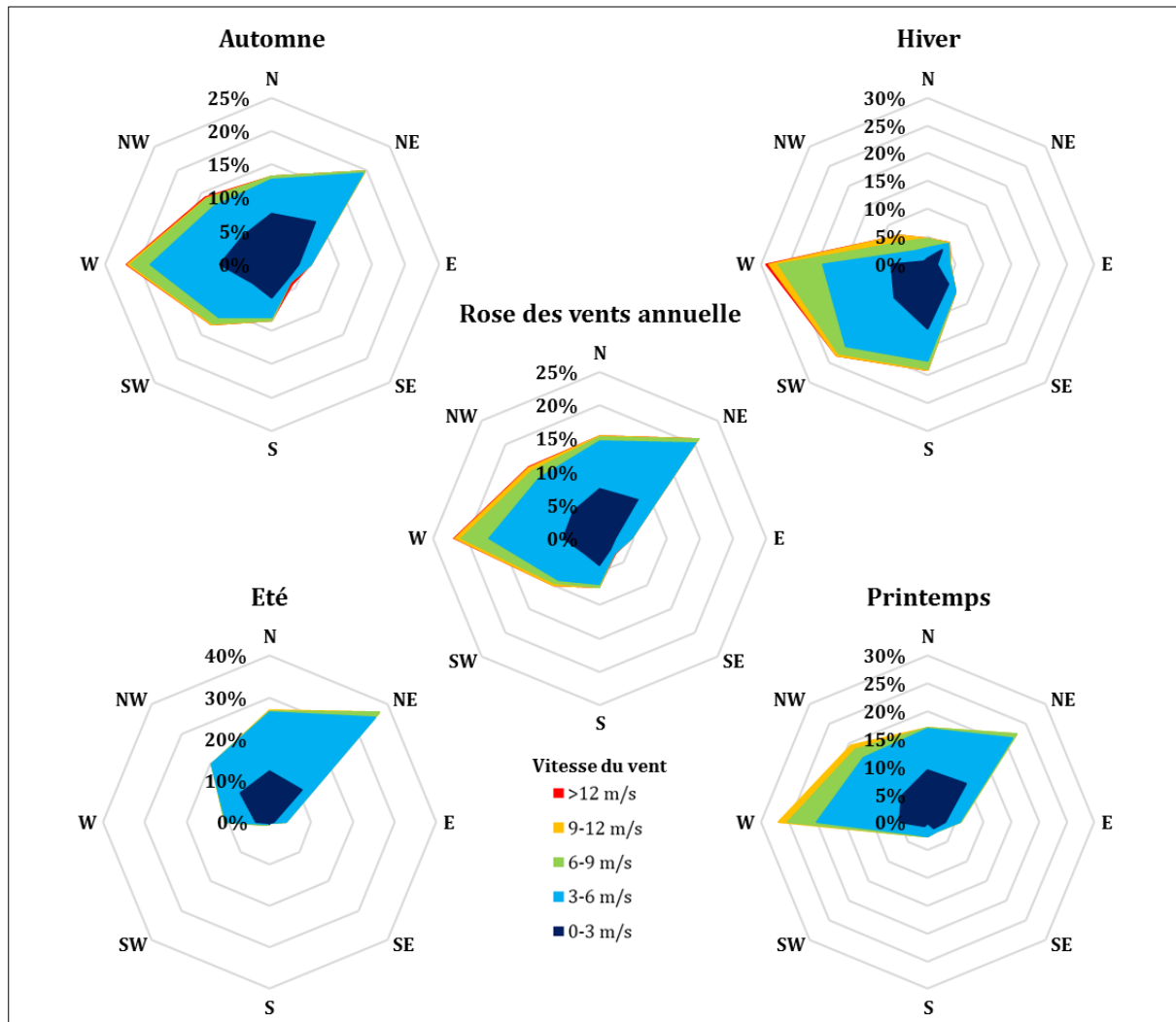


Figure 7 : Roses des vents saisonnières et annuelle de la station de Jijel (source de données : O.N.M., 1996-2018, conception : A. Bougherira, 2019)

On note la prédominance des vents provenant de l'Ouest et du Nord-Est avec des fréquences d'apparition annuelles respectives de 22,1 et 21,3 %. Les vents provenant des secteurs Nord et Nord-Ouest sont aussi importants avec des fréquences annuelles de 15,5 et 15,3 %, respectivement. Pendant la saison estivale, la prédominance des vents issus des secteurs Nord et Nord-Est avec des fréquences de 37,17 % et 26,85 %, respectivement. Le régime des vents s'inverse, durant le reste des saisons, pour que les vents de l'Ouest prédominent avec une fréquence de 25,94 %.

Les vents forts avec des vitesses supérieures à 9 m/s proviennent des secteurs Ouest et Nord-Ouest avec une fréquence annuelle respectives d'environ 2,16 % et 1,12 %. Cette vitesse excède les seuils admis pour le début d'entraînement des particules sableuses par le vent fixé, selon Gouguet (2018) et McKee (1979), respectivement à 5 m/s et 6,17 m/s. Celle-ci atteste une forte dynamique éolienne le long du littoral Jijélien.

Les vents déterminent, en grande partie, la morphologie et la disposition du cordon dunaire de notre zone d'étude. En effet, le cordon dunaire se développe parallèlement au tracé du rivage, en raison de son exposition, quasi-perpendiculaire, aux vents efficaces des secteurs Ouest et Nord-Ouest.

#### *1.4. Caractéristiques écologiques du système dunaire : Une biodiversité riche*

Les données relatives aux aspects écologiques, des dunes littorales jijéliennes, sont très anciennes et manquent d'une mise à jour eu égard aux changements globaux contemporains. En effet, les travaux de Khennouf et *al.*, (2018) et de Thomas (1968) relèvent la présence d'espèces rares (*Echinophora spinosa*, *Matthiola incana*...) et d'autres endémiques (*Silene rosulata*, *Armeria mauritanica*...) caractéristiques des cordons dunaires côtiers en Algérie. Aussi, l'importance de son patrimoine écologique est confirmée par les travaux de Bouldjedri et *al.*, (2011), qui révèlent une importante diversité floristique et faunique au niveau de la zone humide de Beni Belaïd, sur la rive droite de l'embouchure de l'Oued El Kebir.

Ainsi, les conditions climatiques, hydrologiques et du milieu physique de cette zone, ont favorisé la mise en place d'unités morphologiques et écologiques fonctionnelles, abritant des habitats écologiques particuliers, que nous pouvons le schématiser dans la Figure 8 pour le secteur de Beni Belaïd et la Figure 9 pour le secteur de Sidi Abdelaziz.

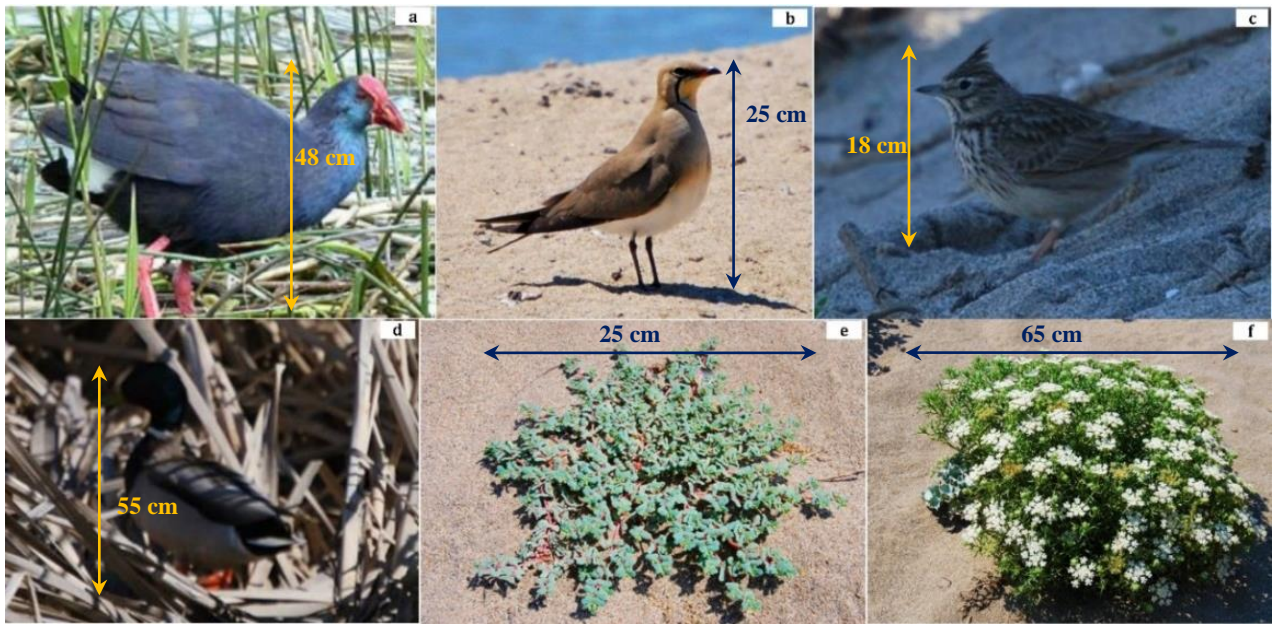


**Figure 8 :** Formations dunaires, unités physiographiques et écologiques du cordon dunaire de Beni Belaïd, sur la rive droite de l'embouchure de l'Oued El Kebir.



**Figure 9 :** Formations dunaires, unités physiographiques et écologiques du cordon dunaire de Sidi Abdelaziz.

Entre Sidi Abdelaziz et Beni Belaïd, le profil du système dunaire permet de distinguer la succession des formations dunaires (Tableau 1). En première ligne, nous rencontrons des monticules de sables mobiles, qui constituent le premier stade de la formation des dunes embryonnaires instables. Elles sont colonisées par une végétation psammophile et halophile, qui supportent à la fois la forte mobilité du substrat, le différentiel entre période de sècheresse et d'humectation, salinité élevée et d'exposition au vent chargé en sable. De ce fait, le groupement à *Agropyron junceum* s'installe en premier avec ses espèces compagnes, qui peuvent être annuelles comme *Salsola kali*, *Cakile maritima* et *Euphorbia peplis* ..., et vivace comme *Euphorbia Paralias*, *Medicago marina* et *Polygonum maritimum*. Parmi ces derniers nous retrouvons plusieurs espèces édifcatrices, jouant un rôle dynamique important dans la formation des dunes embryonnaires. Toutefois, elles résistent mal aux conditions d'érosion et du déchaussement, particulièrement *Eryngium maritimum* qui disparaît dans les zones les plus érodées de Beni Belaïd et d'El Djenah. Aussi, il faut signaler la présence des deux espèces : *Euphorbia peplis* et *Echinophora spinosa* (Figure 10), très rares sur la côte algérienne, ce qui renforce le caractère patrimonial de ces formations dunaires.



**Figure 10** : Galerie photographique de quelques espèces floristiques et faunistiques remarquables. **a** : Poule sultane (*Porphyrio porphyrio*), **b** : Glaréole aux ailes noires (*Glaréola nordmanni*), **c** : Cochevis huppé (*Galerida cristata*), **d** : Canard colvert (*Anas platyrhynchos*), **e** : Euphorbe (*Euphorbia peplis*), **f** : le panais épineux (*Echinophora spinosa*). (Clichés : a, b, c et d : Conservation des Forêts. E et f : Bougherira).

En deuxième ligne, s’installe le groupement à *Ammophila arenaria*, adapté aux conditions d’ensevelissement et d’enfouissement, en s’associant à d’autres espèces psammophiles, il colonise les dunes vives et caractérise les milieux les moins dégradés comme celui de Sidi Abdelaziz. Actuellement, ce groupement est peu rencontré du côté d’El Djenah et de Beni Belaid en raison de leur dégradation et l’accentuation du phénomène de l’érosion. Au fur et à mesure que l’on s’éloigne de la mer, le sable des dunes colonisées par l’Oyat (*Ammophila arenaria*) est plus stable que celui des monticules à *Agropyron junceum*. Les replats interdunaires abrités par les dunes colonisées par l’Oyat, sont peuplés d’*Eryngium maritimum*, d’*Euphorbia Paralias* et de *Cakile maritima* qui forment une couverture protectrice favorisant l’implantation d’espèces plus petites, mais dont le recouvrement est plus ou moins important.

**Tableau 1** : Espèces végétales les plus abondantes caractérisant le système dunaire de Sidi Abdelaziz et Beni Belaïd. Adapté de Khennouf et al., (2018) et de Thomas (1968).

Groupe à	Espèce associée	Habitat écologique	Formation dunaire
<i>Agropyron junceum</i> / <i>Elytrigia juncea</i>	<i>Agropyron junceum</i> / <i>Elytrigia juncea</i>	Dune embryonnaire	
	<i>Euphorbia peplis</i>		
	<i>Eryngium maritimum</i>		
	<i>Euphorbia Paralias</i>	Dune embryonnaire et blanche	
	<i>Achillea maritima</i>		
	<i>Medicago marina</i>		
	<i>Polygonum maritimum</i>	Avant-dune et dune embryonnaire	
	<i>Salsola kali</i>		

	<i>Cakile maritima</i>		Dune blanche mobile	Dune mobile
	<i>Echinophora spinosa</i>			
	<i>Ipomoea stolonifera</i>			
	<i>Ononis variegata</i>			
<i>Ammophila arenaria</i>	<i>Ammophila arenaria</i>			
	<i>Medicago marina</i>			
	<i>Eryngium maritimum</i>			
	<i>Euphorbia Paralias</i>			
	<i>Cakile maritima</i>	Avant-dune et dune embryonnaire		
	<i>Echinophora spinosa</i>			
	<i>Cyperus kalli</i>	Dune blanche mobile		
	<i>Ononis variegata</i>			
	<i>Pancratium maritimum</i>	Dune blanche et grise		
	<i>Glaucium flarum</i>	Dépression inter-dunaire		
<i>Retama bovei</i>	<i>Retama bovei</i>	Dune grise et blanche	Dune semi-fixée	
	<i>Crucianella maritima</i>			
	<i>Helichrysum Stoechas</i>			
	<i>Ephedra fragilis</i>	Dune grise		
	<i>Alyssum maritimum</i>			
	<i>Pennisetum setaceum</i>			
	<i>Pancratium maritimum</i>	Dune blanche et grise		
	<i>Rhamnus alaternus</i>			
<i>Juniperus oxycedrus</i> subsp. <i>macrocarpa</i>	<i>Juniperus oxycedrus</i>		Dune grise et fixée	
	<i>Pistacia lentiscus</i>			
	<i>Rhamnus alaternus</i>			
	<i>Phillyrea angustifolia</i>		Dune grise	
	<i>Ephedra fragilis</i>			
	<i>Trifolium resupinatum</i>			
	<i>Delphinium peregrinum</i>			
		<i>Prasium majus</i>		Dune blanche et grise
		<i>Reseda alba</i>		
		<i>Lagurus ovatus</i>	Panne humide intradunale	Dune fixée
		<i>Imperata cylindrica</i>		
		<i>Pinus pinaster</i>		
		<i>Acacia cyanophylla</i>		
		<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Dune boisée	
	<i>E. robusta</i>			
	<i>E. gomphocephala</i>			

En allant vers l'intérieur, les dunes blanches colonisées par *Ammophila arenaria* deviennent de plus en plus stables et culminent à une hauteur relativement élevée (d'environ 23 m). A ce niveau, la force moyenne du vent n'est plus suffisante pour entraîner le sable, raison pour laquelle les dunes sont faiblement alimentées en sédiment et arrêtent de se développer en hauteur. A partir d'ici, on note l'apparition du groupement à *Retama bovei* qui forme des fourrés très denses, colonisant systématiquement les dunes semi-fixées. Retem (*Retama bovei*) contribue, à l'abri de l'Oyat, à la fixation du système dunaire, marquant la transition

vers les dunes boisées et plus fixées. Cette zone abrite un grand nombre d'espèces connues pour leur rôle protecteur et stabilisateur, comme *Crucianella maritima*, *Helichrysum Stoechas*, *Ephedra fragilis*, et forment des peuplements plus ou moins denses qui cohabitent en symbiose (Thomas, 1968).

Ensuite, les espaces arrière-dunaires sont de plus en plus fixées, notamment à Sidi Abdelaziz où on constate le développement d'une végétation arborescente à l'abri du groupement à *Retama bovei*, qui correspond au groupement à *Juniperus oxycedrus* (genévrier). Ce groupement colonise uniquement les dunes fixées, en raison de la sensibilité aux conditions d'ensablement et de déchaussement des espèces arbustives qui s'y associent, comme *Juniperus oxycedrus*, *Pistacia lentiscus*, *Rhamnus alaternus* et *Phillyrea angustifolia*. Ceci n'empêche pas le développement d'un certain nombre d'espèces de dunes mobiles comme *Ononis variegata*, *Ammophila arenaria* (Thomas, 1968).

On signale l'introduction, lors des campagnes de reboisement, en 1996 et 2010 des arbustes d'Acacia (*Acacia cyanophylla*) et de pin maritime (*Pinus pinaster*), au niveau des dunes fixées et semi-fixées de Sidi Abdelaziz, et d'Eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis*, *E. gomphocephala*, *E. robusta*) et de pins d'Alep (*Pinus halepensis*) en 1964, au niveau des dunes fixées d'El Djenah. Ces derniers se dessèchent rapidement et n'ont pas eu le résultat escompté de la fixation des formations dunaires (Thomas, 1968), contrairement aux plantations de l'Acacia et du pin maritime, qui se sont bien adaptés à la mobilité du sable. Un peu plus loin vers l'arrière-dune, on note la présence des formations de chêne-liège (*Quercus suber*), qui caractérisent le couvert forestier de l'arrière-pays du littoral jijélien. Le contact de celles-ci avec le groupement à *Juniperus oxycedrus* était plus ou moins progressif (Thomas, 1968), notamment dans les zones les moins dégradées de Sidi Abdelaziz, mais aujourd'hui il est interrompu par la route nationale, une voie ferroviaire et les divers reboisements du Pin maritime et de l'Acacia susmentionnés.

En revanche, au niveau de la zone humide de Beni Belaid, le plan d'eau est entouré d'une végétation lacustre, composée essentiellement de Tamaris, de *Bolboschoenus glaucus*, *Phragmites australis*... (Bouldjedri et al., 2011).

Sur les berges de l'oued El Kebir et du lac de Beni Belaïd, des espèces hydrophiles sont rencontrées comme : *Ceratophyllum demersum* et *Lemna minor*, et des espèces radicales : *Nymphaea alba*, *Myriophyllum spicatum*, *Persicaria amphibia*, *Potamogeton lucens*... (Bouldjedri et al., 2011). Aussi, sur la rive droite de l'embouchure de l'oued El Kebir s'étend une peupleraie (*Populus alba*), avec un sous-bois constitué de *Nerium oleander* et de *Rubus ulmifolius* (D.G.F, 2003).

Les marécages, plus développés autour du lac, constituent un habitat propice pour une faune particulière comprenant plusieurs espèces rares en Algérie telles que la fuligule nyroca (*Aythya nyroca*), la poule sultane (*Porphyrio porphyrio*) et rare à l'échelle mondiale comme la loutre (*Lutra lutra*) (DGF, 2003). En plus, cette zone constitue un habitat propice pour la nidification de plusieurs espèces d'oiseaux tel que : Cochevis huppé (*Galerida cristata*) et Glaréole à ailes noires (*Glareola nordmanni*) (Figure 10). Ce dernier est classé parmi les espèces quasi-menacées dans la liste rouge de l'UICN. Il a été observé, au niveau du cordon dunaire de Beni Belaid, pour la première fois en 2017 par les agents de la conservation des forêts de la wilaya de Jijel.

## 2. Le cordon dunaire côtier de Cap Falcon

### 2.1. Situation géographique : un paysage remarquable

Le littoral dunaire de Cap Falcon est situé dans le nord-ouest de l'Algérie, à une vingtaine de kilomètres à l'ouest de la métropole d'Oran, il s'étire sur une quinzaine de kilomètres de linéaire côtier (Figure 11). Cette partie du littoral Oranais, appartient administrativement aux deux communes de Ain El-Turck et de Bousfer. Elle s'ouvre sur la mer Méditerranée, à l'est par la baie d'Ain El-Turck et à l'ouest par la baie de Bousfer-Andalouses. Ce littoral occupe une position avancée en mer, sous forme d'un grand cap, qui le met en exposition directe aux vents forts de la mer et à l'action concentrée des vagues et des houles.

Cette partie du littoral oranais forme une côte mixte. Elle est constituée d'une succession de plages sableuses de largeur très variable, et souvent, interrompues par des falaises dunaires grésifiées (Figure 11). Ce littoral est dominé par un important cordon dunaire d'âge Quaternaire, qui s'étend sur une superficie de 1581 ha, orienté Ouest-Sud-Ouest vers Est-Nord-Est et culminant à 120 m au-dessus du niveau de la mer. Ce dernier englobe une diversité d'habitats naturels, qui varient selon la couverture végétale et le gradient de mobilité du substrat. On distingue ainsi trois principales formations :

- Dunes vives : elles occupent les parties proches du rivage, rencontrées principalement entre Bousfer-Plage et Coralès. Elles présentent une mobilité élevée du substrat meuble, à cause de leur exposition, et un faible taux de recouvrement par la végétation, qui laissent la place seulement aux espèces capables de s'y adapter comme l'Oyat et le Retame.
- Forêts dunaires : elles occupent les parties intérieures du cordon dunaire car les plus abritées. Elles sont caractérisées par un taux de recouvrement très élevé, et sont rencontrées sous formes de dunes semi-fixées ou fixées, par une végétation arborescente comme les genévriers, lentisques et palmiers nains.

- Dépressions humides inter-dunaires : elles viennent s'intercaler entre les différentes formations dunaires sous formes de dépressions, plus ou moins aplaties, et caractérisées par une végétation herbacée et ligneuse, comme le jonc, typha et roseau.

Au Sud-Est, l'extension de la plaine de Bousfer-Andalouses délimite notre zone d'étude. Celle-ci est bordée au sud par les contreforts du massif d'El Murdjadjo qui culmine 575 m de hauteur et qui sépare le domaine littoral, au Nord, de l'arrière-pays au Sud.

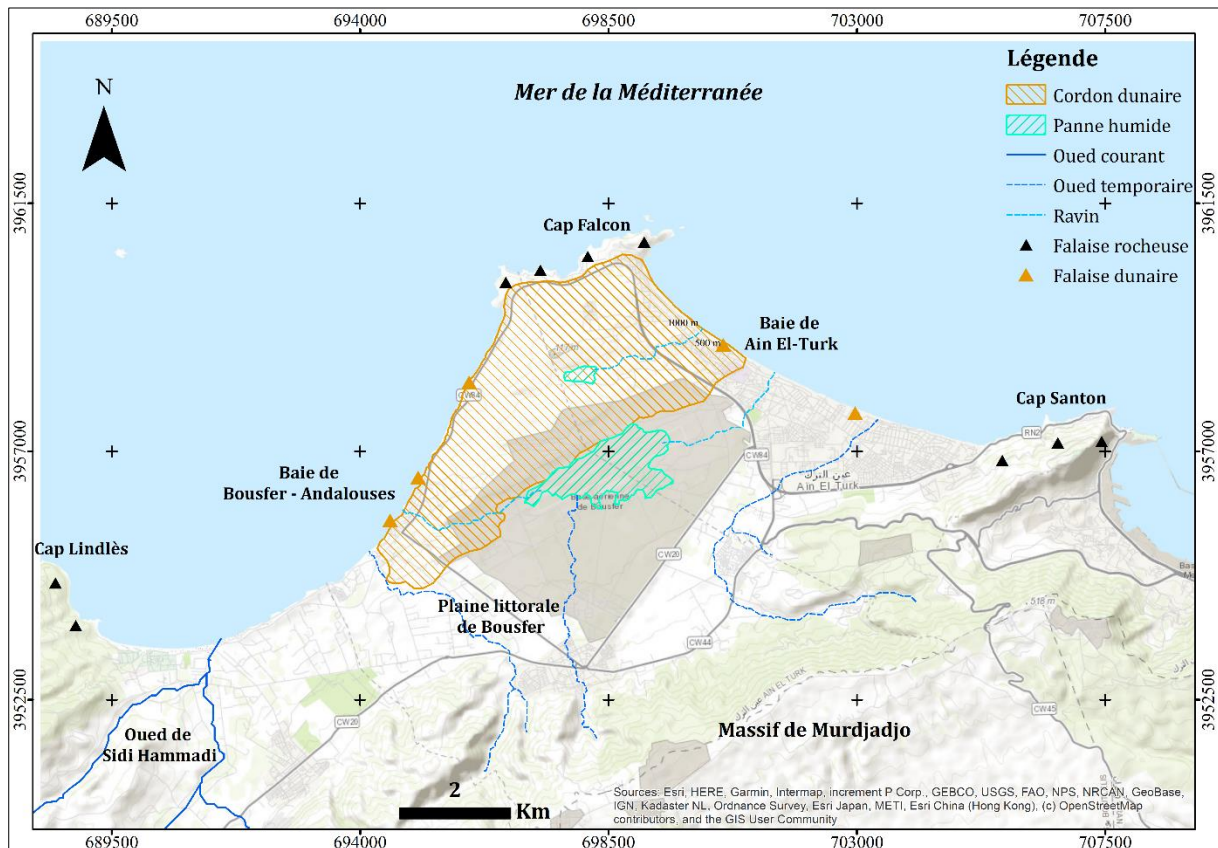


Figure 11 : Situation géographique et unités naturelles constituant la zone d'étude (conception : A. Bougherira, 2020).

## 2.2. Caractéristique du milieu physique

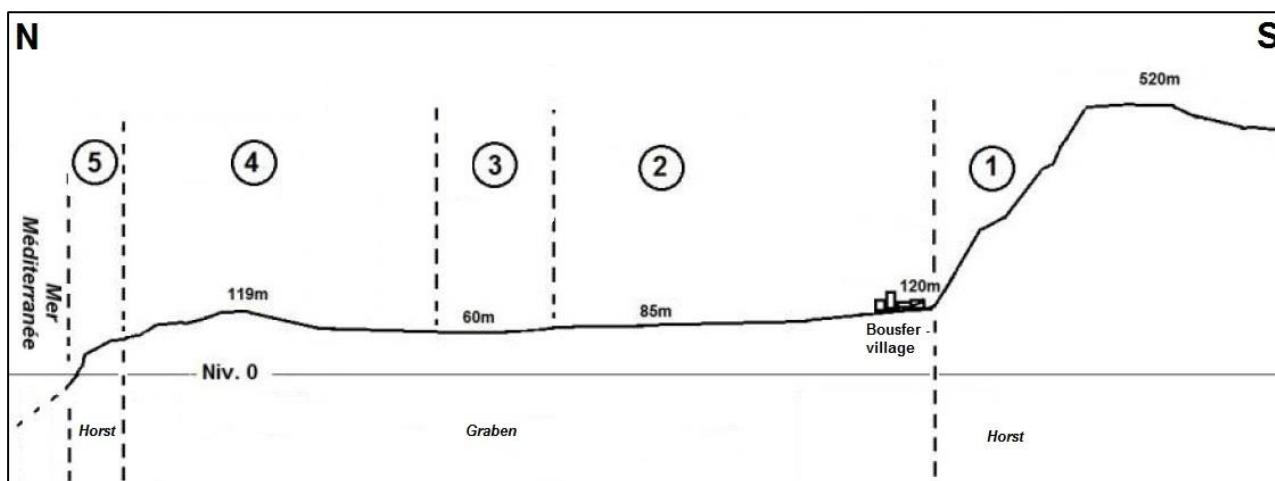
### 2.2.1. Contexte géologique et géomorphologique

Cette partie du littoral oranais est marquée par un contraste topographique prononcé, qui fait apparaître deux ensembles géologiques surélevés appelés « *horst*<sup>12</sup> », correspondant aux massifs de Murdjadjo au sud et le relief de Cap Falcon au nord. Entre ces deux *horsts* s'étale une zone basse appelée « *graben*<sup>13</sup> », correspondant à la plaine littorale et le cordon dunaire de Bousfer – Ain El-Turck (Figure 12).

<sup>12</sup> Un *horst* désigne un compartiment de terrain soulevé, résultant de la combinaison de failles normales conjuguées et donnant lieu à un enfoncement de terrain au milieu.

<sup>13</sup> Un *graben* est un fossé tectonique d'effondrement entre des failles normales.

Selon Remaoun (1981) les deux *horsts*, qui surplombent la région, sont taillés dans des roches métamorphiques dures et constitués essentiellement de substrats schisteux, quartzitiques et calcaréo-dolomitiques. Concernant les *grabens*, au niveau de la plaine littorale, le faciès dominant est marneux. Ils sont constitués de dépôts de colluvions, ayant à leur base des bancs conglomératiques, et discordantes sur le socle. En allant vers le nord, les dépôts de sables sont de plus en plus importants, et nettement différenciés, favorisant une topographie plus ou moins ondulée (Remaoun, 1981).



**Figure 12 :** Coupe Nord – Sud montrant les unités topographiques et ensembles structuraux de la région. 1 : massif de Murdjadjo (horst), 2 : plaine littorale (graben), 3 : dépression humide (graben), 4 : cordon dunaire (graben), 5 : falaise du Cap Falcon (horst). (Schéma adapté selon Remaoun (1981), échelle non-respectée).

Selon le même auteur (1981) ces dépôts dunaires sont formés de plusieurs générations. Ils reposent sur un substrat mio-pliocène marneux et conglomératique interrompu par une dalle calcaire en sa surface. Sur ce dernier se déposent plusieurs formations dunaires de générations différentes :

- Les dunes actuelles vives, semi-fixées et fixées : ce sont des formations à prédominance sableuses, qui affleurent en surface et constituent les formations les plus récentes. Leur extension est importante, le long de la frange littorale allant de Bousfer-Plage à La Madrague, en forme parabolique et longitudinale qui culminent 123m.
- Les dunes grésifiées : ce sont des formations dunaires consolidées récentes. Elles affleurent sous les précédentes et recouvrent les formations les plus anciennes. Leur épaisseur varie de 10 à 30m sur la partie occidentale de la zone, entre Bousfer-Plage et La Madrague, et de 2 à 6m à l'est le long de la baie de Ain El-Turck.
- Dunes encroûtées : ce sont des formations stratifiées et consolidées. Elles affleurent sous les dunes grésifiées, recouvertes d'une couche calcaire mince de 50cm, avec des épaisseurs et à des niveaux d'altitudes variables sur les deux façades. A l'est, elles

affleurent à 50cm au-dessus du niveau de la mer avec une épaisseur maximum de 4m. A l'ouest, elles sont plus épaisses, d'environ 10m, mais se trouvant à un niveau inférieur du niveau actuel de la mer.

### 2.2.2. *Dynamique ancienne et mise en place du littoral dunaire*

Selon Penven et Remaoun (1980) l'activité néo-tectonique du Pliocène supérieur est responsable de la mise en place des massifs littoraux actuels, dont le *graben*, constitué dans sa partie septentrionale du cordon dunaire interrompu par une faille au contact avec le massif rocheux de Cap Falcon.

La mise en place du littoral actuel, notamment les formations dunaires, s'est déroulée pendant le Quaternaire à travers plusieurs phases. Celle-ci est le jeu de plusieurs facteurs d'ordre éolien et bioclimatique. La superposition de plusieurs formations dunaires, de générations différentes, en est la conséquence. La mise en place des formations dunaires a commencé dès le Quaternaire moyen, probablement durant le Pléistocène, avec la transgression marine flandrienne, où d'énormes quantités de sable marin se sont déposées. A cette transgression s'ajoutent les effets d'une phase humide, qui a abouti à la rubéfaction<sup>14</sup> de la dune encroûtée et la fourniture d'abondantes colluvions fines, durant le Pléistocène inférieur (Remaoun, 1981). Ces derniers continuent à se déposer au cours de l'Holocène, dans un environnement bioclimatique semi-aride, donnant naissance aux dunes grésifiées. Sous l'action combinée de la mer et du vent les dunes actuelles se créent et recouvrent les dunes anciennes. Elles constituent avec les dépôts de colluvion remaniée les dunes vives et semi-fixées actuelles. Ces dunes ont connu au cours de cette ère géologique (Holocène) une succession de phases de mobilité et de phases de fixation par la végétation, bénéficiant de l'apport en sable fin des plages étendues.

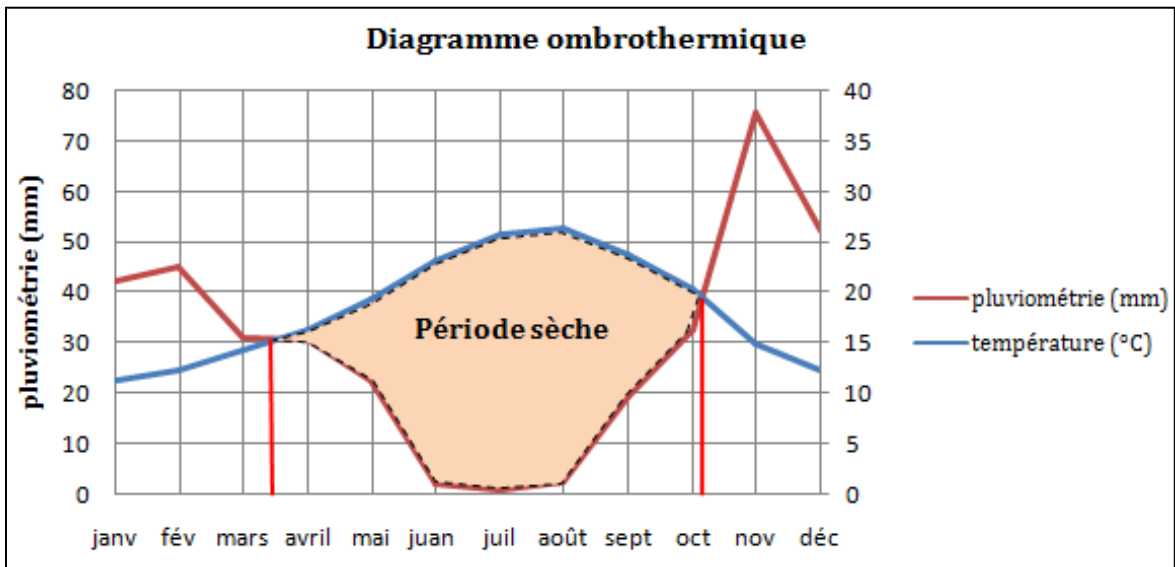
## 2.3. *Facteurs climatiques et hydro-aérodynamiques*

### 2.3.1. *Caractéristiques bioclimatiques*

La région de Cap Falcon est soumise à un climat méditerranéen semi-aride. Elle se caractérise par une saison sèche longue de 7 mois, qui s'étend de mars à octobre, dont la température moyenne annuelle est de 18,4°C (Figure 13). Aussi, les données des précipitations, enregistrées de 1996 à 2018, montrent que cette zone est faiblement arrosée, avec un cumul annuel de 364,47mm.

---

<sup>14</sup> Rubéfaction désigne la couleur rouge que peut prendre le sol, due à la présence d'oxyde ferrique.



**Figure 13 :** Diagramme ombrothermique de la station Bousfer, enregistré entre 1996 et 2018 (Source : O.N.M., 2019).

### 2.3.2. Hydrologie marine et continentale, et processus de distribution sédimentaire

Sur le plan hydrologique, Il faut souligner que les écoulements, observés dans cette zone, sont généralement temporaires et sont strictement de type concentré et ne coulent ni ne fonctionnent que lors des périodes pluvieuses par ravinement des versants du Murdjadjo. Quant aux eaux souterraines, on constate la présence de plusieurs nappes réparties, selon des niveaux piézométriques variables, au niveau du cordon dunaire et de la plaine littorale. Celles-ci, étant alimentées par les eaux de ruissellement, participent à l'humidification du sol et la formation des mares par résurgence des eaux au niveau des dépressions humides intra-dunaires.

Les apports sédimentaires terrigènes atteignant la mer sont insuffisants. Le réseau hydrographique de la zone côtière d'Oran est principalement endoréique, il n'y a qu'un seul oued de Sidi Hammadi, à l'extrême ouest de la baie de Bousfer-Andalous, et quelques ravins temporaires qui se jettent dans la mer. On distingue deux principales formes d'alimentation en sédiments : par les apports éoliens de la plage vers la dune, en période calme, et par l'érosion marines des dunes grésifiées, en période d'agitation.

Selon Leclair (1972), le régime saisonnier des houles, au large de la côte Ouest algérienne montre deux directions prédominantes : ONO (300°) et NNE (20-40°) ; dont les houles provenant du secteur ONO acquièrent une prédominance en hiver. L'orientation de la baie d'Ain El-Turck (SE-NO) et de la baie de Bousfer-Andalous (NE-SO) favorise l'incidence perpendiculaire des deux secteurs de houle prédominants : NNE et O, respectivement. Ces derniers, ayant une amplitude moyenne la plus fréquente de 2 à 3 m et une houle de 3 à 5 m, sont également abondants. Elles peuvent dépasser 5 m lors des grandes tempêtes.

**Tableau 2 :** Historique des tempêtes ayant survenues sur la côte d'Oranaise. Source L.E.M. (1980) in Ghodbani et Semmoud (2010).

Jours	Mois	Année	Heure (h)	Direction (vent, vague)	Période de retour des tempêtes (années)
08-10	Février	1886	72	N.N.E	
01	Février	1894	24	N.N.O	08
20	Novembre	1900	24	N.N.O	06
06	Février	1922	24	N.N.O	22
28	Janvier	1928	24	N.N.E	06
03	Février	1934	24	N.N.E	06
26-27	Février	1936	48	N.N.O	02
18-19	Février	1943	48	N.N.O	07
05-06	Janvier	1965	48	N.N.E	22
11-12	Décembre	1967	48	N.N.E	02
21-22	Décembre	1980	48	N.N.E	13
10-11	Novembre	2001	48	N.N.E	21
12-13	Novembre	2012	48	N.N.O	11

Les données du Tableau 2 indiquent les principales tempêtes et submersions marines survenues sur les côtes d'Oran entre 1886 et 2012. Il y a une irrégularité des périodes séparant les tempêtes, les directions d'incidence et la période de l'année où ces aléas se sont produits. Ils montrent également une variation de la durée de chaque tempête, qui varie entre 24 à 72 heures, avec une période de retour<sup>15</sup> moyenne de 9 à 10 ans. Ces dernières ont provoqué des dégâts importants, notamment par l'érosion d'énormes quantités de sable sur les plages, le débordement des masses d'eau et la démolition de certaines constructions qui occupent les plages et les dunes bordières (Ghodbani & Semmoud, 2010).

### 2.3.3. Processus éoliens : dynamique du système dunaire

L'analyse statistique des données météorologiques de l'O.N.M., enregistrées à la station de Bousfer entre 1996 et 2018, nous a permis de déterminer la fréquence d'apparition des vents par direction pour chaque trimestre et pour toute l'année, et de tracer les roses des vents trimestrielles et annuelles (Figure 14).

On note la prédominance des vents provenant des secteurs ouest et nord-est avec des fréquences d'apparition annuelles respectives de 37 et 27 %. Les deux premiers ont une fréquence élevée durant toute l'année et s'intensifient en hiver. En revanche, les vents du

<sup>15</sup> En l'absence d'une série complète de données statistiques sur l'hydrodynamisme côtier, indiquant l'occurrence des tempêtes marines, nous nous sommes basés sur les données du Tableau 2 afin d'estimer approximativement la période de retour des tempêtes marines. C'est la somme du nombre d'années où les tempêtes ont été enregistrées divisé sur le nombre de tempêtes.

nord-est n'acquièrent une fréquence dominante qu'en été. La Figure 14 montre que les vents du secteur ouest sont les plus efficaces et violents. En effet, ils atteignent une fréquence annuelle de 29 % et des vitesses élevées qui dépassent 5 degrés à l'échelle de Beaufort (soit plus de 29 km/h) ; celle-ci est considérée la vitesse limite de mise en mouvement du sable (Gouguet, 2018).

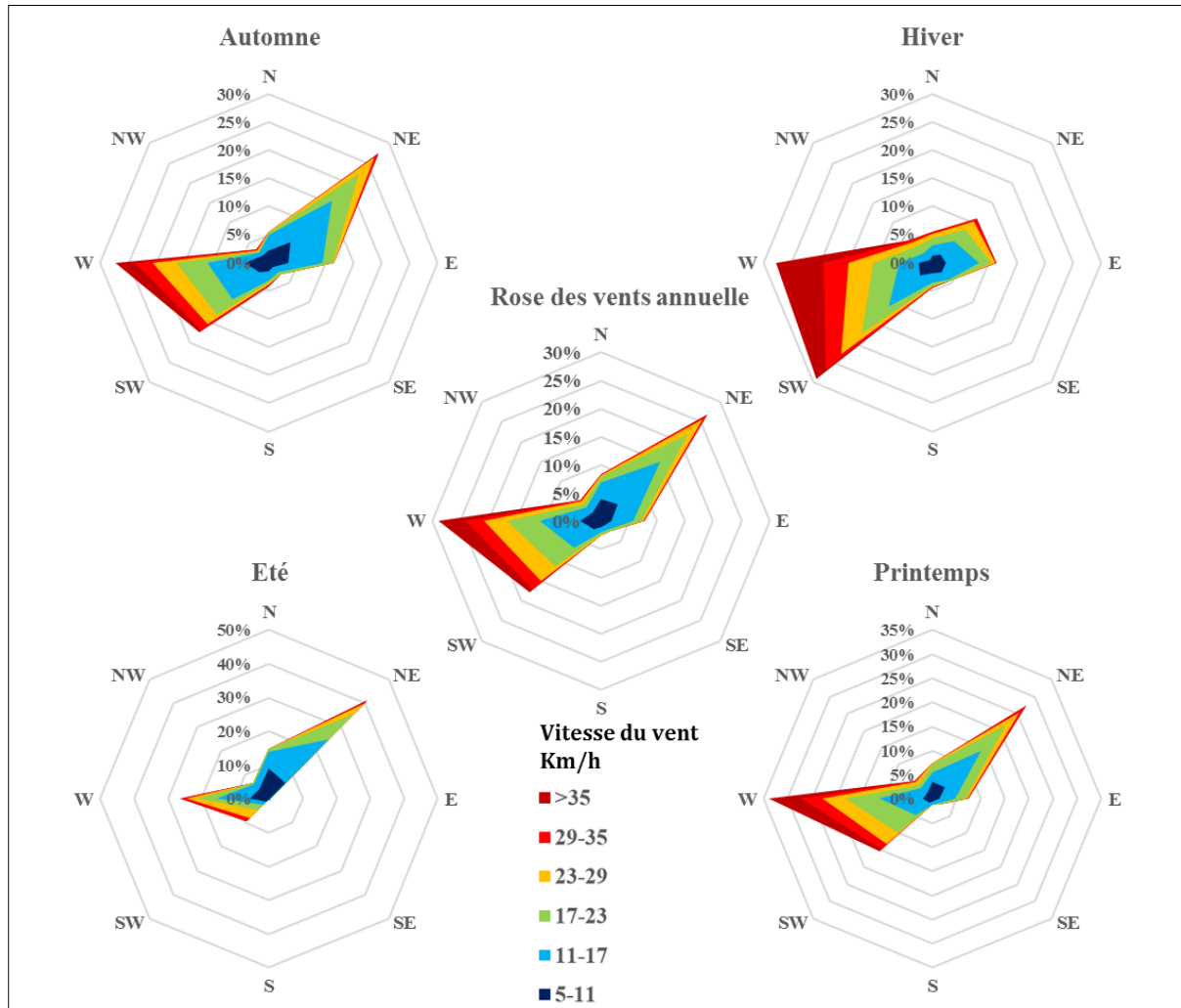


Figure 14 : Roses des vents, trimestrielles et annuelle, enregistrés au niveau de la station de Bousfer (Oran) de 1996 à 2018 (source de données : O.N.M., 1996-2018, conception de l'auteur).

Outre l'action hydrodynamique marine, les vents ont fortement façonné cette côte sableuse. Ils interviennent directement dans la disposition des formations dunaires. En effet, la morphologie des formations dunaires de Cap Falcon sont plus développées du côté ouest et se disposent perpendiculairement aux vents du secteur ouest.

#### 2.4. Caractéristiques écologiques du système dunaire : Une biodiversité riche et variée

Le cordon dunaire de Cap Falcon relève d'un patrimoine écologique important, mais les données relatives à cet aspect sont fragmentaires et parfois anciennes. Les travaux de Aime et Penven (1982) et l'inventaire phytosociologique réalisé dans le cadre de l'étude de

protection et de restauration du cordon dunaire (Direction de l'Environnement d'Oran, 2015), nous ont aidé à caractériser le patrimoine écologique du cordon dunaire de Cap Falcon. En effet, nous relevons l'existence de plusieurs habitats naturels à forte valeur écologique, abritant une diversité de groupements d'espèces floristiques riches et vulnérables.

Par ailleurs, Aime et Penven (1982) ont démontré à quel point l'action conjuguée des facteurs climatique et biophysique, influence la dynamique écosystémique. Ces facteurs s'exercent sur divers types de milieu, pour établir une succession des formations dunaires : dunes fixées, dunes semi-fixées et dunes mobiles, entre lesquelles s'intercalent des dépressions inter-dunaires, selon un gradient de végétation bien contrasté (Figure 15).

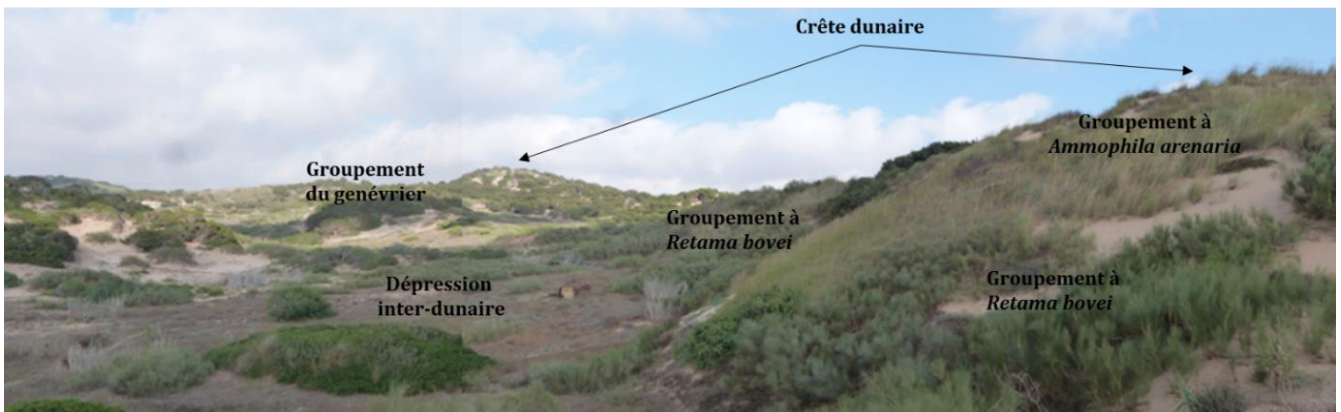


**Figure 15 :** Formations dunaires, unités physiographiques et écologiques du cordon dunaire de Cap Falcon, sur sa partie occidentale.

D'abord, il faut signaler la dégradation agressive de la première ligne du cordon dunaire par l'extension du réseau routier parallèlement au trait de côte et de l'urbanisation linéaire des dunes bordières (avant dunes et dunes embryonnaires), qui représentent l'habitat privilégié du groupement à *Agropyron junceum* (*Elytrigia juncea*) et ses espèces compagnes. Cependant, nous relevons la formation de quelques touffes de végétaux annuels, qui se développent sur le haut de plage, correspondant au groupement à *Agropyron junceum*, comme *Salsola kali*, *Cakile maritima*, *Euphorbia paralias* et *Mesembryanthemum crystallinum*. Elles forment des petits monticules, qui disparaissent sous l'action des vagues de haute mer, en hiver, et par le piétinement massif, en été. Par contre, les dunes blanches (mobiles) se développent sur une surface relativement importante, mais de moins en moins large, particulièrement derrière les plages de Bomo et la Madrague, sur la partie occidentale du système dunaire. Elles sont colonisées par le groupement à *Ammophila arenaria*, où nous retrouvons plusieurs espèces psammophiles vivaces, comme *Ammophila arenaria*, *Eryngium maritimum*, *Euphorbia paralias*, *Echinophora spinosa* et d'autres annuelles, comme *Anacyclus valentinus*, *Cakile maritima*, *Pancratium maritimum*, qui disparaissent en allant vers l'intérieur du cordon dunaire. Ce groupement est de plus en plus dense en allant vers l'intérieur et sur les versants internes des dunes blanches. À l'abris de ces dernières, se

forment des dunes plus stables par l'installation du groupement à *Retama bovei*, qui constitue des fourrés très denses et colonise systématiquement les dunes semi-fixées. Le groupement à *Retama bovei* contribue à la fixation du système dunaire, et marque la transition avec les dépressions inter-dunaires et les dunes boisées les plus fixées. Les dépressions inter-dunaires sont à leur tour colonisées par une végétation herbacée où dominent *Crucianella maritima* et *Plantago coronopus*, accompagnées par *Retama bovei* qui se développe aux pourtours des dépressions et des versants internes des dunes (Figure 16).

En allant plus vers l'intérieur, les dunes sont de plus en plus fixées, notamment sur les bordures nord-ouest et sud du complexe étudié, qui sont colonisés par une végétation arborescente qui correspond au groupement du genévrier de Phénicie (*Junipems phoenica*). Ce groupement englobe entre autres plusieurs espèces arbustives, présentent une faible adaptation aux conditions d'ensevelissement et du déchaussement, comme *Lycium intricatum*, *Quercus coccifera*, *Pistacia lentiscus*, *Chamaerops humilis*, *Rhamnus alaternus*, *Calycotome villosa*, *Ephedra fragilis* et *Rubia peregrina* (Aime & Penven, 1982).



**Figure 16 :** Distribution de quelques groupements de végétaux autour d'une dépression à l'intérieur du cordon dunaire de Cap Falcon.

### Conclusion : Analyse comparative entre les deux cordons dunaires côtiers étudiés

À la lumière des connaissances acquises dans ce chapitre, nous pouvons relever plusieurs points de différence entre les deux cordons dunaires. D'abord les deux sites s'inscrivent dans deux contextes géomorphologiques différentes. En effet, la zone côtière de Sidi Abdelaziz et Beni Belaïd, qui se situe en aval de l'un des plus grands oueds exoréiques de l'Algérie, est façonnée par de larges plages rectilignes et des cordons dunaires longitudinaux disposés parallèlement au trait de côte. Ces constructions sableuses sont issues principalement de l'altération des formations géologiques, qui affleurent dans l'arrière-pays du littoral, ainsi transportés par l'oued El Kebir. En revanche, la zone côtière de Bousfer et Aïn el Turck se trouve dominée par des bassins hydrographiques endoréiques. Elle occupe une position avancée en mer, sous forme d'un grand cap protégé dans sa partie

septentrionale par un massif rocheux. Le cordon dunaire de cette zone est assez développé, culminant jusqu'à plus de 120m. Néanmoins, ses plages associées sont minces et souvent interrompues par des falaises dunaires grésifiées. Ce cordon dunaire est formé à partir de dépôts de plusieurs générations, du sable marin et de colluvions, provenant de l'érosions hydriques des contreforts du massif de Murdjadjo.

Par ailleurs, les deux sites sont soumis à des conditions climatiques fortement contrastés. Le climat au niveau de Sidi Abdelaziz et Beni Belaïd est humide, avec des précipitations élevées et une période sèche très courte. Par contre, au niveau du Bousfer et Aïn el Turck le climat est semi-aride, avec de faibles précipitations et une période sèche assez longue. Ce facteur de sécheresse a facilité aux processus éoliens la construction d'un cordon dunaire assez développé au niveau de Bousfer et Aïn el Turck qu'au niveau de Sidi Abdelaziz et Beni Belaïd.

Du point de vue écologique, les deux sites constituent des niches particulières, abritant une grande diversité biologique spécifique, que seules les espèces très spécialisées peuvent occuper (halo-nitrophile, psammophile, xérophile et hygrophile). Il en résulte un zonage transversal des formations dunaires, au niveau des deux sites, selon un gradient de mobilité du sable, dont on peut distinguer les milieux suivants : avant-dune, dune blanche, dune semi-fixée, dune boisée, ainsi s'intercalent à l'intérieur de ces milieux des dépressions interdunaires humides. Par ailleurs, on distingue au niveau du cordon dunaire de Beni Belaïd tout un complexe écologique de lacs et de marais, séparés de la mer par un cordon dunaire mobile, au sein desquelles affleure la nappe d'eau douce de manière permanente, qui continue à s'alimenter par le débordement des eaux de l'oued El Kebir lors des périodes des crues.

---

*Chapitre III : Diagnostic socio-économique des cordons dunaires étudiés : des usages  
traditionnels et contemporains multiples*

---

## Introduction

Les cordons dunaires côtiers ont été considérés, avant l'essor du développement des zones côtière, comme des espaces hostiles : terres salées, pauvres, mouvantes, exposées aux assauts du vent et des tempêtes marines (Gouguet, 2018; M. L. Martínez, Gallego-Fernández, et al., 2013; Favennec, 2002; Hallegouet et al., 1986). De même, les zones humides à qui s'y associent, qui sont souvent constituées de marais et plans d'eau stagnants, étaient considérées des espaces insalubres et sources de maladies (Beltrame et al., 2015; Ghodbani & Amokrane, 2013b; Boyer & Polasky, 2004).

Les populations s'y installent progressivement et commencent à développer de nouvelles pratiques d'exploitation et d'usage. En effet, les cordons dunaires côtiers sont devenus des espaces très attractifs, dont le développement effréné des activités humaines, souvent incompatible avec la vocation naturelle de ces milieux fragiles, risque de compromettre leur équilibre écologique et la durabilité de leurs services écosystémiques.

### 1. Concentration des populations et stabilité relative de la croissance démographique

#### *1.1. Croissance démographique relativement stable le long du cordon dunaire de Beni Belaïd et Sidi Abdelaziz*

Malgré l'attractivité des espaces littoraux pour la concentration des populations et pour l'implantation des activités humaines, la croissance démographique reste relativement faible, selon les derniers recensements généraux de la population et de l'habitat. Elle est de 11 406 habitants en 2018 contre 9 678 habitants en 2008, au niveau de la commune de Sidi Abdelaziz, et de 5 248 habitants en 2018 contre 4582 en 2008, au niveau de la commune de Kheiri Oued Adjoul (Figure 17). Cependant, les populations se concentrent de plus en plus au niveau des principales agglomérations côtières : Beni Belaid, El Djenah et Sidi Abdelaziz, qui englobent plus de 70% du poids démographique de la zone d'étude. Cette concentration démographique le long d'une étroite bande côtière est dans certaines mesures due à un arrière-pays montagnard difficilement accessible, mais aussi due aux conditions d'insécurité<sup>16</sup> et de l'exode rural qui en résulte (Abdelaziz, 2015).

---

<sup>16</sup> La région de Jijel a été particulièrement touchée, pendant les années 1990 jusqu'au début 2000, par des conditions d'insécurité critiques qui ont poussé les habitants des petits hameaux montagnards à quitter leur territoire de résidence (d'origine) pour rejoindre des zones plus sécurisées et urbanisées du littoral.

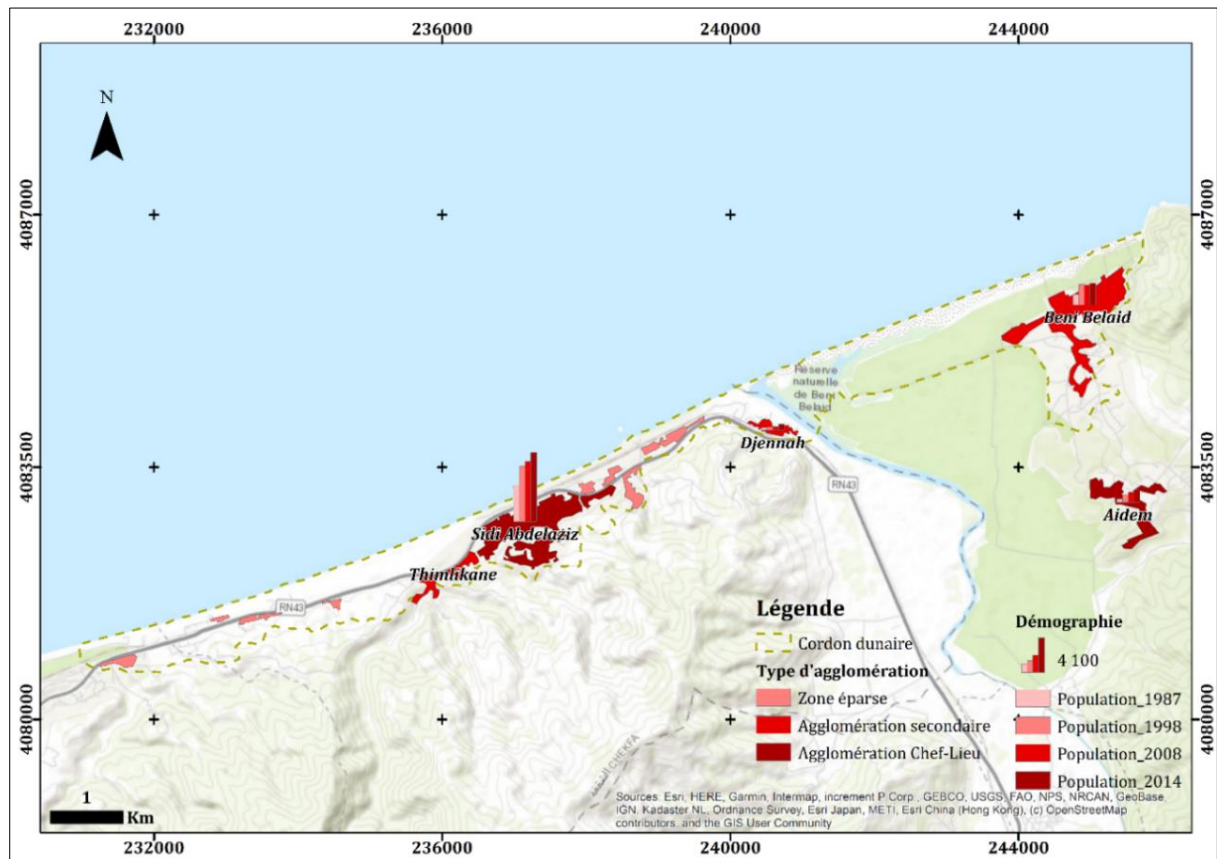


Figure 17 : Répartition de la dynamique démographique autour du cordon dunaire de Beni Belaïd et Sidi Abdelaziz.

### 1.2. Croissance démographique soutenue le long du cordon dunaire de Bousfer et Aïn el Turck

La zone côtière de Bousfer et de Aïn el Turck, où s'insère le cordon dunaire de Cap Falcon, accuse une croissance démographique importante. Au cours de la période entre 1998 et 2013, le nombre de la population a augmenté, de 26 251 à 41 110 habitants à Aïn el Turck, et de 11 061 à 21 980 habitants à Bousfer, soit un taux de croissance démographique de 3,03% et de 4,68%, respectivement. Cette dynamique démographique peut être expliquée, au-delà de l'accroissement naturel de la population et de la forte attractivité touristique, par deux facteurs particuliers. Le premier, étant d'ordre exogène, est lié à la proximité géographique de la ville d'Oran et la politique d'aménagement régionale visant son désengorgement et le redéploiement de sa population vers sa périphérie (Missoumi et *al.*, 2019; Messahel & Ghodbani, 2012). Le deuxième, est lié à l'installation des cadres militaires, assez nombreux dans cette région, avec leur famille après leur retraite, dans les secteurs urbains de Bousfer et d'Aïn el Turck.

Par ailleurs, le poids démographique est inégalement réparti autour du cordon dunaire de Bousfer et de Ain el Turck. La majeure partie de la population se concentre dans les agglomérations chef-lieu (Figure 18). En effet, les contraintes liées à la configuration physique de l'espace, à la servitude de la zone militaire et à la protection des terrains agricoles empêchent l'extension de l'urbanisation vers l'intérieur du cordon dunaire.

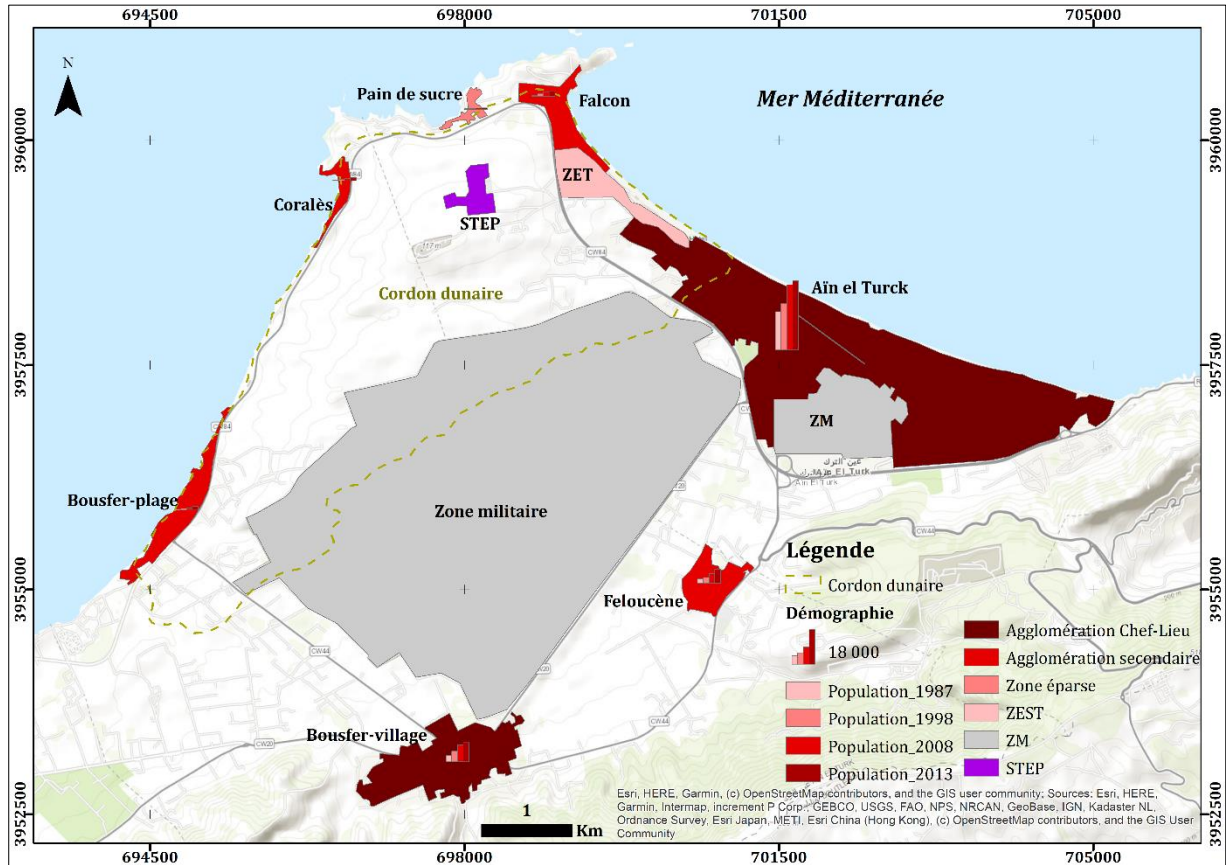


Figure 18 : Répartition de la dynamique démographique autour du cordon dunaire de Cap Falcon. (ZEST : Zone d'Expansion et Site Touristique, ZM : Zone Militaire, STEP : Station de Traitement et d'Épuration des eaux usées)

## 2. Potentialités socio-économiques : Un espace multi-usage

### 2.1. L'utilisation agricole des cordons dunaires côtiers

Le long du cordon dunaire de Beni Belaïd et Sidi Abdelaziz, l'agriculture n'est pas une activité récente. Elle est pratiquée depuis longtemps et représente la principale source de revenu de la population locale<sup>17</sup> (PATW-Jijel, 2013). En effet, ce cordon dunaire présente des caractéristiques agroécologiques importantes, favorisées par un climat subhumide, la disponibilité des ressources hydriques, de par sa position en aval de l'oued El Kebir, ainsi

<sup>17</sup> Environ 21,7% et 25,4%, au niveau des communes de Sidi Abdelaziz et de Kheiri Oued Adjoul respectivement, de la population active (occupée) qui travaille dans le secteur de l'agriculture, dépassant la moyenne de la wilaya 11,1%.

que la richesse du sol en matière organique. Ces derniers ont favorisé l'essor d'une activité agricole riche et variée. En raison de la richesse du sol de cette région et de son potentiel agroécologique important.

Les terrains agricoles couvrent une superficie totale (SAT) de 4 772 ha dont les surfaces utiles (SAU) occupent 2 687 ha (soit 56,3% du SAT) de la région. Les terrains cultivés (SAU) se concentrent, essentiellement, sur la plaine littorale du bas de l'oued El-Kebir et sur les cordons dunaires de Sidi Abdelaziz, Beni Belaid et El Djenah. L'activité agricole de cette zone se base sur le maraichage de plein champ et plus récemment de la plasticulture en plein croissance, dont la tomate et la fraise sont les variétés les plus cultivées (Figure 19).



**Figure 19** : *Activité agricole en plein essor au niveau de la zone côtière de Beni Belaid et de sa zone humide. a : Etalement des terrains agricoles sur le cordon dunaire ; b : Culture maraichère (Tomate) de plein champ ; c : Culture maraichère (Fraise) sous serres (Cliché : Auteur, 2018).*

A partir des années 2000, le Plan National de Développement Agricole (PNDA) a insufflé à cette région un regain de l'activité agricole, à travers des aides financières pour l'introduction de nouvelles techniques d'irrigation et de culture, notamment le système de goutte à goutte et de la plasticulture (culture sous serre, en tunnel, paillage, couverture de sol ...). En effet, le développement de l'activité agricole dans cette partie du littoral jijélien contribue à 14,2% de la production maraichère totale de la wilaya de Jijel (PATW-Jijel, 2013). Actuellement, la fraise est devenue le produit phare de la région, dont 39,4% est produite au niveau de la zone côtière comprise entre Sidi Abdelaziz et Beni Belaid<sup>18</sup> (D.S.A., 2018). Elle alimente principalement le marché des régions centrale et orientale du Nord algérien.

<sup>18</sup> Une parcelle de 5 ha de surface génère à son exploitant environ 3500 000 DA  $\approx$  27 000 \$ de revenus nets en culture maraichère, tandis qu'une parcelle de la même taille cultivée en fraise génère environ 4500 000 DA  $\approx$  35 000 \$.

Le long du cordon dunaire de Bousfer et Aïn el Turck, l'activité agricole est l'une des composantes principales du développement socio-économique. En effet, les terrains agricoles de cette dernière ont eu la réputation d'être fertiles, en dépit des contraintes environnementales (climat semi-aride, sol sablonneux, faible potentiel hydrique ...), grâce au succès de la viticulture pratiquée pendant la période coloniale jusqu'aux années soixante-dix (Semmoud & Ladhém, 2015). En effet, les exploitations viticoles, qui occupaient une grande partie de l'étendu du cordon dunaire, avaient montré une adaptation remarquable aux conditions naturelles locales (Bouziane-Bensafir, 1985).

Actuellement, le territoire des deux communes de Bousfer et Aïn el Turck englobe des terrains agricoles qui couvrent une superficie totale (SAT) de 2 595 ha (soit 1 433 ha à Aïn el Turck et 1 162 ha à Bousfer). En revanche, les surfaces utiles (SAU) couvrent 1 809 ha (soit environ 70% du SAT de la région), dont 995 ha à Bousfer et 814 à Aïn el Turck. En effet, les terrains cultivés (SAU) se concentrent, essentiellement, au niveau de la plaine littorale de Bousfer et Aïn el Turck sous forme de grande exploitation, et puis des exploitations de petite tailles (moins de 4 ha) sont éparpillées sur le cordon dunaire de Bousfer et Aïn el Turck. L'activité agricole de cette zone se base sur l'arboriculture (42,6%) et le maraîchage (8,1%), notamment les primeurs de plein champ, ainsi que la viticulture (11,1%) et le fourrage (4,6%) (P.A.T.W-Oran, 2014).

## *2.2. L'essor de l'activité touristique le long des cordons dunaires étudiés : un espace de plus en plus convoité*

La wilaya de Jijel recèle une diversité de paysages naturels, qui lui confère des potentialités touristiques importantes, notamment la partie orientale de la baie de Jijel, où se situe le cordon dunaire de Beni Belaïd et Sidi Abdelaziz. Elle constitue l'une des zones les plus fréquentées pendant l'été. Les services de la protection civil de la wilaya de Jijel ont recensé plus de 1,6 million d'estivants (visiteur-baigneurs) par an, depuis l'année 2010, qui fréquentent les plages de Sidi Abdelaziz et de Beni Belaid. Le flux des estivants, qui se concentre essentiellement durant la saison estivale, prend ses origines des wilayas voisines et de l'intérieur : Mila, Constantine, Oum Bouagui, Oued Souf, etc (SDATW-Jijel, 2012).

En revanche, le littoral dunaire de Beni Belaïd et Sidi Abdelaziz abrite deux Zones d'Expansion Touristique (ZET)<sup>19</sup>, identifiées par le Ministère chargé du tourisme depuis 1988. Elles sont prévues par le Schéma Directeur d'Aménagement Touristique de la wilaya

---

<sup>19</sup> Décret n° 88-232 du 5 novembre 1988 portant déclaration des zones d'expansion touristique (JORA, 1988).

de Jijel (SDAT), dont l'objectif est de freiner le développement anarchique des activités touristiques le long du littoral et de mettre en place un cadre juridique qui permet une valorisation rationnelle et durable de cet espace convoité.

Jusqu'à présent, le tourisme balnéaire de masse est la forme dominante de l'activité touristique de cette région. Durant la saison estivale, cette activité contribue à la création de l'emploi temporaire, permettant ainsi d'assurer des revenus supplémentaires aux populations locales. Elle permet, aussi, d'animer les autres activités économiques comme le transport, la restauration, le commerce et la location immobilière de courtes durées chez les particuliers (habitants locaux). En revanche, nous relevons une faible capacité d'accueil en infrastructures hôtelières des deux communes littorales de Sidi Abdelaziz et de Kheiri Oued Adjoul, avec seulement 03 hôtels dont la capacité d'hébergement totale se limite à 250 lits (PATW-Jijel, 2013). En prévision de ce manque en capacité d'accueil, les autorités locales ont prévu l'ouverture de plusieurs colonies de vacances estivale et l'aménagement de trois sites de Bungalows (SDATW-Jijel, 2012).

La zone côtière de Bousfer et Aïn el Turck recèle un potentiel touristique important. Le tourisme est une activité ancienne de cette zone côtière. En effet, la station balnéaire d'Aïn el Turck, qui fut installée depuis l'année 1913, est l'une des plus anciennes de l'Algérie. À cette époque, elle s'est dotée déjà des résidences balnéaires et de plusieurs établissements touristiques<sup>20</sup> : 3 hôtels, 2 casinos, restaurants, établissements de spectacles, résidences de villégiature, etc.

À partir de l'année 1988, une partie de la zone côtière de Bousfer et Aïn el Turck a été classée comme zone d'expansion touristique (ZET), dite ZET de Cap Falcon, afin de promouvoir une valorisation rationnelle et durable des espaces à fortes potentialités touristiques. Le périmètre de la ZET de Cap Falcon est ainsi délimité sur une superficie de 335 ha, s'étendant de la Bretonne jusqu'à Bousfer-plage sur une profondeur de 150 à 300 m. La ZET de Cap Falcon a été identifiée comme zone d'investissement prioritaire ; elle a reçu, au cours des deux dernières décennies, plusieurs établissements touristiques hôteliers<sup>21</sup> et d'hébergement (Tableau 3), dans la perspective d'augmenter la capacité d'hébergement à 16 000 touristes/jour (S.D.A.T.W-Oran, 2015).

---

<sup>20</sup> Source : archive de la commune de Aïn el Turck, Source électronique : <http://www.ainelurck.fr/index.html>

<sup>21</sup> Les établissements hôteliers sont classés en cinq catégories à ordre décroissant, selon le décret exécutif n° 19-158 (2019), définissant les établissements hôteliers et fixant les conditions et les modalités de leur exploitation, de leur classement et d'agrément de leur gérant.

**Tableau 3** : Infrastructures touristiques et capacité d'accueil au niveau des communes de Bousfer et Aïn el Turck (Source : *D.T.A. Oran, 2018*)

		Bousfer	Aïn el Turck	Capacité d'hébergement
Hôtel	Classé	0	4	240
	Non-classé	4	38	3 026
Bungalow		0	192	768
Auberge		0	1	128
Total		4	235	4 162

En revanche, cette zone côtière attire chaque année une masse importante de visiteurs-baigneurs (estivants) durant la saison estivale, qui dépassent largement sa capacité d'accueil. Elle constitue l'une des destinations touristiques les plus convoitées avec environ neuf millions visiteurs lors des deux saisons estivales de 2013 et 2014, soit environ 64% du nombre des estivants qui fréquentent la wilaya d'Oran. Le tourisme balnéaire est devenu la composante économique principale de la zone côtière de Bousfer et Aïn el Turck. Cette activité génère des revenus supplémentaires à la population locale, notamment par la location partielle ou intégrale des maisons, ainsi que la création de l'emploi dans l'exploitation touristique et récréative des plages et l'animation des activités économiques comme la restauration, les commerces et le transport.

### *2.3. Prélèvement de sable dunaire : Une exploitation minière de plus en plus intense*

#### *2.3.1. Extraction du sable le long du cordon dunaire de Beni Belaïd et Sidi Abdelaziz*

Les dunes côtières de Sidi Abdelaziz et Beni Belaïd, qui sont des constructions sableuses éoliennes, constituent un stock important de matériaux sédimentaires. Auparavant, les populations locales avaient pour usage du sable dunaire, riche en calcaire, l'amendement des terrains agricoles trop acides et alléger les terrains agricoles trop lourds, situés au niveau de la plaine littoral de l'oued El Kebir. Par ailleurs, la population de Sidi Abdelaziz et Beni Belaïd, a aussi utilisé le sable des cordons dunaires dans la construction de bâtiments. Ces usages sont certes dommageables pour les dunes côtières de cette région, mais leurs impacts étaient ponctuels et limités, d'autant plus que les moyens de prélèvement du sable étaient traditionnels et manuels.

Ensuite, le rythme d'extraction du sable est de plus en plus soutenu, notamment avec la mécanisation des techniques de prélèvement du sable et la demande croissante pour l'extension et le développement des villes adjacentes. En effet, plusieurs sablières ont été

ouvertes le long du cordon dunaire de Sidi Abdelaziz et Beni Belaïd. D'après les archives de la direction des domaines de la wilaya de Jijel, nous avons pu identifier les sites de prélèvement des matériaux sablonneux, soit cinq 05 sablières, qui se répartissent sur le littoral oriental de la baie de Jijel (Figure 20). On note l'existence de deux sites de prélèvement de sable à Beni Belaïd fonctionnant depuis 1989 jusqu'à 2002, un à El Djenah pour les deux années 1975 et 1997 et finalement à Sidi Abdelaziz on trouve deux sites qui date de 1983 jusqu'à 2011.

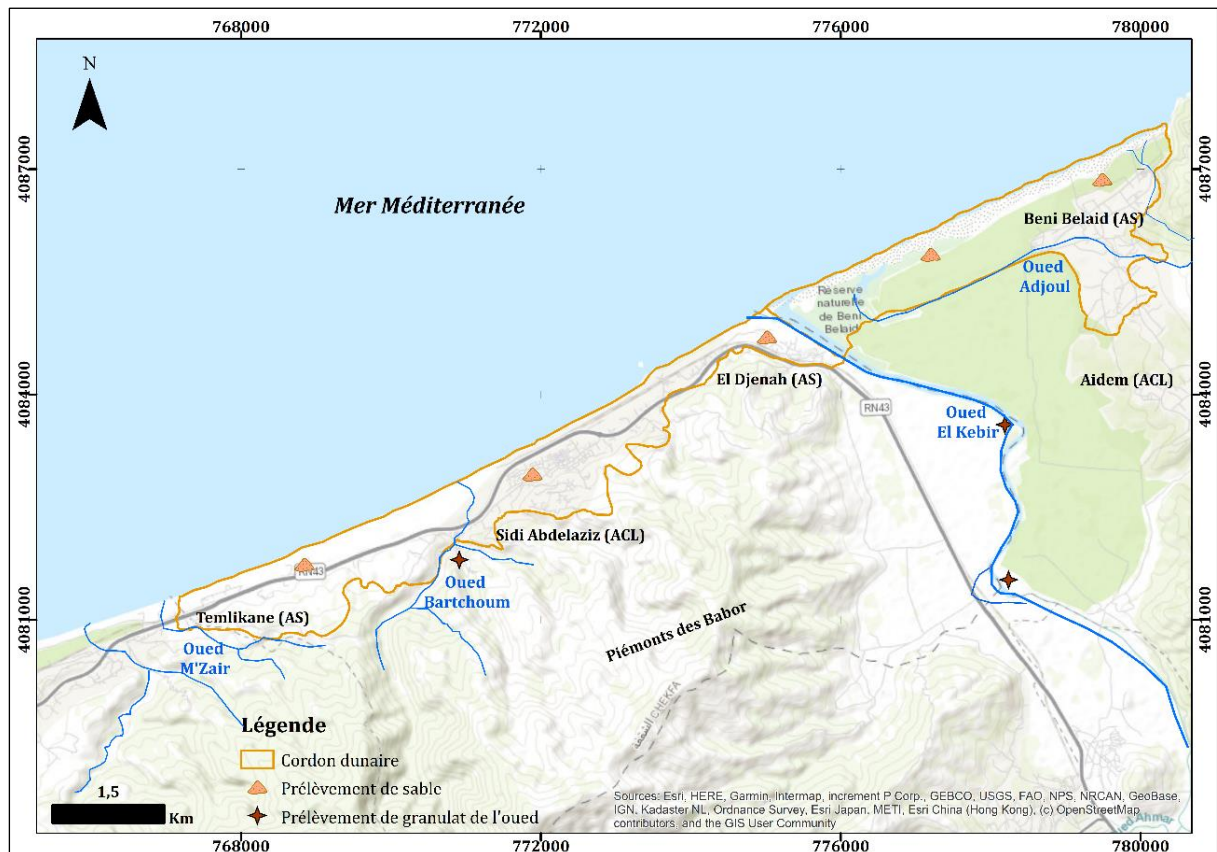


Figure 20 : Carte de répartition des sablières le long du cordon dunaire côtier de Sidi Abdelaziz et Beni Belaïd.

La collecte de données relatives aux quantités de sables extraits pour chacune des sablières n'était pas facile. En effet, ces données se trouvent éparpillées dans divers services administratifs et sont parfois manquantes. Même quand elles sont disponibles, il était difficile de trouver au niveau de la division maritime de la Direction des Travaux Publics (DTP) ou la direction des domaines de la wilaya de Jijel, une série complète de données statistiques<sup>22</sup> indiquant les volumes extraits de sable sur toute la période de l'exploitation.

<sup>22</sup> Ces informations obtenues par les promoteurs miniers au niveau de la direction des domaines et le trésor public de la wilaya de Jijel, sont indiquées dans les cahiers des charges selon les dispositions de la loi minière.

Afin de surmonter cette contrainte technique, nous avons estimé théoriquement le volume extrait à partir de la période de l'exploitation<sup>23</sup>. En effet, on considère que la vitesse de rechargement, exécutée par un godet (ou pelle) d'une pelleteuse, est de 20 m<sup>3</sup>/heure. L'exploitation journalière sera de 160 m<sup>3</sup>/jour, pour 08 heures de travail/jour, et donc une exploitation mensuelle par pelleteuse est de 3520 m<sup>3</sup>/mois, pour 22 jours de travail/mois.

La quantité totale de sables prélevés, le long du cordon dunaire de Sidi Abdelaziz et Beni Belaid et des plages associées, est d'environ 785 000 m<sup>3</sup> durant la période entre 1975-2011 (Tableau 4). On note que la durée maximale de l'exploitation accordée aux promoteurs miniers ne dépasse pas 6 mois par ans, en évitant la saison estivale de l'année. Le sable prélevé des dunes et des plages associées, ayant un diamètre de 20 µm à 2 mm, est incorporé au mortier, afin de servir pour la construction de bâtiments.

**Tableau 4** : Volume de sables prélevés le long du cordon dunaire de Sidi Abdelaziz et Beni Belaid de 1975 à 2011. (Source : Subdivision maritime de la DTP-Jijel, 2018)

Secteur	Sidi Abdelaziz (m <sup>3</sup> )	El Djenah (m <sup>3</sup> )	Beni Belaid (m <sup>3</sup> )
Période	1983 - 2011	1975 - 1997	1989 - 2002
Durée (ans)	28	22	13
Quantité de sable (m <sup>3</sup> )	404 543	100 000	279 837
Rythme annuel (m <sup>3</sup> /an)	14 448	4 545	21 525
(1975 – 2011) Prélèvement total (m <sup>3</sup> )	784 380		

L'extraction des sédiments touche aussi les oueds des bassins versant limitrophes, pour leurs granulats, plus précisément au niveau de l'oued El Kebir et oued Bartchoum. Selon les données disponibles, cette activité maintient un rythme soutenu, d'environ 58 806,6 m<sup>3</sup>/an, sur les vingt dernières années (1996 - 2018). Ils sont généralement utilisés dans les travaux de construction des routes et des voies de communication.

### 2.3.2. Extraction du sable du cordon dunaire de Bousfer et Aïn el Turck

Les dunes côtières de Bousfer et Aïn el Turck constituent un stock important de matériaux sédimentaires, s'étendant sur une superficie de 1581 ha. Les usagers de cet espace, dont les agriculteurs, ont été amenés à décaper des dunes entières pour atténuer la topographie du site et faire étendre leurs exploitations. Le sable prélevé était utilisé dans la construction des bâtiments et parfois dans l'amendement des terrains agricoles trop lourds, situés au niveau

<sup>23</sup> Cette estimation ne prend pas en compte les opérations informelles de prélèvement de sable, hors horaire légale de travail, qui échappent au contrôle des services administratifs compétents. Mais aussi les actions de prélèvement illicite qui sont pratiquées souvent durant la nuit et les week-ends, notamment par les riverains.

de la plaine littorale de Bousfer. Certains agriculteurs prélevaient la couche superficielle du sol dunaire, y compris la végétation et les racines, pour ensuite enrichir en humus leurs terrains agricoles.

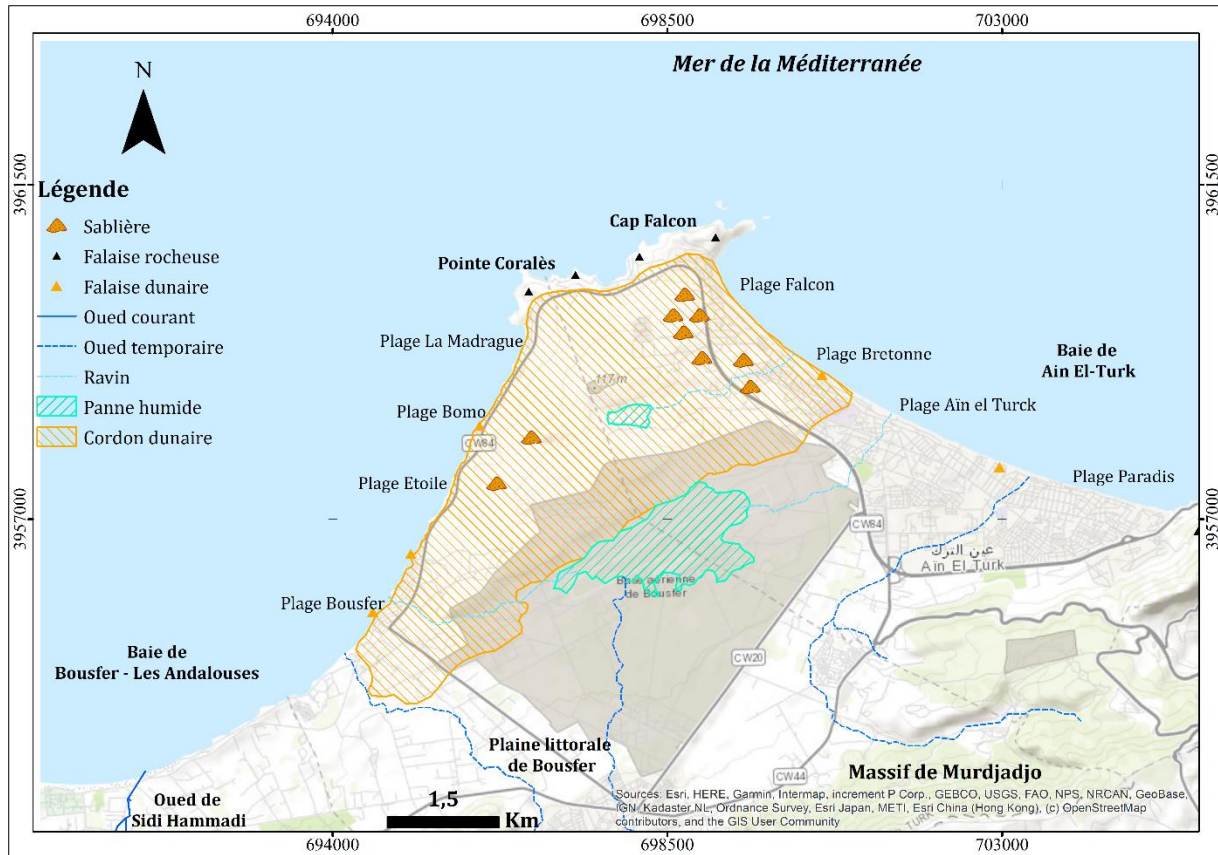


Figure 21 : Carte de répartition des sablières sur le cordon dunaire côtier de Bousfer et Ain el Turck.

Ces pratiques de prélèvement de sable mettent en danger l'équilibre écologique du cordon dunaire de Bousfer et Ain el Turck. Malheureusement, elles se sont intensifiées au cours de ces dernières décennies, en raison de la mécanisation des moyens d'extraction de sable et du besoin avéré de sable pour construction et le développement des villes côtières adjacentes. En effet, nous avons pu identifier l'ouverture de (09) neuf sablières au niveau du cordon dunaire de Bousfer et Ain el Turck, durant la période de 1985 à 2019<sup>24</sup> (Figure 21). Sept sablières ont été ouvertes au niveau de la partie orientale du cordon dunaire, le long de l'arrière-dune de la Bretonne jusqu'à Falcon, durant la période de 1985 jusqu'à 2010. Elles sont de taille relativement moyenne (de 4 à 5 ha), dont le rythme d'extraction est de 55 000 à 100 000 m<sup>3</sup>/an. Plus récemment (depuis 2015), deux sablières ont été ouvertes au niveau de la partie occidentale du cordon dunaire, le long de l'arrière-dune de l'Etoile-plage et

<sup>24</sup> Les données obtenues sur l'exploitation de sable au niveau du cordon dunaire de Bousfer et Ain el Turck, proviennent du dépouillement des archives de la subdivision maritime de la direction des travaux publics (D.T.P.) de la wilaya d'Oran et de la commune de Ain el Turck.

Bomou-plage. Elles sont de tailles plus grandes que les anciennes sablières (de 6 et 12 ha), avec un rythme d'extraction soutenu, allant de 130 000 jusqu'à 220 000 m<sup>3</sup>/an.

## **Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons mis en évidence les caractéristiques socio-économiques des cordons dunaires étudiés, leur attractivité et la multiplicité leur usage. En effet, les cordons dunaires côtiers étudiés, qui sont des paysages naturels remarquables, constituent ainsi une source d'attractivité pour les populations et les activités humaines. En effet, les deux sites affichent une concentration de la population par rapport à l'arrière-pays, mais l'évolution démographique est différenciée. On enregistre une croissance démographique soutenue au niveau de Bousfer et Aïn el Turck, inversement à une stabilité relative de l'évolution démographique au niveau de Sidi Abdelaziz et Beni Belaïd.

Par ailleurs, les cordons dunaires étudiés recèlent des potentialités socio-économiques importantes, axées notamment sur l'agriculture et le tourisme. Au niveau de la zone de Sidi Abdelaziz et Beni Belaïd, l'activité agricole est en plein essor, avec une production importante notamment en produits maraîchers et la fraise. L'activité agricole est la principale source de revenus de la population locale. Récemment, le tourisme balnéaire a commencé à prendre un essor important, mais en l'absence d'une infrastructure d'accueil et des établissements touristiques dédiés, le tourisme de masse reste la composante dominante de cette activité. En revanche, au niveau de Bousfer et Aïn el Turck le tourisme balnéaire est activité ancienne. En effet, il fut installé en 1913 à Aïn el Turck comme l'une des premières stations balnéaires en Algérie. Dès lors, elle constitue l'une des destinations touristiques les plus convoitées et le tourisme estival est ainsi devenu la composante économique principale de cette région. Actuellement, cette zone se distingue aussi par sa capacité d'accueil touristique de 4 162 visiteurs/jour, qui dépasse largement la capacité d'accueil de la zone de Sidi Abdelaziz et Beni Belaïd.

Enfin, les interventions d'extraction des matériaux sédimentaires intensives, au niveau des dunes et des plages associées, favorisent la destruction de la végétation dunaire, la perturbation de l'équilibre écologique et du bilan sédimentaire ainsi que l'érosion côtière le long de la zone côtière de Sidi Abdelaziz et Beni Belaïd.

## Conclusion de la première partie

Dans cette partie nous avons pu constater le rôle primordial que peuvent jouer les cordons dunaires dans le fonctionnement du système littoral. En effet, les connaissances actuelles mettent en évidence la valeur des fonctions écologiques et des multiples services écosystémiques fournis par les cordons dunaires côtiers.

De nombreux travaux réalisés sur les systèmes dunaires ont mis en évidence la complexité de ces milieux fragiles et de plus en plus convoités. Ils mettent l'action de l'Homme au centre de toutes les modifications affectant les équilibres naturels et incitent à la mise en place de procédés participatifs et territoriaux afin d'assurer une préservation durable de leur équilibre naturel. Notre démarche dans cette thèse se base sur l'analyse des relations entre l'Homme et l'Environnement. Nous considérons ainsi les cordons dunaires côtiers comme des éco-socio-systèmes complexes (J. P. Corlay, 1995), dont leur évaluation requiert une vision holistique, basée sur une approche systémique (Hopkins et *al.*, 2011), qui traite les relations complexes d'une manière pluridisciplinaire. Notre contribution à la connaissance par rapport à la production scientifique en Algérie est originale car nous considérons que notre thèse est le premier travail qui est dédié au système dunaire côtier dans notre domaine.

L'analyse des facteurs climatiques, physiques et écologiques et leurs interactions, nous a permis d'appréhender la complexité des processus naturels côtiers dans la formation et le fonctionnement des cordons dunaires étudiés. Ces derniers, de par leur situation dans deux contextes géographiques et climatiques différents, affichent plusieurs points de convergence et de divergence. En effet, la zone côtière de Sidi Abdelaziz et Beni Belaïd, qui évolue dans un contexte climatique humide, est façonnée par de larges plages rectilignes et des cordons dunaires longitudinaux, issues de l'altération des formations géologiques, qui affleurent dans l'arrière-pays du littoral, ainsi transportés par l'oued El Kebir. En revanche, la zone côtière de Bousfer et Aïn el Turck, qui évolue dans un contexte climatique semi-aride, est dominée par des bassins hydrographiques endoréiques, dont le cordon dunaire est paradoxalement plus développé (120m d'altitude). Néanmoins, ses plages associées sont minces et souvent interrompues par des falaises dunaires grésifiées, qui suppose une susceptibilité avérée à l'érosion côtière.

Par ailleurs, l'évaluation du capital naturel montre un niveau de biodiversité floristique élevé dans les deux cordons dunaires étudiés. Cependant, nous avons constaté que l'habitat naturel spécifiques, dont les deux cas sont soumis à des contraintes écologiques très particulières, que seules les espèces très spécialisées peuvent s'y accommoder, tels que les halophiles (*Salsola kali* et *Cakile maritima*) au niveau de l'avant-dune la plus exposée aux vagues et

les psammophiles (*Ammophila arenaria*) au niveau de la dune blanche à forte mobilité du sable sous l'action du vent.

En revanche, l'analyse des caractéristiques socio-économiques ont montré la multiplicité de l'usage de ces milieux fragiles. Depuis ces dernières décennies, ils sont devenus des espaces multifonctionnels, mais en même temps très convoités par les populations et les activités humaines, dont la plupart est incompatible avec leur vocation naturelle.

---

*DEUXIEME PARTIE : DYNAMIQUE LITTORALE ET TENDANCES EVOLUTIVES  
DES CORDONS DUNAIRES ETUDIES*

---

## Introduction de la deuxième partie

Les cordons dunaires côtiers sont des espaces extrêmement complexes dont le fonctionnement et l'évolution sont conditionnés par de multiples facteurs physiques, écologiques et anthropiques, qui s'interagissent à différentes échelles spatio-temporelles.

Ils constituent un capital naturel important, abritant des habitats écologiques fonctionnels particulièrement riches en biodiversité. Ils constituent également des écosystèmes fragiles face aux diverses interventions humaines. Ces derniers conduisent souvent à des modifications et/ou dégradations d'ordres morphologiques et écologiques du cordon dunaire. La dégradation des cordons dunaires côtiers pourrait rompre leur équilibre écologique et hypothéquer la durabilité de leurs services écosystémiques. En effet, la perte de leurs services écosystémiques ne peuvent être récupérés que des programmes de restauration très coûteux (M. L. Martínez, Gallego-Fernández, et al., 2013; Ley de la Vega et al., 2012; Nordstrom, 2008).

Dans cette partie, composée de trois chapitres, nous allons essayer d'évaluer l'état de conservation des cordons dunaires côtiers et de leur vulnérabilité face aux pressions anthropiques. L'analyse spatio-temporelle basée sur une cartographie diachronique a été privilégiée dans l'objectif de caractériser les tendances évolutives des cordons dunaires étudiés. Deux niveaux d'analyse ont été retenus ; le premier concerne l'analyse de la dynamique spatiale des formations dunaires et de l'occupation du sol et le second est relatif à l'analyse de la dynamique morphologique du système plage – dune.

---

*Chapitre IV : Méthodologie de suivi spatio-temporelle de l'évolution des cordons  
dunaires côtiers basée sur les systèmes d'information géographique (SIG)*

---

## Introduction

La recherche sur les écosystèmes dunaires côtiers, visant à appréhender leur évolution spatio-temporelle, peut être menée sur le terrain et/ou en laboratoire. En effet, il existe de nombreuses méthodes et techniques de collecte, de traitement et d'analyse de données, qui peuvent être utilisés. Les méthodes conventionnelles de mesures *in situ* sont les meilleures si l'on collecte des données sur des changements qui se produisent sur une courte échelle de temps. Elles jouent certainement un rôle important dans la production de cartes sur la dynamique de la végétation dunaire, des habitats écologiques et de l'occupation du sol. Néanmoins, elles nécessitent beaucoup de temps et de ressources en main-d'œuvre et donc coûteuses, en particulier dans le contexte des programmes de surveillance à long terme (Shanmugam & Barnsley, 2002).

Depuis le milieu du vingtième siècle, la photographie aérienne a été utilisée comme moyen de surveillance des processus côtiers (Bartlett & Smith, 2004). Les méthodes de géomatique (système d'information géographique et télédétection) se sont développées rapidement grâce à la disponibilité d'images provenant de satellites de surveillance de la Terre (Jensen, 2014). La nature quantitative des données de télédétection à large spectre permet d'indiquer clairement les changements qui se produisent dans l'écosystème plage-dune (Hapke et al., 2013; Saye et al., 2005; Furmańczyk & Kawińska, 1995).

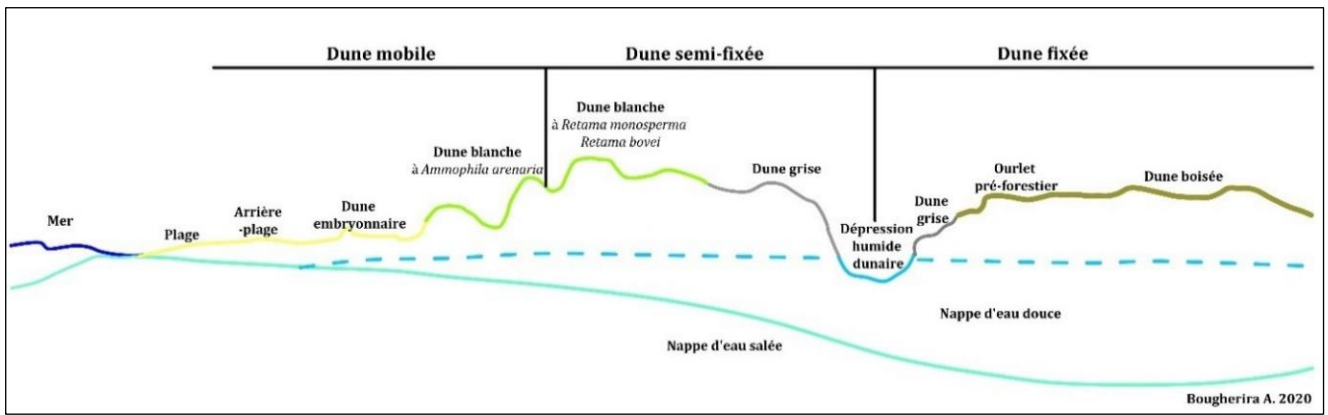
De nos jours, les questions relatives aux dunes côtières peuvent être résolues au moyen d'une analyse géospatiale utilisant des logiciels de géomatiques et des bases de données du Système d'Information Géographique (SIG) (Łabuz, 2015). Ces méthodes fournissent une grande quantité d'informations sur les changements de topographie des dunes, l'occupation du sol et la couverture végétale. Chaque méthode a ses propres limites et, par conséquent, sont utilisées à des fins différentes dans les études de l'évolution des dunes côtières.

L'objectif de ce chapitre est de mettre en place une méthodologie de surveillance et d'évaluation de l'état de conservation du cordon dunaire côtier et de ses écosystèmes associés, basée sur l'utilisation des systèmes d'information géographique. Elle vise à suivre l'évolution spatio-temporelle des formations dunaires et de l'occupation du sol, afin d'évaluer à la fois l'état de conservation et le niveau d'artificialisation du cordon dunaire. Elle vise également à mesurer les changements morphologiques du système plage-dune subis au niveau du trait de côte et, dans la mesure du possible, au niveau de la topographie dunaire quand les données le permettent, afin d'évaluer les conséquences de la dégradation du cordon dunaire côtier sur la dynamique littorale.

## 1. Délimitation spatiale des zones homogènes à l'intérieur des cordons dunaires

Comme nous l'avons présenté dans la première partie de la thèse, les littoraux à cordon dunaire sont soumis à des contraintes écologiques particulières, comme l'humidité, la salinité, le vent, l'hydrodynamisme côtier et la mobilité du substrat. Les interactions entre ces facteurs permettent la mise en place d'une zonation d'habitats dunaires disposés parallèlement au trait de côte (Gouguet, 2018; Doody, 2013c; Ley de la Vega et *al.*, 2012; Favennec, 2002; Arens et *al.*, 2001). Il en résulte ainsi une distribution spatiale d'une végétation psammophile spécialisée. Celle-ci joue un rôle important dans la dynamique morpho-sédimentaire du système plage-dune et le maintien de l'équilibre écologique des écosystèmes dunaires. De ce fait, il convient de retenir comme indicateur de suivi des formations dunaires la mobilité du sable dunaire, en raison du lien très fort entre la répartition des habitats dunaires et la mobilité du sable. Selon ce critère de la mobilité du substrat, nous pouvons regrouper les habitats dunaires en trois classes de formations dunaires distinctes (Figure 22), à savoir :

- **Dune mobile** : Elle regroupe les habitats dunaires à faible recouvrement végétal (0 – 25 %), représentant les premiers stades de formation des dunes. Cette formation dunaire englobe le haut de plages, les dunes embryonnaires et une partie des dunes blanches, où s'installent les groupements pionniers à *Agropyron junceum*, *Elymus farctus* (Chiendent des dunes) et *Ammophila arenaria* (Oyat).
- **Dune semi-fixée** : Elle se développe à l'abri du cordon de dune mobile et marque la transition avec le cordon de dune fixée. Elle regroupe les habitats dunaires dont le recouvrement végétal est plus ou moins élevé (25 – 75 %). En effet, plus le taux de recouvrement végétal augmente, plus on rencontre des formations végétales ligneuses, comme les dunes à *Retama bovei*, et d'autre part, herbacées (dunes grises) en contact directe avec les dépressions humides inter-dunaires. Ces habitats dunaires marquent souvent la limite avec le cordon de dune fixée.
- **Dune fixée** : regroupe les habitats dunaires à fort recouvrement végétal (> 75 %), représentant le dernier stade évolutif des formations dunaire. Elle abrite des dépressions humides inter-dunaires, des dunes grise, des ourlets pré-forestiers et des dunes boisées aux Genévriers, Tamaris et Lentisques.



**Figure 22 :** Schéma de la zonation de la végétation du système dunaire en fonction de la mobilité du substrat. Adapté de Gouguet, (2018) ; Ley de la Vega et al., (2012) ; Arens et al., (2001).

Par ailleurs, la dynamique des littoraux à cordon dunaire évolue dans un contexte de solidarité fonctionnelle particulière, dépendant principalement des échanges sédimentaires entre les deux maillons du système plage – dune. Il convient donc de prendre en considération les limites de la cellule sédimentaire<sup>25</sup> afin de délimiter le périmètre de la zone d'étude et d'appréhender la dynamique littorale.

Dans ce cadre, nous avons délimité les milieux dunaires selon des critères géomorphologiques. Sur la base des cartes géologique obtenue, nous avons pu distinguer deux ensembles de formation géologique, qui permettent de délimiter les systèmes dunaires étudiés, à savoir les dunes actuelles meubles et les dunes anciennes consolidées. Sur le littoral oriental de la baie de Jijel, le cordon dunaire s'étale, selon nos mesures, sur une superficie d'environ 1327,4 ha. Il est découpé en deux unités séparées par l'embouchure de l'oued El Kebir. De l'est vers l'ouest s'étend le cordon dunaire de Beni Belaid et celui de Sidi Abdelaziz sur environ 600 ha et 727 ha, respectivement (Figure 23). En revanche, le cordon dunaire de Bousfer et Ain el Turck, dit de « Cap Falcon », est délimité en une seule unité morphologique, s'étendant sur environ 1642,6 ha (Figure 24).

<sup>25</sup> Une cellule sédimentaire côtière représente un système naturel ouvert à bilan sédimentaire équilibré. Elle peut être délimitée le long du trait de côte par les caps et/ou les embouchures et du côté terre par les dunes bordières en interaction avec la plage.

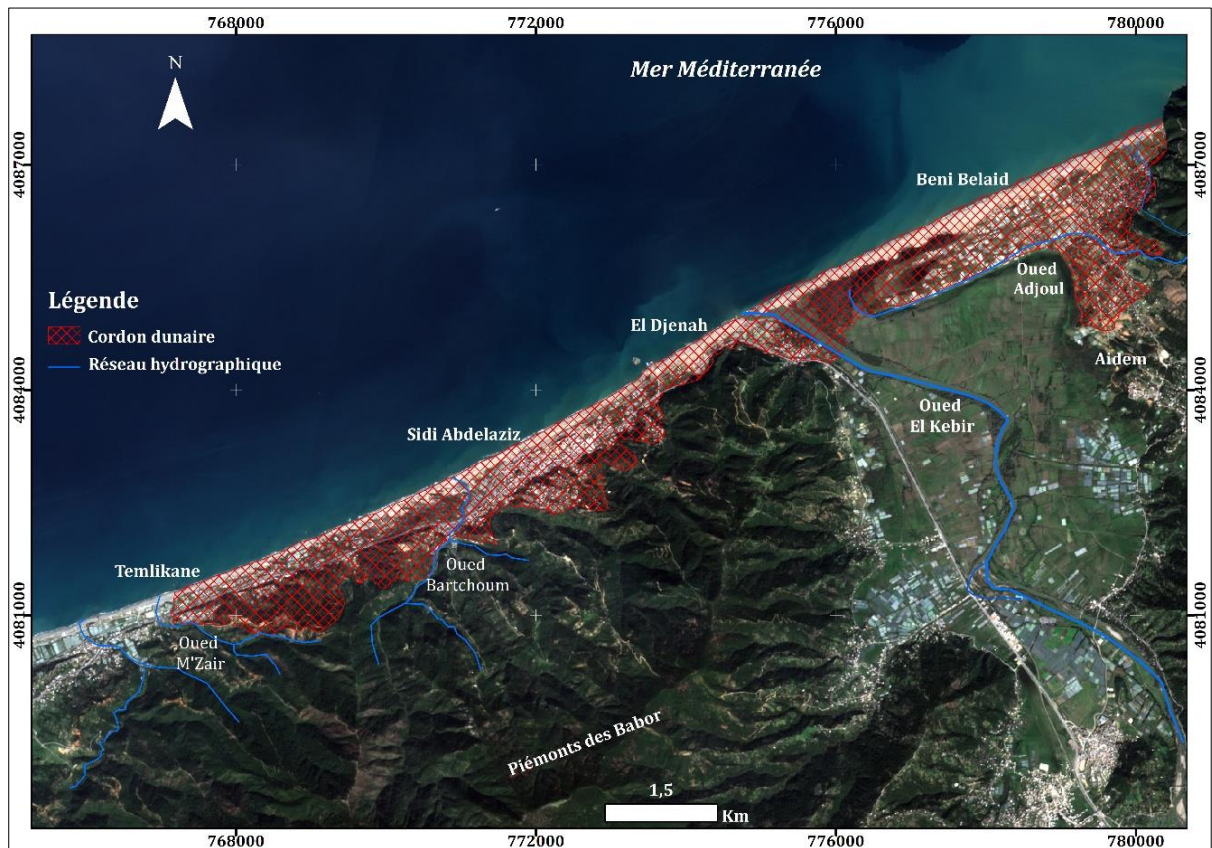


Figure 23 : Unités paysagères et délimitation du cordon dunaire de Sidi Abdelaziz et Beni Belaid.

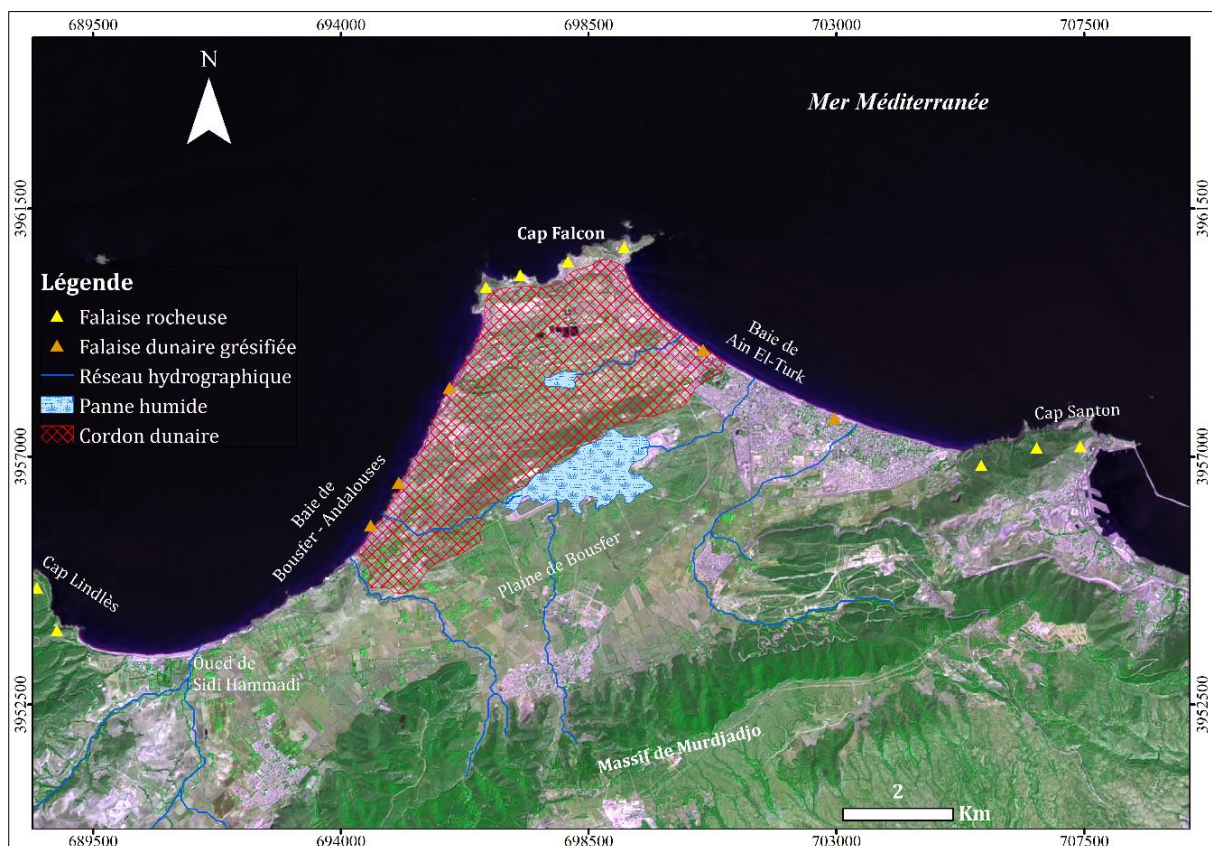


Figure 24 : Unités paysagères et délimitation du système dunaire de la côte sableuse de Cap Falcon. (Source : Sentinel 2A – Avril 2018)

## 2. Objectifs et démarche méthodologique : Une approche diachronique basé sur les systèmes d'information géographique (SIG)

La démarche proposée, dans cette partie de la thèse, est basée sur le principe d'intégration spatiale et environnementale relatif à la gestion intégrée des zones côtières (GIZC), axée sur la notion de la multifonctionnalité des littoraux à cordon dunaire. Dans ce cadre, nous avons mis en place une démarche méthodologique basée sur les systèmes d'information géographique (SIG), afin de suivre la dynamique littorale des cordons dunaires étudiées et de leurs plages associées et d'appréhender leur état de conservation.

La démarche méthodologique, que nous avons mis en œuvre, combine trois méthodes complémentaires de suivi spatio-temporel de l'évolution du cordons dunaires. La première porte sur la dynamique spatiale des formations dunaires et de leur occupation par les activités humaines, la deuxième sur la dynamique morphologique du système plage – dune et du trait de côte et la troisième sur l'évolution de la dynamique volumétrique du bilan sédimentaire de l'ensemble du cordon dunaire côtier. La combinaison de ces trois méthodes permet de mettre en évidence les relations de causalités entre les dynamiques de l'occupation du sol et des formations dunaires, d'une part, et la dynamique du trait de côte et le bilan sédimentaire du cordon dunaire, d'autre part.

Pour ce faire, l'approche diachronique a été privilégiée, puisqu'elle permet de caractériser les tendances évolutives des cordons dunaires étudiés. Par ailleurs, des investigations *in situ* ont été effectuées, afin de calibrer et valider les résultats obtenus en fonction des relevés sur terrain.

### *2.1. Méthode de caractérisation de l'évolution des formations dunaires et de leur occupation par les activités humaines*

L'analyse de l'évolution des formations dunaires (Dune mobile, semi-fixée et fixée) et les changements de l'occupation du sol représente un bon indicateur pour l'évaluation de l'état de conservation des cordons dunaires côtiers. Cette démarche permet, d'une part, de réaliser une analyse spatiale quantitative sur les changements apparus sur le cordon dunaire, et d'autre part, de caractériser la nature des pressions qui s'exercent sur les écosystèmes dunaires, ainsi d'évaluer leur capacité de résilience<sup>26</sup>.

---

<sup>26</sup> Nous retenons ici la définition du glossaire Géoconfluences : « ... l'aptitude d'un écosystème à se reconstituer à la suite d'une perturbation ... », qui sera entendu par : « la capacité de l'écosystème dunaire à se régénérer ou à revenir à son état initial, après avoir subi des pressions conduisant à sa dégradation ».

Nous distinguons plusieurs méthodes d'analyse cartographique de l'évolution des formations dunaires (Dune mobile, semi-fixée et fixée) et les changements de l'occupation du sol, notamment celles basées sur les techniques conventionnelles de levés *in situ*. Celle-ci joue certainement un rôle important dans la production de telles cartes, mais elles sont longues, exigeantes en main-d'œuvre et donc coûteuses, notamment lorsqu'il s'agit d'une analyse sur une longue période (Shanmugam & Barnsley, 2002). C'est pourquoi l'attention se porte de plus en plus sur l'utilisation des données provenant des imageries aériennes et satellitaires, combinées aux capacités d'analyse spatiale que les systèmes d'information géographique (SIG) offrent aux utilisateurs (Sciandrello et *al.*, 2015; Feagin, 2013; Stevens & Collins, 2011; Oropeza-Orozco et *al.*, 2011b; Debaine et *al.*, 2007; Shanmugam & Barnsley, 2002).

Dans ce cadre, nous avons mis en place une méthode de travail basé sur l'approche diachronique et l'utilisation des outils SIG, afin de caractériser l'évolution des formations dunaires et leur occupation par les activités humaines. Le processus du traitement et de l'analyse des données, qui s'articule autour de cinq étapes principales, est schématisé dans la Figure 25. Les deux premières étapes : acquisition des données et prétraitement, vont être appliquées également pour la caractérisation de l'évolution du trait de côte (*Cf. Section 2.2 du même chapitre 3*).

#### *2.1.1. Acquisition des données de base*

Le suivi par la cartographie des formations dunaires, de l'occupation et utilisation des dunes côtières a nécessité l'acquisition d'un ensemble de données. Ces dernières constituent le socle d'une base de données géographiques, constituée de séries de photographies aériennes, d'imageries satellitaires et de cartes topographiques (Tableau 5). Ces données seront utilisées également dans la section (2.2.) du présent chapitre, afin de caractériser l'évolution du trait de côte.

Nous avons rencontré deux difficultés majeures pour l'acquisition des données géographiques. La première difficulté est liée à la provenance de sources différentes de données, qui poseraient un problème d'homogénéité des données liée à l'échelle. La deuxième difficulté est liée au choix des dates représentatives de prise de photographies aériennes, la saison à laquelle ont été prises et la disponibilité d'une couverture complète des cordons dunaires étudiés. Ces éléments contraignent la comparaison en matière de suivi plus ou moins exacte de l'évolution des formations dunaires et de l'occupation du sol.

**Tableau 5** : Ensemble de données utilisées pour la caractérisation de l'évolution spatio-temporelle des cordons dunaires étudiés.

Zone de couverture	Type de données	Année	Echelle \ Résolution spatiale	Source
Bousfer et Aïn el Turck (Cap Falcon)	Photographie aérienne	1959	1/25000	Institut Géographique National (IGN)
	Photographie aérienne	1980	1/10000	Institut National de Cartographie et de Télédétection (INCT)
	Photographie aérienne	2003	1/10000	INCT
	Extrait d'imagerie satellite	2017	0,7 m	Google Earth Pro
	Carte topographique	1960	1/25000	IGN
	Carte topographique	1982	1/25000	INCT
Beni Belaid / Sidi Abdelaziz	Photographie aérienne	1960	1/25000	INCT
	Photographie aérienne	1988	1/10000	INCT
	Extrait d'imagerie satellite	2009	0,8 m	Google Earth Pro
	Extrait d'imagerie satellite	2019	0,7 m	Google Earth Pro
	Carte topographique	1960	1/25000	IGN
	Carte topographique	2005	1/25000	INCT

### 2.1.2. Prétraitement des données géographiques

On distingue trois types de données géographiques : carte topographique, imagerie satellitale et photographie aérienne. En ce qui concerne les cartes topographiques, ils ont été géoréférencées conçu avec des référentiels géographiques différents. Nous les avons géoréférencées selon leurs systèmes de coordonnées d'origine, puis nous avons appliqué une transformation du de leurs référentiels géographiques vers un le même système de coordonnées projetées : UTM zone 32N – WGS84, au niveau de la zone de Beni Belaid et Sidi Abdelaziz, et UTM zone 30N – WGS84, au niveau de la zone de Ain el Turck et Bousfer. Ensuite, ces données cartographiques nous ont servi de supports de géoréférencement et de correction des distorsions inhérentes aux données photographiques. Ces pré-traitements ont été effectués sur le logiciel *open source QGIS (2.8)*.

Pour ce faire, nous avons corrigé géométriquement les différentes images *Raster* avec des points de contrôle, obtenus à l'aide des cartes topographiques couvrant les deux zones, une vingtaine de points pour les couvertures photographiques de 1/10000 et trentaine de points pour les 1/25000 (Milani, 2014). Ces corrections ont été apportées pour réduire les distorsions géométriques dans les photographies aériennes, principalement dues au relief et à la position de prise de vue, et à la fin pour réaliser un assemblage de raster corrigé et géoréférencé (Muraz et al., 1999). En effet, les photographies aériennes et les extrait

d'imagerie satellitale ont été géoréférencées avec le même système de coordonnées projetées du site étudié. Ensuite, nous avons procédé à l'assemblage des photographies aériennes (anciennes dates) et les images satellitales, afin d'avoir une couverture complète au niveau de chaque site étudié.

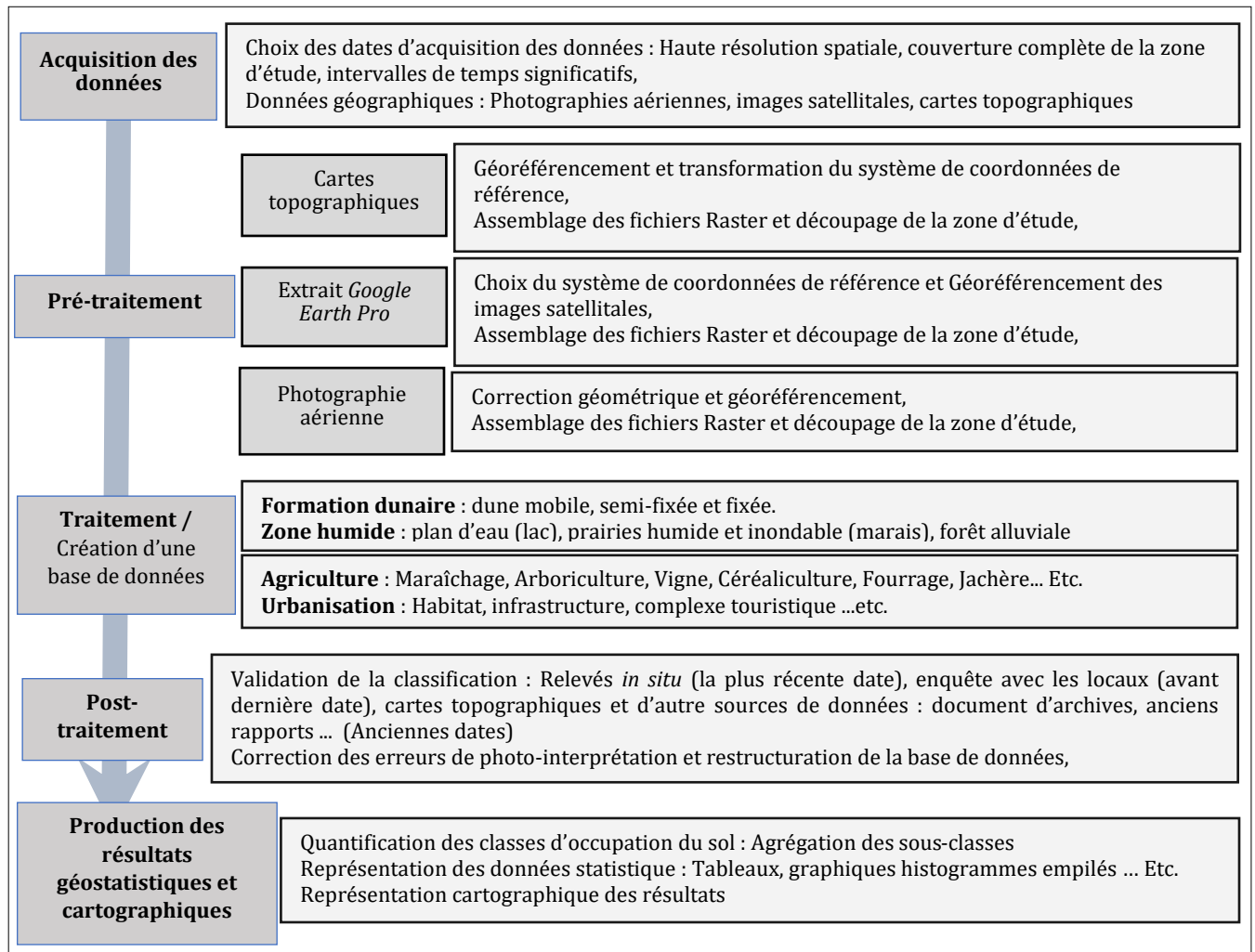


Figure 25 : Schéma du déroulement des étapes du travail cartographique pour caractérisation de l'évolution des formations dunaires et de leur occupation par les activités humaines.

### 2.1.3. Traitement et création d'une base de données géographiques

Une fois que les données sont conformes et prêtes au traitement, nous avons entamé une numérisation par photo-interprétation. Celle-ci permet l'extraction des zones homogènes et classification de l'occupation du sol. Pour ce faire, nous avons élaboré une typologie de classification de la surface du cordon dunaire, en se basant sur deux principaux indicateurs relatifs à l'évaluation de l'état de conservation des cordons dunaires étudiées, qui sont : la *naturalité* et l'*anthropisation*. Ensuite, nous avons délimité les surfaces agricoles, les zones

urbanisées, les formations dunaires (dune mobile, semi-fixée et fixée), ainsi que zones humides<sup>27</sup>.

#### *2.1.4. Post-traitement et production des résultats géostatistiques et cartographiques*

L'étape précédente nous a permis la création d'une base de données géographiques relative à l'évolution des formations dunaires et de l'occupation du sol, afin d'évaluer l'état de conservation des cordons dunaires étudiés. Néanmoins, un travail complémentaire a été effectué, afin de corriger les erreurs de la photo-interprétation ainsi que la réorganisation de la base de données obtenues. Dans un premier temps, nous avons utilisé les cartes topographiques afin de valider la cartographie de l'occupation du sol pour les anciennes dates. Dans un deuxième temps, nous avons fait des travaux de terrain complémentaires, afin d'actualiser et de valider nos résultats pour la date la plus récente.

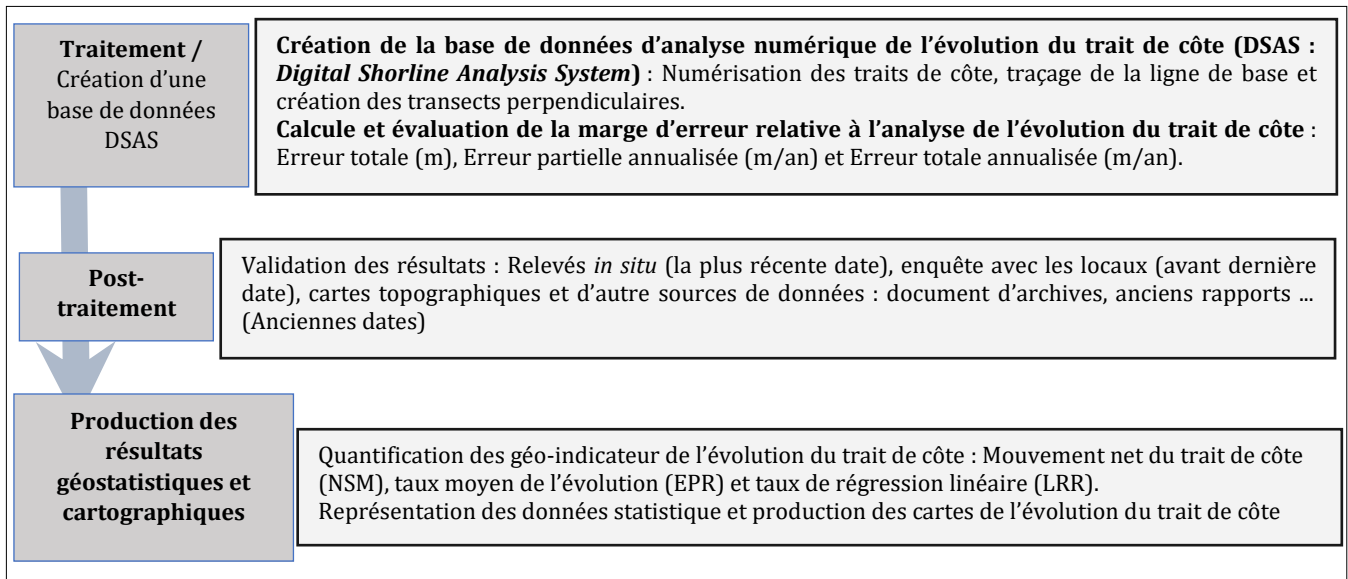
Ensuite, nous avons procédé à la production cartographique de l'occupation du sol au niveau des cordons dunaires étudiés et à la représentation quantitative des résultats géostatistiques, sous forme de tableaux et graphiques, mettant en évidence l'évolution des formations dunaires et de l'occupation du sol.

#### *2.2. Méthode de caractérisation de la dynamique morphologique des littoraux dunaires étudiés : Suivi de l'évolution du trait de côte*

La plupart des études ayant essayé d'appréhender la dynamique littorale le long des côtes sableuses, ont porté sur des échelles temporelles réduites, basées sur des analyses sédimentologiques, levés topographiques et/ou bathymétriques saisonniers, afin de caractériser le comportement morpho-dynamique côtier à l'échelle des cellules sédimentaires (Chaïbi et *al.*, 2014; Bruneau, 2009; Boutiba, 2006; Bouzidi et *al.*, 2004). En revanche, la reconstitution des changements géomorphologiques sur une longue période revêt une importance croissante pour les études relatives aux changements globaux et aux impacts anthropiques sur les littoraux à cordon dunaire. En effet, ces derniers sont en perpétuelle évolution géomorphologique qui résulte de forçages extérieurs naturels (houle, vent, courant...) et anthropiques (ouvrage de défense, aménagement urbain, aménagement touristique...) (Carter, 1988; Clus-Auby, 2003; Paskoff, 1993). Ces variations du littoral se traduisent par l'érosion et/ou par l'accumulation au niveau des zones côtières.

---

<sup>27</sup> En raison de la présence d'une zone humide, le cas de Beni Belaïd fait l'exception avec la classe d'occupation du sol « zone humide » qui rentre dans l'analyse.



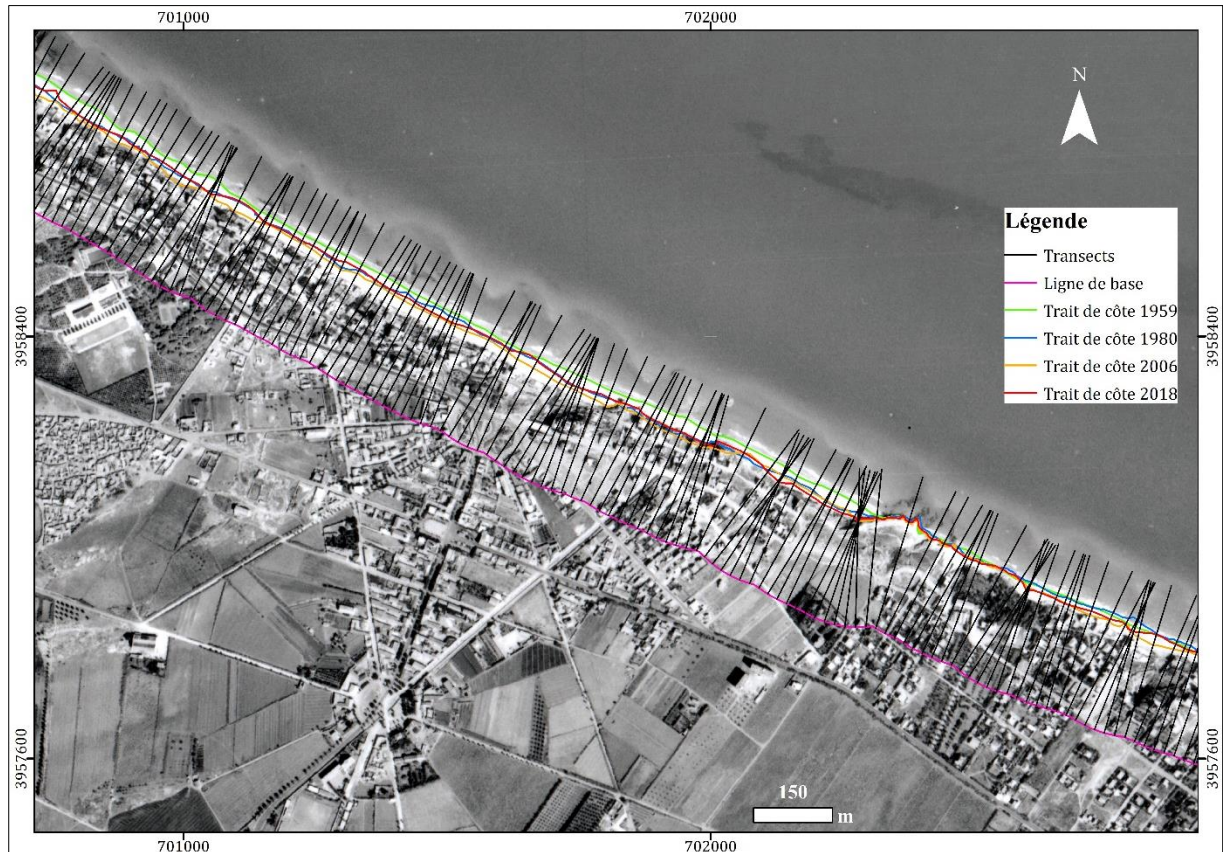
**Figure 26 :** Schéma du déroulement des étapes du travail cartographique pour caractérisation de la dynamique morphologique des littoraux dunaires, par analyse numérique de l'évolution du trait de côte.

Dans ce cadre, nous avons mis en place un protocole de travail basé sur le traitement et l'analyse de données, à travers et l'utilisation des outils SIG et de l'approche diachronique, afin de caractériser la tendance évolutive des plages associées aux cordons dunaires étudiés. Il consiste à suivre les mouvements horizontaux du trait de côte, afin d'évaluer les pertes et les gains des plages étudiées (Thieler & Danforth, 1994; Durand, 1998; Juigner et al., 2012; Ayadi et al., 2015; Kermani et al., 2016; Marzougui & Oueslati, 2017). Ce processus s'articule autour de cinq étapes principales (Figure 26), dont les deux premières étapes : acquisition des données et prétraitement, ont été expliqué précédemment dans la section (2.1.).

### 2.2.1. Traitement et création de la base de données de l'évolution du trait de côte

Afin de suivre l'évolution du trait de côte, nous avons obtenu trois séries de photographies aériennes des différentes missions 1959, 1980 et 2003 et un extrait d'imagerie satellite de *Google Earth pro* 2018, pour traiter le cas de Bousfer – Ain el-Turck. Concernant le cas de Sidi Abdelaziz et Beni Belaid à Jijel, nous avons obtenu deux séries de photographies aériennes 1960 et 1988 et un extrait d'imagerie satellite de *Google Earth pro* 2017 (Tableau 5). Nous avons choisi la limite entre la plage sèche et la plage humide (lignes d'humidification de l'estran) comme ligne de référence, afin d'extraire les traits de côte de manière homogène (Juigner et al., 2012). Ce choix a été effectué en raison de la faible amplitude de marée sur la côte algérienne, qui est de l'ordre de  $\pm 40$  cm (Ayadi et al., 2015; Kermani et al., 2016). Ensuite, nous avons utilisé la technique de photo-interprétation sur

ArcMap pour numériser les traits de côte. Les traits de côte numérisés ont été intégrés au *Digital Shoreline Analysis System* (Thieler et al., 2009), ce qui nous a permis de calculer des statistiques sur l'érosion et / ou l'accumulation le long des littoraux étudiés. Pour effectuer cette opération, DSAS nécessite la création d'une base de données contenant les différents traits de côte numérisés, une ligne de base tracée parallèlement à l'ancien trait de côte, transects perpendiculaires à partir de la ligne de base pour enregistrer la position de l'intersection entre le transect et chaque trait de côte (Figure 27).



**Figure 27 :** Traits de côte, ligne de base à 300 m derrière le plus ancien trait de côte et des transects espacés de 20 m, tracés perpendiculairement à la ligne de base pour détecter les mouvements du trait de côte. (IGN, 1959 – zoom sur la ville côtière de Aïn el Turck)

En revanche, il existe un certain nombre d'erreurs et d'incertitudes liées à la résolution des pixels ( $E_p$ ) (qualité des données utilisées), au géoréférencement des images (ERM), à la numérisation des traits de côte ( $E_d$ ), ainsi qu'aux fluctuations de la marée ( $E_v$ ) (Tableau 6 et Tableau 7). Leur combinaison, dans la formule ci-dessous (01), nous a permis d'évaluer l'erreur totale ( $E_t$ ) (Thieler et al., 2009; Kermani et al., 2016).

$$E_t = \sqrt{E_p^2 + E_d^2 + E_v^2 + ERM_s^2} \quad (1)$$

**Tableau 6** : Estimation d'erreur pour la mesure de l'évolution du trait de côte le long des plages associées au cordon dunaire de Bousfer et Aïn el Turck.

Années	1959	1980	2003	2018
Erreurs (m)				
Résolution des pixels (Ep)	0,61	0,25	0,23	0,7
Géoréférencement des images (ERMs)	3,5	3,5	3,5	3
Numérisation des traits de côte (Ed)	3	2,5	2,4	3,5
Fluctuations de la marée (Ev)	0,4	0,4	0,4	0,4
Erreur totale Et (m)	4,68	4,34	4,27	4,73
Erreur totale annualisée (m/an)	0,16			
Périodes	1959-1980	1980-2003	2003-2018	1959-2018
Erreur partielle annualisée (m/an)	0,30	0,23	0,53	0,11

**Tableau 7** : Estimation d'erreur pour la mesure de l'évolution du trait de côte le long des plages associées au cordon dunaire de Sidi Abdelaziz jusqu'à Beni Belaïd.

Années	1960	1988	2017
Erreurs (m)			
Résolution des pixels (Ep)	0,56	1,28	0,9
Géoréférencement des images (ERMs)	3,5	3,5	3
Numérisation des traits de côte (Ed)	3	3,5	2,5
Fluctuations de la marée (Ev)	0,4	0,4	0,4
Erreur totale Et (m)	4,66	5,13	4,02
Erreur totale annualisée (m/an)	0,18		
Périodes	1960-1988	1988-2017	1960-2017
Erreur partielle annualisée (m/an)	0,31	0,23	0,15

Les marges d'erreur obtenues permettent d'évaluer la représentativité de nos résultats. Elles sont de 0,16 m/an à Cap Falcon et de 0,18 m/an le long de Sidi Abdelaziz et Beni Belaïd. Les deux valeurs sont acceptables, vu que la valeur moyenne des résultats relatifs à l'évolution du trait de côte est plus grande que la marge d'erreur.

#### 2.2.2. Post-traitement et production des résultats géostatistiques et cartographiques

L'étape précédente nous a permis la création d'une base de données géographiques relative à la dynamique morphologique des plages sableuses associées aux cordons dunaires étudiés. Nous avons mené également des investigations *in situ*, afin de valider nos résultats et de relever l'ampleur des variations du trait de côte.

L'analyse de l'évolution du trait de côte à l'aide de l'outil DSAS, nous a permis de quantifier des géo-indicateurs de la dynamique littorale :

- Le taux moyen de l'évolution (End Point Rate, EPR) : il représente le rapport de la distance entre le trait de côte le plus ancien et le plus récent par rapport au nombre d'années écoulées entre les deux dates, exprimé en mètre/an (Thieler et *al.*, 2009). Ce paramètre est le plus répandu pour calculer les moyennes annuelles de mouvement du trait de côte (Kermani et *al.*, 2016; Ford, 2013; Kumar et *al.*, 2010; Durand, 1998).
- Le taux de régression linéaire (Linear Rate Regression, LRR) : il consiste à calculer une droite de régression des moindres carrés, linière, positionnée dans le nuage de points formé par les mesures de distance entre tous les points d'intersection de chaque transect et l'ensemble des traits de côte (Thieler et *al.*, 2009). Il traduit le taux d'évolution annuelle du trait de côte, en tenant compte de plus de deux dates, permettant ainsi de déterminer la tendance évolutive du trait de côte sur toute la période considérée.
- Le mouvement net du trait de côte (Net Shoreline Movement, NSM) : il représente la distance, enregistrée par chaque transect, entre le trait de côte le plus ancien et le plus récent (Thieler et *al.*, 2009).

Ces derniers résultats ont permis d'évaluer la dynamique littorale et de déterminer la tendance évolutive des plages associées aux cordons dunaires étudiés. En effet, les valeurs négatives des paramètres EPR, LRR et NSM représentent le recul du trait de côte (érosion), tandis que les valeurs positives de ces paramètres indiquent l'avancement de trait de côte (accrétion). Ensuite, sur la base de ces géo-indicateurs nous avons pu élaborer des cartes thématiques, indiquant l'évolution spatio-temporelle du trait de côte. Dans les mêmes cartes, nous avons intégré les résultats obtenus sur l'occupation du sol, correspondant à la période évaluée, afin d'établir un premier lien de causalité entre l'évolution du trait de côte et l'occupation du sol.

### *2.3. Méthode de caractérisation de l'évolution de la dynamique morphologique des cordons dunaires étudiés : Détection volumétrique de Changement Géomorphologique (DCG) et quantification des bilans sédimentaires*

En ce qui concerne le suivi des changements morphologiques du cordon dunaire, les méthodes traditionnelles de surveillance par le biais de profils topographiques perpendiculaires au trait de côte s'avèrent peu précises, car il existe des zones entre les profils qu'il est impossible d'enregistrer (Andrews et *al.*, 2002). Dans le passé, c'était la seule

méthode pour collecter des données sur la morphologie et la dynamique topographique des littoraux dunaires.

Actuellement, ces méthodes se sont diversifiées grâce à l'apparition de nouvelles techniques numériques qui ont rendu la collecte de données plus rapide. En effet, l'étude des plages et des dunes est passée du simple nivellement du relief à des Modèles Numériques de Terrain ou d'Élévation (MNT/MNE) (Mitasova et *al.*, 2005).

La méthode employée dans cette partie est basée sur la Détection volumétrique de Changement Géomorphologique (DCG), en soustrayant des Modèles Numériques du Terrain (MNT ou *DEM*) séquentiels pour créer un MNT de Différence (*DEM of Difference : DoD*) (Martínez-Casasnovas et *al.*, 2004; Wheaton et *al.*, 2010; James et *al.*, 2012). Cette méthode est couramment utilisée par des spécialistes en géoscience, en raison de sa capacité à établir des mesures géomorphologiques quantitatives à différentes échelles spatiales (Pike et *al.*, 2009). Elle vise à mesurer les taux de changement géomorphologique et à établir des bilans sédimentaires, tout en permettant une analyse spatiale des changements géomorphologiques identifiés au niveau du système plage-dune.

Nous nous sommes focalisés seulement sur le littoral dunaire de la région de Cap Falcon pour l'application de cette méthode, en raison de la disponibilité des données et leur conformité avec l'échelle tridimensionnelle. Elle se base sur le traitement et la manipulation des Modèles Numérique de Terrain ou d'Élévation (MNT ou *DEM*), qui doivent avoir *in fine* une marge d'erreurs inférieure au taux du changement. Le cas de Sidi Abdelaziz et Beni Belaid n'a pas été pris en compte, car ne remplit pas cette condition, en raison de la faible hauteur des dunes et la marge d'erreur relativement élevée des MNT générés.

### *2.3.1. Acquisition des données et leurs pré-traitements*

Le suivi de l'évolution morphologique par quantification volumétrique du bilan sédimentaire du cordon dunaire de Bousfer – Ain el-Turck (Oran) a nécessité l'acquisition d'un ensemble de données, sur une période de 80 ans (de 1934 à 2014). Ces dernières constituent le socle d'une base de données géographiques, constituée de trois cartes topographiques 1934, 1960 et 1988 et d'un MNT *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) 2014 de la base de données *US Geological Survey* (USGS) (Tableau 8).

**Tableau 8** : Données utilisées pour la quantification du bilan sédimentaire dans le littoral dunaire de la région de Cap Falcon.

Type de donnée	Année de production	Année du levé	Type du levé	Echelle \ Résolution spatiale	Source
Carte topographique	1934	1934	Levé topographique de terrain	1/50000	Service Géographique de l'Armée (SGA)
Carte topographique	1960	1959	Levé stéréo-topographique aérien	1/25000	Institut Géographique National (IGN)
Carte topographique	1988	1985	Levé photogrammétrique à partir de prise de vue aérienne.	1/25000	Institut National de la Cartographie et de la Télédétection (INCT)
Modèle Numérique de Terrain	2014	2014	Mission de topographie radar (SRTM)	30m	United Survey Geological System (USGS)

Un échantillonnage de 5745 à 8615 points d'altitude a été effectué sur toute la surface du cordon dunaire de de Bousfer et Aïn el Turck (soit 1581 ha), afin d'extraire les informations relatives à topographie du cordon dunaire et de construire les courbes de niveau pour toutes les dates retenues. Les données vectorielles obtenues à partir de l'extraction des points d'altitude ont été interpolées sur le logiciel ArcGis 10.2 pour produire des MNT avec la même taille des pixels (grille de 1 m × 1 m) (Martínez-Casasnovas *et al.*, 2003) (Figure 28).

La méthode d'interpolation choisie dans cette étude est le krigeage. Elle est considérée comme la plus appropriée dans ce type d'analyse spatiotemporelle (Defourny *et al.*, 1999; James *et al.*, 2012; Sallaye *et al.*, 2018). Contrairement aux autres méthodes d'interpolation utilisées dans les systèmes d'information géographique (SIG), l'interpolation par krigeage déduit les valeurs entre les levés existants non seulement par la pondération par rapport à l'emplacement de la prévision, mais également par l'organisation spatiale des points enregistrés tout en basant sur des modèles géostatistiques comprenant l'autocorrélation. La comparaison entre les méthodes d'interpolations des MNT a révélé que les erreurs verticales dans les MNT interpolés par krigeage étaient systématiquement les plus faibles (Defourny *et al.*, 1999).

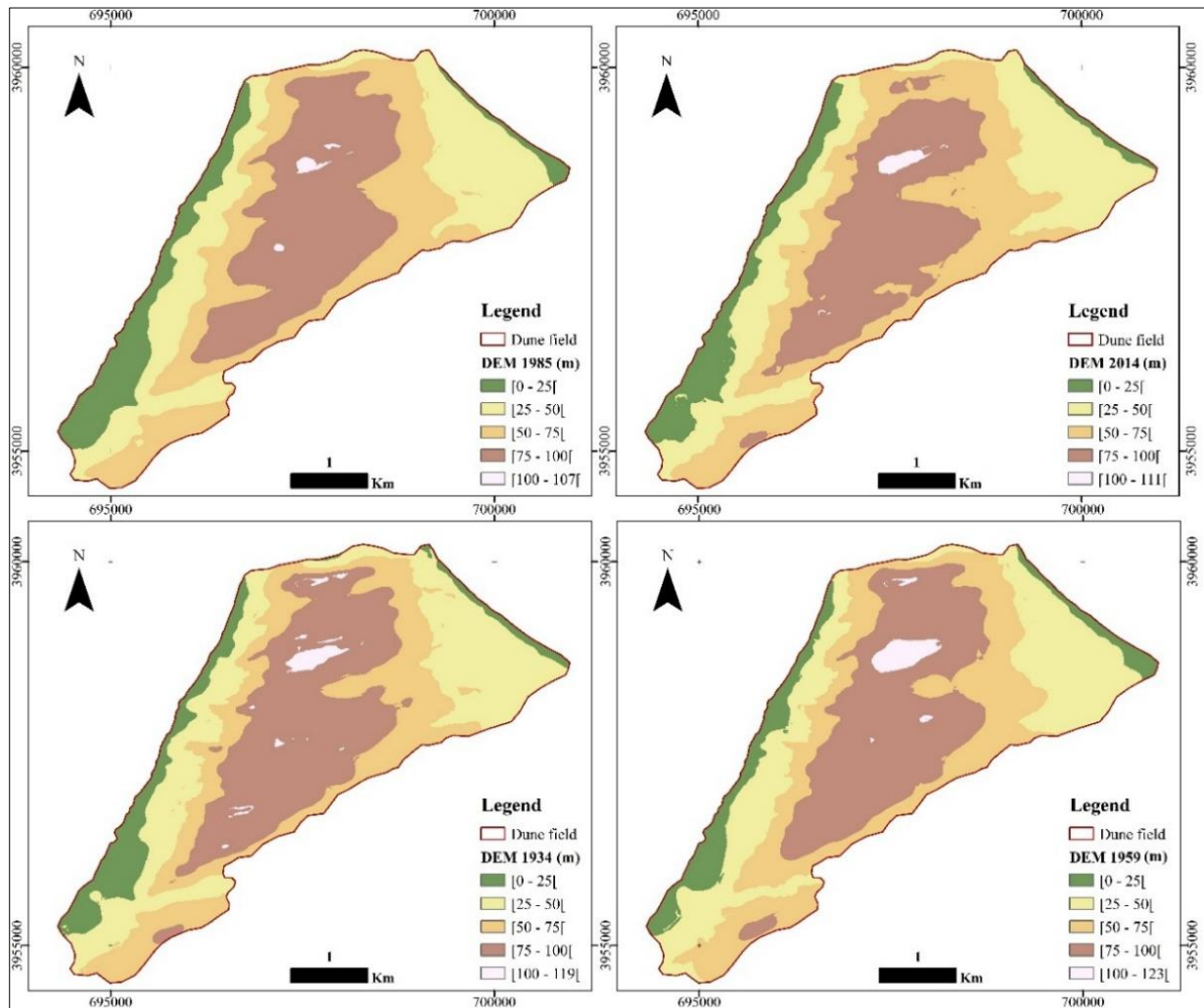


Figure 28 : Modèles Numériques du Terrain obtenues à partir d'une interpolation par krigeage des différents levés topographiques (1934, 1959, 1985 et 2014).

### 2.3.2. Traitement de données pour l'évaluation morphologique par Détection volumétrique des Changements Géomorphologiques (DCG)

La méthode de développement de modèles numériques d'élévation (MNT) génère des couches de données statiques. Mais, la différenciation et la comparaison, en soustrayant au moins deux MNT séquentiels, constitue une forme d'analyse de la dynamique géomorphologique répartie dans l'espace (James *et al.*, 2012).

La surface d'interpolation a été délimitée, afin de pouvoir comparer les MNT et d'extraire les taux du changement géomorphologique et le bilan sédimentaire. La délimitation a été obtenue par le trait de côte du côté de la mer et par la limite des formations sableuses dunaires qui surplombent le littoral, du côté terrestre. Nous avons obtenu une surface de 1581 ha du système dunaire sur lequel l'analyse volumétrique des changements géomorphologiques va porter.

L'évaluation de la marge d'erreur des MNT obtenus est nécessaire ; ils peuvent être incorporés dans l'analyse de détection de changement, puis interprétés à tort comme un changement géomorphologique (Martínez-Casasnovas et al., 2004; Wheaton et al., 2010; James et al., 2012). Nous distinguons, par conséquent, deux types d'erreurs : les erreurs horizontales et les erreurs verticales (Tableau 9).

**Tableau 9** : Estimation de la marge d'erreur relative à chaque MNT et aux DoD.

Erreurs	Années	1934	1959	1985	2014
Erreur horizontale (Eh) ( $\pm$ m)		1,23	1,13	1,08	1
Erreur verticale (Ev) ( $\pm$ m)		5	5	5	5,94
Erreur du MNT ( $\pm$ m <sup>3</sup> )		7,56	6,38	5,83	5,94
Périodes (années)		1934-1959	1959-1985	1985-2014	1934-2014
Erreur relative au taux de changement (DoD) ( $\pm$ m <sup>3</sup> )		6,97	6,11	5,89	6,75

Pour les MNT des cartes topographiques, l'erreur horizontale (Eh) a été estimée par la combinaison des trois paramètres suivants : erreur de résolution spatiale de la carte (Ep), erreur de géoréférencement des cartes (ERM) et erreur de numérisation des contours (Ed), dans la formule ci-dessous (02) (Cheung & Shi, 2004; Thieler et al., 2009; James et al., 2012).

$$Eh = \sqrt{Ep^2 + Ed^2 + ERMs^2} \quad (2)$$

D'autre part, l'erreur verticale correspond à l'équidistance des contours intercalaires de chaque carte, qui correspondent à 5 m. Pour le MNT *SRTM* obtenu de la base de données *USGS*, nous avons pu réduire la marge d'erreur horizontale à 1 m avec une interpolation par krigeage et la marge d'erreur verticale a été estimée à 5,94 m (Elkhrachy, 2018). L'interpolation des différents échantillons de levés topographique nous a permis non seulement de réduire la marge d'erreur, mais également de développer des MNT avec la même taille des pixels, permettant ainsi la création des DEM de Différence (DoD).

### **Conclusion : Avantages et limites des méthodes utilisées**

Dans ce chapitre nous avons mis en place une méthodologie pour le suivi spatio-temporelle des cordons dunaires côtiers et de leurs écosystèmes associés et l'évaluation de leur état de conservation. Cette méthodologie est basée sur l'utilisation des systèmes d'information géographique, selon une approche diachronique.

L'étude diachronique de l'évolution des formations dunaires et de l'occupation du sol, ainsi que le suivi de la dynamique morphologique du système plage – dune, nous permettrait d'évaluer quantitativement et de spatialiser l'état de conservation des cordons dunaires étudiés et de leurs plages associées. Néanmoins, comme dans toutes les études basées sur les systèmes d'information géographique (SIG), le traitement et l'analyse spatiale des photographies aériennes restent assujetties à certaines erreurs. Bien que des rectifications et corrections géométriques ont été apporté avant le géoréférencement des photographies, afin de réduire les distorsions et les erreurs de correspondance, il en découle quand même une marge d'erreur géométrique relativement faible, qui a été évalué et pris en considération avant d'analyser des résultats obtenus. De même, l'étude de la dynamique morphologique du cordon dunaire, qui a été évalué par la méthode de Détection volumétrique de Changement Géomorphologique (DCG), contient un certain nombre d'erreurs à prendre en considération avant l'analyse des résultats. Cette méthode nécessite donc l'acquisition de données avec une résolution spatiale et verticale suffisamment précise, pour que la marge d'erreur ne soit pas plus importante que le résultat obtenu.

---

*Chapitre V : Évolution de l'état de conservation des cordons dunaires côtiers : Une  
vulnérabilité aggravée par de multiples pressions anthropiques*

---

## Introduction

L'évolution et le fonctionnement naturels des cordons dunaires côtiers sont conditionnés par l'interaction des facteurs physiques, écologiques très complexes (Martínez, Gallego-Fernández, et *al.*, 2013; Ley de la Vega et *al.*, 2012; Martínez, Psuty, Lubke, et *al.*, 2008). Ces derniers donnent naissance à des habitats écologiques fonctionnels, d'une grande hétérogénéité, pouvant remplir plusieurs fonctions écologiques et services écosystémiques essentiels (Van der Biest et *al.*, 2017; Doody, 2013b). Une meilleure gestion des cordons dunaires côtiers doit tenir compte de l'évaluation de leur état de conservation.

Dans cette perspective, nous avons effectué un suivi cartographique de l'évolution spatiotemporelle des formations dunaires et de l'occupation du sol. Cette démarche nous a permis de mettre en évidence les tendances évolutives des cordons dunaires étudiés, afin d'évaluer leur vulnérabilité ainsi que leur capacité de résilience<sup>28</sup> face aux différentes formes de pressions anthropiques existantes.

Comme nous l'avons déjà expliqué dans le chapitre précédent, la démarche méthodologique mise en œuvre se base sur une méthode d'analyse spatiotemporelle, à l'aide des outils et techniques de géomatique. Le traitement et l'analyse des données obtenues nous a permis de mettre en place un système d'informations géographiques évolutifs pour chacun des cordons dunaires étudiés. Ensuite, nous avons réalisé une cartographie diachronique de la répartition des formations dunaires et de l'occupation du sol, afin d'évaluer les impacts anthropiques sur la dynamique naturelle des formations dunaires et de caractériser l'évolution de l'état de conservation des cordons dunaires côtiers.

### **1. Cordon dunaire de Beni Belaïd : Une évolution relativement stable des écosystèmes naturels, subissant des transformations potentiellement nuisibles.**

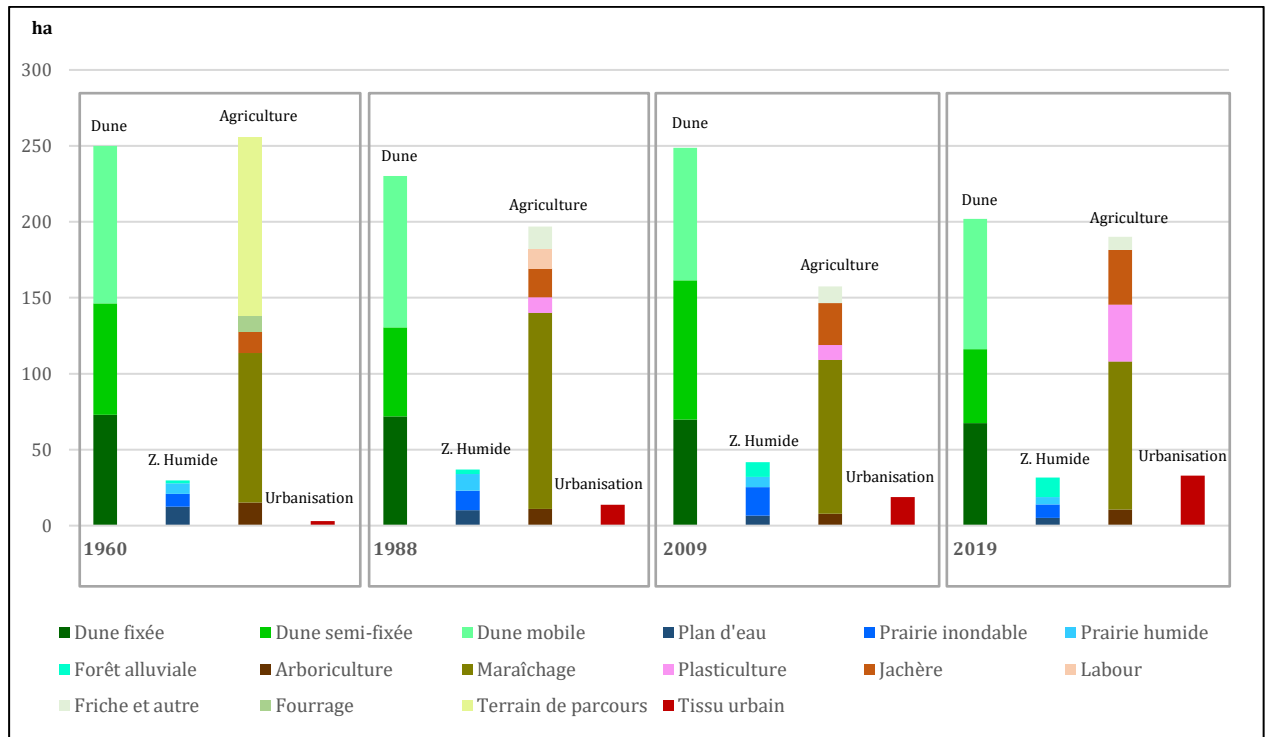
Le suivi de l'évolution de l'occupation du sol et de la dynamique des formations dunaires, le long du cordon dunaire de Beni Belaïd, a été effectué selon les dates suivantes : 1960, 1988, 2009 et 2019 soit environ une période de 59 ans (Figure 29 et Figure 30).

L'analyse des résultats obtenus montre que la dynamique spatiale des formations dunaires et des habitats humides naturels, associés au cordon dunaire de Beni Belaïd, est relativement

---

<sup>28</sup> Nous retenons ici la définition du glossaire Géo-Confluences : « ... l'aptitude d'un écosystème à se reconstituer à la suite d'une perturbation ... », qui sera entendu par : « la capacité de l'écosystème dunaire à se régénérer ou à revenir à son état initial, après avoir subi des pressions conduisant à sa dégradation ».

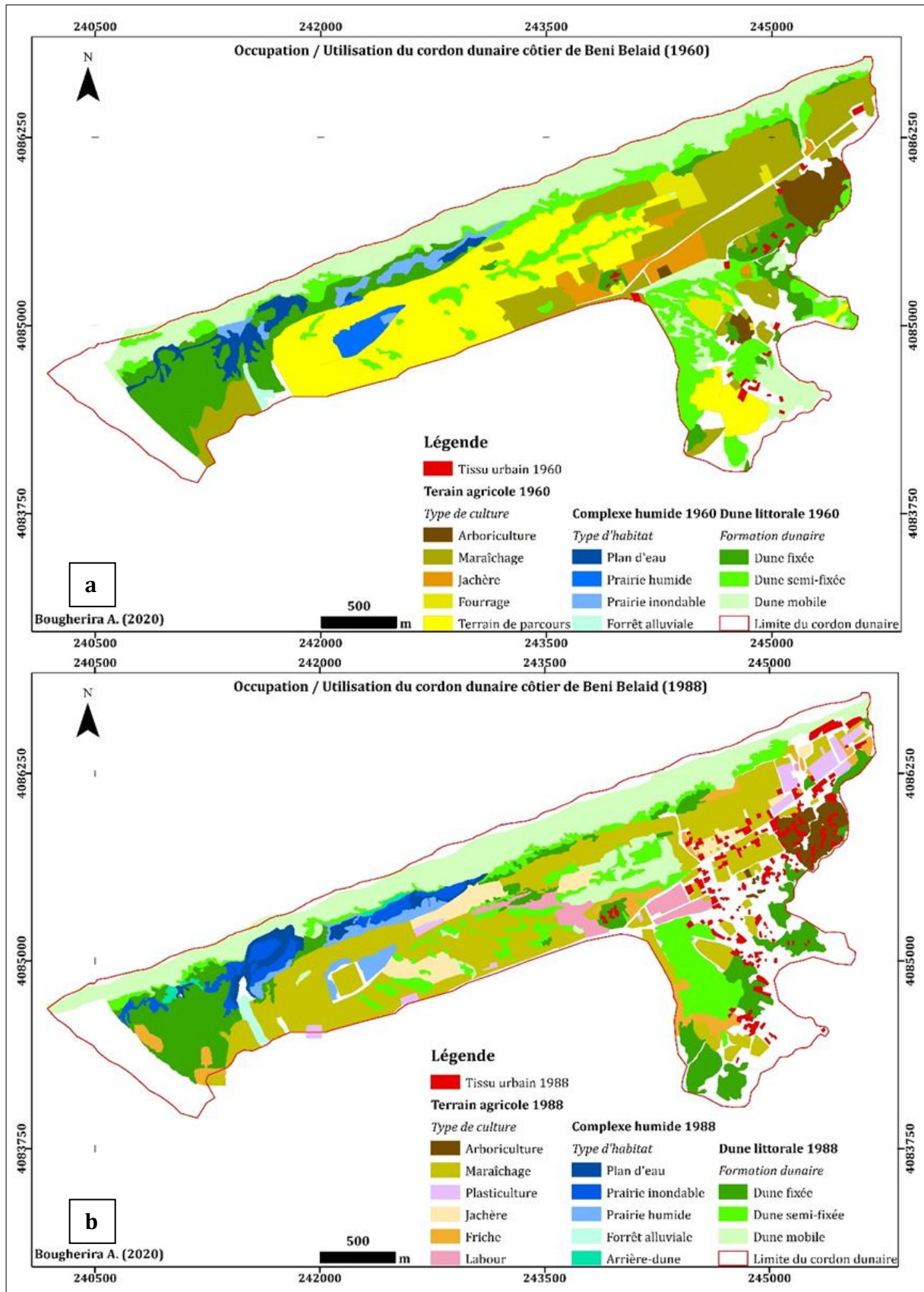
complexe. Ils ont subi une évolution fluctuante entre phase de régression et de progression avec un bilan surfacique globalement déficitaire.



**Figure 29 :** Graphique de l'évolution de l'occupation du sol et des formations dunaires le long du cordon dunaire Beni Belaïd.

### *1.1. Un cordon dunaire à usage agricole extensive, laissant opérer une dynamique libre des formations dunaires et des habitats humides*

Selon les résultats obtenus nous pouvons constater que le cordon dunaire de Beni Belaïd est à vocation agricole. En effet, depuis 1960, l'agriculture occupe environ 256 ha, soit environ 43 % de la surface totale du cordon dunaire. A cette époque, environ 139ha des terrains agricoles sont dédiés au : maraîchage (39 %), arboriculture (6 %), jachère (6 %) et fourrage (4 %). De même, les terrains de parcours occupent environ 117 ha, soit environ 45 % des terrains agricole sont dédiés au pâturage. Ces derniers occupent notamment la dépression inter-dunaire, formé de larges pelouses dunaires facilement accessible pour le pâturage. Par ailleurs, l'urbanisation de l'époque était formée d'un petit hameau de maisons éparpillés sur environ 3 ha, au niveau de la partie est du cordon dunaire de Beni Belaïd.



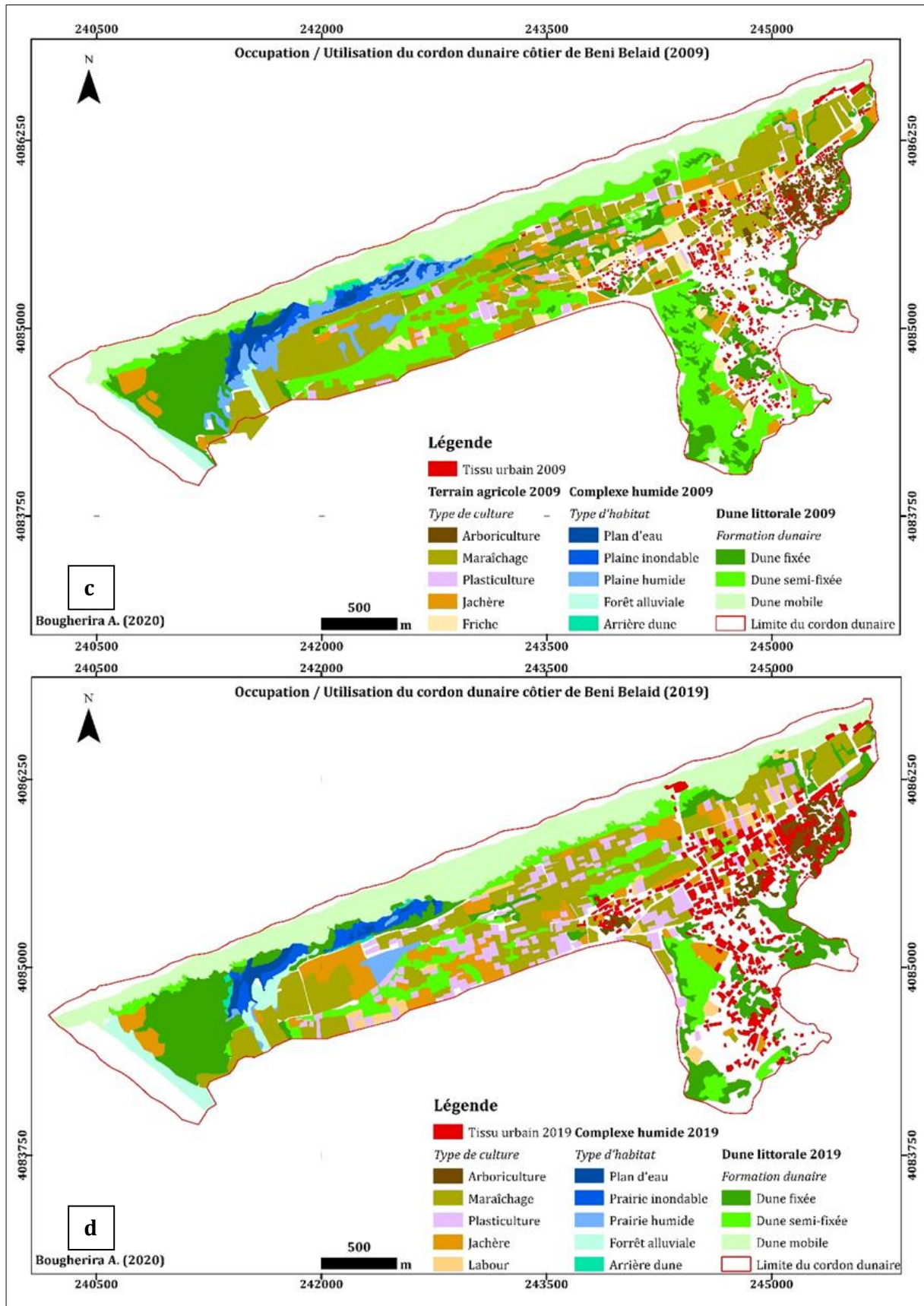


Figure 30 : Evolution de l'occupation du sol et de la dynamique des formations dunaires le long du cordon dunaire de Beni Belaid : a. 1960, b. 1988, c. 2009 et d. 2019.

Durant cette époque, les formations dunaires occupent une superficie d'environ 250 ha. Elles avaient une dynamique relativement libre, avec une dominance des dunes mobiles (42 %). Deux raisons peuvent être avancées : la première concerne la partie externe du cordon dunaire (côté de la mer), est liée à l'alimentation permanente en sable, et la deuxième est liée au passage répété des troupeaux pour leur pâturage. Les formations dunaires semi-fixées constituent 29 % des formations dunaire, se localisant juste derrière les formations mobiles sous forme d'une ceinture mince, mais aussi avec une large répartition dans la partie sud-est du cordon dunaire. Les formations dunaires fixées représentent 29 %, se localisant principalement autour du complexe humide de Beni Belaïd et dans une moindre mesure sur la partie est du cordon dunaire. Les écosystèmes du complexe humide de Beni Belaïd sont protégés par une ceinture de formations dunaires boisées. Ils s'étalent sur environ 30 ha, dont le plan d'eau constitue 43 %, les prairies inondables 28 %, les prairies humides 23 % et les forêts alluviales 6 %.

### *1.2. Évolution des terrains agricoles au détriment des formations dunaires*

À partir de 1988, la superficie des terrains agricoles est d'environ 197 ha (soit 33 % de la surface totale du cordon dunaire), accusant ainsi une diminution de 59 ha. À cette époque les terrains agricoles ont subi des transformations rapides, ayant comme principaux effets l'intensification de l'activité agricole, l'agrandissement des exploitations dédiées au maraîchage de plein champ (66 %) au détriment des anciens terrains de parcours et du fourrage, ainsi que l'apparition de la plasticulture (5 %). Il en découle, de cette transformation, une régression des activités de pâturage dans la région, qui se concentre désormais au niveau des friches agricoles (14 %), et l'étalement des surfaces agricoles en jachère (10 %), afin de laisser reposer les terrains à usage maraîcher. Mais sans effet notable sur l'arboriculture (5 %). Cette dynamique socio-économique a favorisé l'installation de la population. En effet, nous avons enregistré une augmentation dans la surface des terrains urbanisés autour de 14 ha. En l'absence d'un plan d'occupation du sol à cette époque l'urbanisation s'est opérée de façon éparpillée.

Par ailleurs, nous pouvons remarquer une baisse de la surface totale des formations dunaires, qui se maintient autour de 230 ha. Cette évolution n'a pas eu un effet notable sur les dunes mobiles (43 %), mais on observe une légère régression des dunes semi-fixées (26 %) face à la régénération des dunes fixées (31 %), notamment au niveau de la partie interne (sud-est) du cordon dunaire. La surface du complexe humide de Beni Belaïd s'est étendue à environ 37 ha, notamment en faveur des prairies inondables (35 %), des prairies humides, ainsi que

les forêts alluviales (8 %). Par contre, nous enregistrons une stabilisation du plan d'eau (27 %), qui s'alimente par les eaux de l'oued El Kebir et de l'oued Adjoul.

### *1.3. Une régression des terrains agricoles favorisant la régénération des formations dunaires et du complexe humide*

En 2009, la tendance évolutive a enregistré des changements notables. En effet, nous observons une diminution significative des surfaces agricoles, avec environ 158 ha (soit 26 % du cordon dunaire). Cette évolution régressive a touché principalement les terrains agricoles à vocation maraîchère (64 %) et arboricole (5 %). Elle peut être expliquée par l'évolution positive observée au niveau des terrains en jachère (18 %) et dans une moindre mesure par l'introduction de la plasticulture (7 %). De même, l'urbanisation n'a pas eu une évolution significative, soit 5ha sur la période de 1988 à 2009. Les terrains urbanisés se trouvent sur la partie est du cordon dunaire, occupant à cette date environ 19 ha.

Cependant, nous avons enregistré une augmentation considérable dans la surface totale des formations dunaires, pour atteindre environ 248 ha. Cette évolution positive a favorisé notamment la régénération des formations dunaires semi-fixées (37 %), suite à l'abandon des parcelles en jachères et du maraîchage, situant au niveau de la partie interne du cordon dunaire (sud-est) et au niveau de la dépression inter-dunaire. Néanmoins, les formations dunaires mobiles (35 %) et fixées (28 %) sont restées relativement stables. Par ailleurs, nous pouvons constater l'augmentation de la surface du complexe humide de Beni Belaïd, qui s'étale sur environ 42ha. En effet, la régression enregistrée au niveau des terrains agricoles a eu également un effet positif sur le complexe humide, notamment sur les prairies inondables (16 %), les prairies humides (45 %) et les forêts alluviales (24 %).

### *1.4. Accentuation de la tendance évolutive de l'agriculture et de l'urbanisation au détriment des formations dunaires et des habitats humides*

En 2019, nous observons une extension des terrains agricoles de 40ha par rapport à la date précédente, pour atteindre environ 190 ha de surface agricole totale (soit 32 % du cordon dunaire). De même, les surfaces agricoles à vocation maraîchère enregistrent une augmentation, avec 51 % de maraîchage de plein champs, 19 % en jachère et 20 % de maraîchage sous serre (Plasticulture). Cette dernière, qui prend de plus en plus une place importante dans le paysage agricole du cordon dunaire de Beni Belaïd, représente en soi un indicateur sur l'intensification de l'activité agricole. En revanche, l'arboriculture (5,6 %), principalement axée sur l'oliveraie, accuse une certaine stabilité.

Cependant, l'urbanisation du cordon dunaire de Beni Belaïd est de plus en plus importante, s'étalant sur environ 33 ha du cordon dunaire. Cette expansion urbaine, étant relativement important par rapport aux évolutions précédentes, a été diffusée d'une manière éparpillée. En effet, elle continue son expansion rapide à partir de l'ancien hameau de Beni Belaïd vers l'ouest et le sud-est du cordon dunaire.

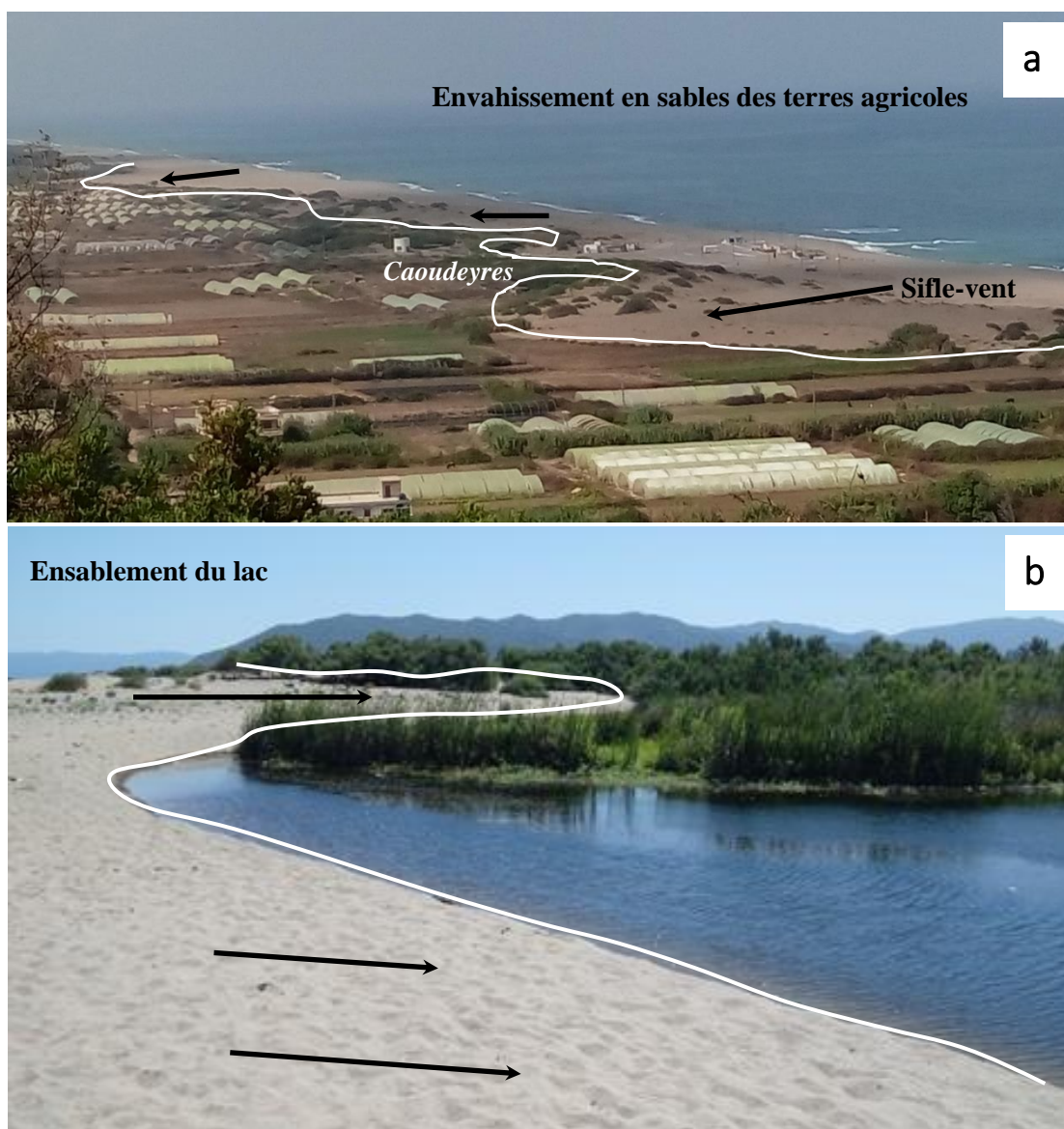
Cette tendance évolutive a eu des effets négatifs sur l'évolution des formations dunaires et du complexe humide. En effet, nous enregistrons une diminution importante dans la surface des formations dunaires, d'environ 46 ha, soit une superficie totale de 202 ha. Cette évolution régressive est notamment due à la perte des formations dunaires semi-fixées au profit de l'extension des terrains agricoles, situant au niveau de la dépression inter-dunaire. De même, le complexe humide a enregistré un bilan surfacique déficitaire, dont la superficie totale est d'environ 32 ha. Ce sont surtout les prairies inondables et humides qui ont été empiétées par l'agriculture.

#### *1.5. Évaluation des impacts de l'artificialisation du sol sur l'évolution des écosystèmes du cordon dunaire de Beni Belaïd et leur équilibre écologique*

L'analyse précédente des résultats nous a permis de mettre en évidence la complexité de la dynamique du cordon dunaire de Beni Belaïd. Ce milieu fragile a subi au cours des dernières décennies des transformations rapides, qui ont laissé des impacts profonds et parfois irréversibles sur son équilibre écologique. Les indicateurs de conservation du cordon dunaire de Beni Belaïd, relatifs à la dynamique des formations dunaires et du complexe humide, montrent une évolution fluctuante entre des périodes de progression et de régression, dont le bilan surfacique est relativement déficitaire. Par contre, le processus d'artificialisation, de ce milieu fragile, se traduit principalement par l'intensification des pratiques agricoles et, dans une moindre mesure, par l'extension progressive de l'urbanisation.

Le long de la partie externe du cordon dunaire de Beni Belaïd, les dunes mobiles ont été déstabilisées par plusieurs facteurs anthropiques. Les cartes que nous avons réalisées montrent une migration des formations dunaires mobiles vers l'intérieur au détriment des dunes semi-fixées et du complexe humide. En effet, le pâturage et passage répété des troupeaux de bétail ont provoqué la dégradation de la végétation des dunes embryonnaires et des dunes blanches, favorisant cette dynamique progressive des dunes mobiles vers l'intérieur. À cela s'ajoutent l'action destructrice des sablières (Cf. chap. 2), conduisant à l'ouverture de brèches dunaires, qui se développent en couloirs de déflation, sous l'action érosive du vent. Plus récemment, la sur-fréquentation touristique affecte également la

stabilité des formations dunaires mobiles, car le piétinement empêche la régénération du couvert végétal des dunes embryonnaires et des dunes blanches et accélère l'évacuation du sable par le vent. Il en résulte au niveau de ces derniers, le déplacement d'énormes quantités de sables vers l'intérieur pour ensevelir environ 2,72ha des terres agricoles (Figure 31-a), qui empiètent sur le cordon dunaire, et le comblement partiel du plan d'eau de la zone humide de Beni Belaid (Figure 31-b).



**Figure 31** : Perturbation et dégradation du cordon dunaire de Beni Belaid (Flèches indiquent le sens du déplacement de sable), **a** : Ensablement des terrains agricoles, **b** : Comblement partiel du lac de Beni Belaid (Bougherira A., 2018).

Par ailleurs, les dunes semi-fixées et fixées accusent une tendance globalement régressive. Toutefois, l'évolution des dunes semi-fixées a été marquée par une régénération en 2009, correspondant à la régression des terrains agricoles. Cette évolution nous renseigne sur la capacité de résilience des dunes semi-fixées, notamment les formations ligneuses à *Retama*

*bovei* et à *Juniperus oxycedrus*, qui arrivent à se régénérer, en regagnant les espaces cédés par l'agriculture.

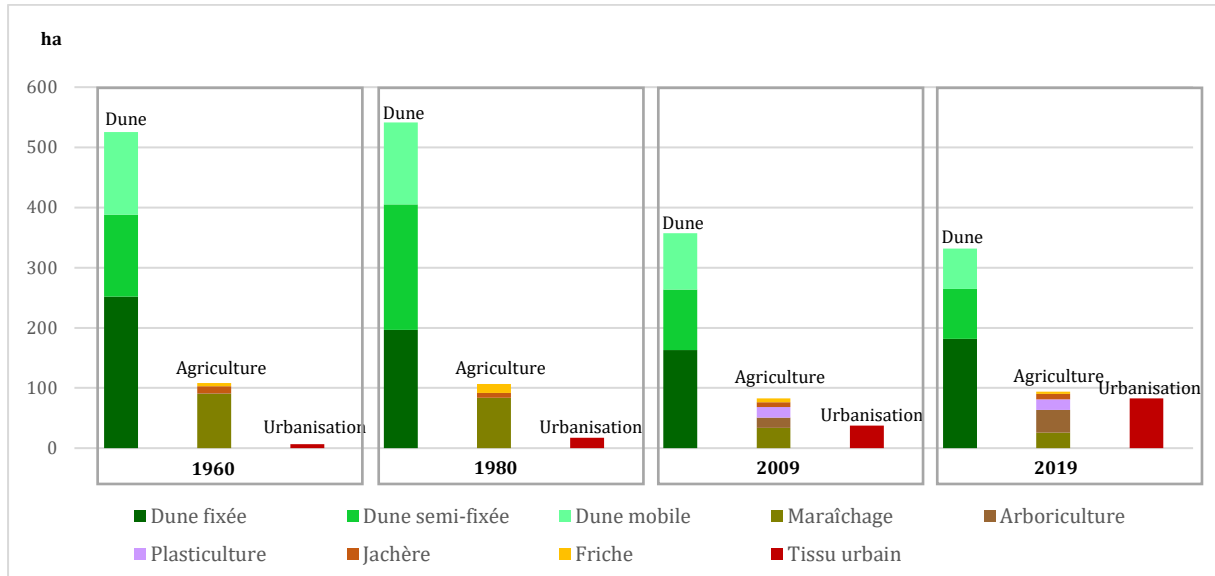
L'agriculture est désormais le facteur de pression anthropique le plus important, qui pèse sur l'équilibre écologique du cordon dunaire de Beni Belaïd. On peut observer parmi les conséquences de l'activité agricole, la fragmentation du paysage dunaire en deux parties, avec une transition brusque entre le cordon externe de dunes mobiles et le cordon interne de dunes fixées et consolidées. Récemment, l'émergence d'une agriculture de plus en plus intensive et l'usage davantage d'intrants chimiques, comme les produits fertilisants et phytosanitaires, sont nuisibles aux écosystèmes dunaires. En effet, l'agriculture intensive provoque non seulement l'appauvrissement du sol de sa matière organique et sa biodiversité, mais aussi elle constitue une source de pollution chimique. Celle-ci pourrait à terme hypothéquer l'intégrité fonctionnelle du cordon dunaire et celle du complexe humide y associé, ainsi que leur capacité à se régénérer.

Outre les impacts de l'artificialisation du sol sur l'équilibre écologique des écosystèmes dunaires, d'autres formes de pression s'ajoutent dont les effets ne sont pas moins importants que les précédents. En effet, le cordon dunaire de Beni Belaïd reçoit régulièrement les rejets liquides des usines de la zone industrielle d'El Milia, occupant sur les rives de l'oued El Kebir à une vingtaine de kilomètres de son embouchure. Ces eaux usées industrielles proviennent principalement de la tannerie d'El Milia et du complexe de l'industrie sidérurgique « Balara » d'El Milia, l'un des plus importants de l'Est algérien. En l'absence d'une station d'épuration, les produits utilisés dans le traitement et la transformation des peaux animales en cuir, ainsi que ceux utilisés dans la sidérurgie, se déversent souvent sans traitement préalable dans l'oued El Kebir. Elles contribuent indirectement à la pollution du milieu côtier, y compris le cordon dunaire de Beni Belaïd et sa zone humide. De même, l'infiltration des eaux polluées pourrait contaminer la nappe phréatique située en aval de l'oued El Kebir. Ces eaux étant utilisées dans l'irrigation des terrains agricoles, elles peuvent provoquer des problèmes de santé publique.

## **2. Cordon dunaire de Sidi Abdelaziz : Une évolution régressive des formations dunaires faisant face à l'artificialisation croissante du sol**

Le suivi de l'évolution de l'occupation du sol et de la dynamique des formations dunaires, le long du cordon dunaire de Sidi Abdelaziz, a été effectué selon les dates suivantes : 1960, 1980, 2009 et 2019. Les résultats obtenus montrent que les formations dunaires accusent une

évolution régressive, une stabilité relative dans l'évolution des surfaces agricoles et une extension urbaine de plus en plus rapide (Figure 32 et Figure 33).



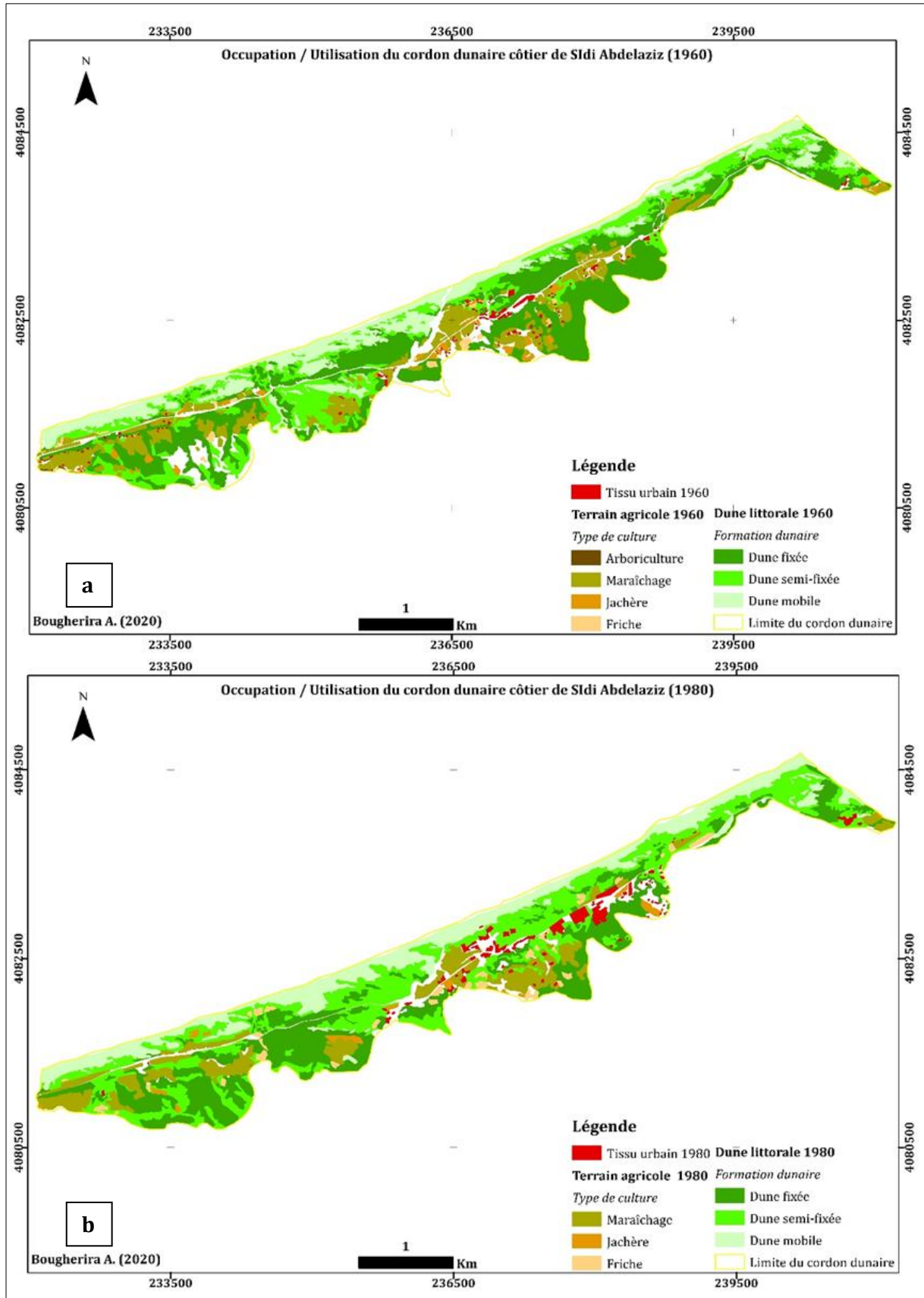
**Figure 32 :** Graphique de l'évolution de l'occupation du sol et des formations dunaires le long du cordon dunaire de Sidi Abdelaziz.

### *2.1. Un cordon dunaire stable et peu anthropisé : une dynamique naturelle libre*

Durant la période de 1960 à 1980, les résultats obtenus montrent que l'évolution du cordon dunaire de Sidi Abdelaziz a été marquée par un faible taux d'artificialisation. On note une légère expansion urbaine de 17 ha, soit environ 2,3 % de la surface totale du cordon dunaire, à partir de l'ancien hameau au niveau de la partie centrale du cordon dunaire. De même, l'activité agricole s'étale sur un périmètre limité, avec une superficie de 108 ha, soit 15 % de la superficie totale du cordon dunaire. Les terrains agricoles occupent la partie interne du cordon dunaire et les dépressions inter-dunaires, pour leur stabilité et leur richesse du sol en matière organique. L'exploitation des terrains agricoles est dominée par maraîchage de plein champ 78 %, dont les terrains en jachère représentent 8 %. On retrouve aussi des friches agricoles de 14 %, qui servent généralement de terrains de parcours pour les bétails.

En revanche, les formations dunaires s'étalent sur une 541 ha, soit 74 % de la surface totale du cordon dunaire. Le bilan surfacique a enregistré une évolution légèrement positive, avec 16ha. Cette évolution n'a pas eu un effet notable sur les formations de dunes mobiles, qui sont restées stable autour de 136 ha. En revanche, on observe une dynamique contradictoire au niveau des formations dunaires semi-fixées et fixées, qui se manifeste par une augmentation significative, d'environ 62 ha, au niveau des dunes semi-fixées (208 ha), au détriment des dunes fixées (196 ha). L'avancement des dunes semi-fixées a été favorisé par la diminution des dunes fixées au niveau de la partie centrale du cordon dunaire. À cette

époque, cette dynamique peut être expliquée par l'exploitation du bois des forêts dunaires pour leur usage domestique ou pour la construction.



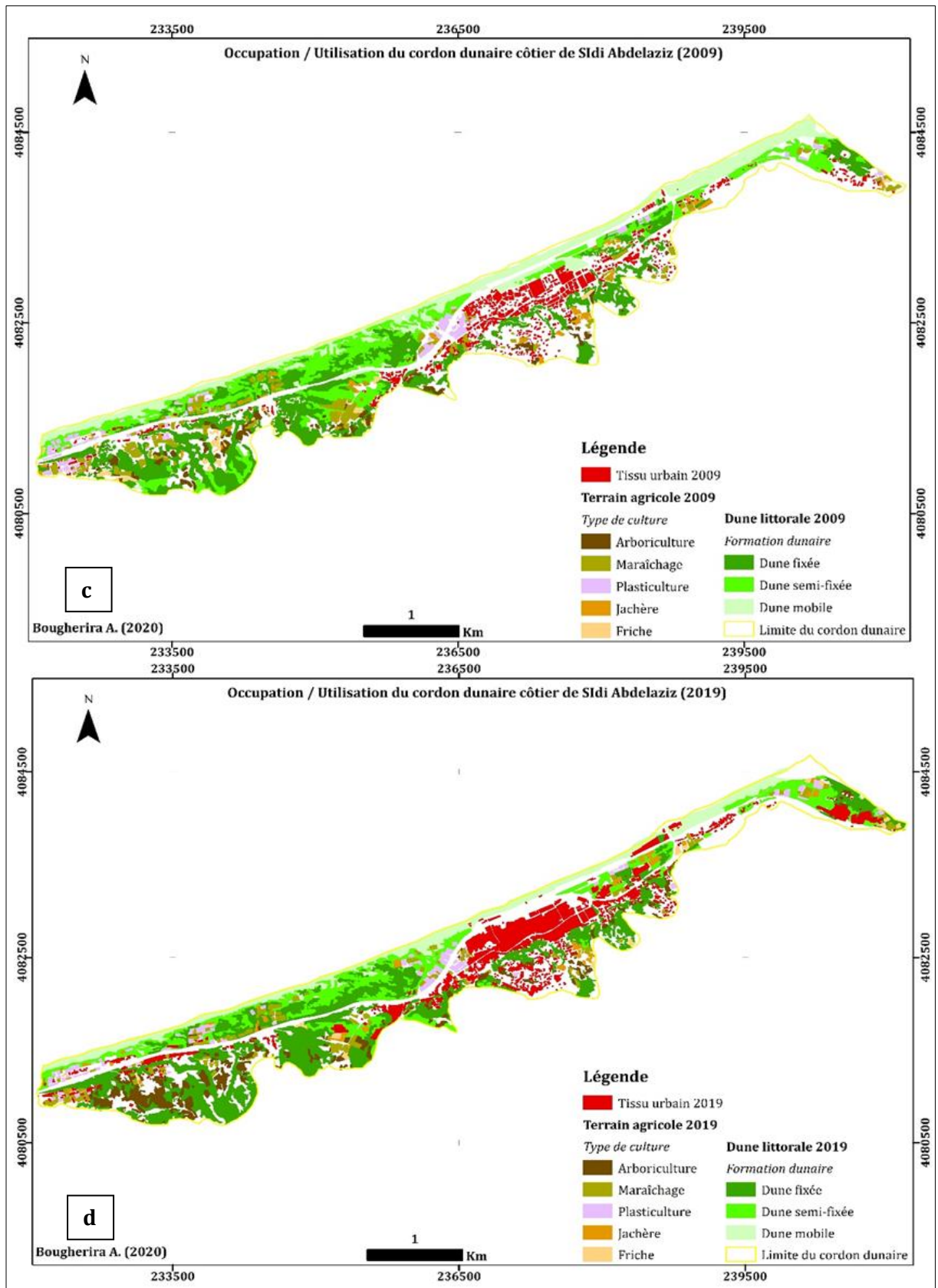


Figure 33 : Evolution de l'occupation du sol et de la dynamique des formations dunaires le long du cordon dunaire de Sidi Abdelaziz : a. 1960, b. 1980, c. 2009 et d. 2019.

## *2.2. Perturbation de la dynamique naturelle du cordon dunaire : régression des formations dunaires et extension urbaine rapide*

L'analyse de l'évolution du cordon dunaire de Sidi Abdelaziz, durant la période allant de 1980 à 2009, a mis en évidence la tendance régressive des formations dunaires face à une extension rapide de l'urbanisation ainsi qu'une légère régression des terrains agricoles. En effet, on estime une extension urbaine de 38ha au cours de cette période. Par ailleurs, l'extension linéaire des voies ferroviaires et routières, qui longe le cordon dunaire de Sidi Abdelaziz à moins de 500 m du trait de côte, a contribué à son artificialisation. Cette urbanisation se concentre essentiellement au niveau de la partie centrale du cordon dunaire, et s'étale parallèlement au linéaire côtier. On estime environ 20 ha d'urbanisation été gagné au détriment des formations dunaires semi-fixées et, dans une moindre mesure, des terrains agricoles adjacents.

Cependant, les terrains agricoles ont perdu environ 24ha de leur surface totale, occupant ainsi 83ha du cordon dunaire. Cette évolution régressive a été marquée par une diminution significative des terrains agricoles dédiés au maraîchage de plein champs (41 %), qui s'explique par l'introduction de la plasticulture dans le paysage agricole, soit 21 % de la surface agricole totale. De même, l'arboriculture marque également son apparition dans le paysage du cordon dunaire de Sidi Abdelaziz, avec la plantation de 17 ha essentiellement constitués d'oliveraies. Ces dernières se sont adaptées au niveau des formations dunaires fixées, en raison de leur système racinaire développé et leur capacité à se développer dans des conditions de sécheresse.

Face à cette dynamique d'artificialisation du cordon dunaire de Sidi Abdelaziz, on enregistre une perte considérable au niveau de la surface des formations dunaires, soit environ -184 ha au cours de cette période (1980-2009). Les formations dunaires s'étalent sur 358 ha, occupant ainsi 49 % de la superficie totale du cordon dunaire de Sidi Abdelaziz. Cette dynamique régressive des formations dunaires a touché beaucoup plus les dunes semi-fixées (94 ha) et les dunes mobiles (101 ha) et dans une moindre mesure les dunes fixées (163 ha). La perte des formations mobiles et semi-fixées est favorisée par l'avancée de l'urbanisation. De même, les formations dunaires fixées, ayant été perdues au profit de l'urbanisation, ont été gagnées au détriment des formations dunaires semi-fixées, à travers les reboisements effectués durant la période de 1996 à 1998. Ces reboisements, couvrant 152 ha le long du cordon dunaire de Sidi Abdelaziz, avaient comme objectif la lutte contre l'ensablement des infrastructures routières et ferroviaires y existant.

### *2.3. Expansion et densification du tissu urbain et fixation de la dynamique des formations dunaires*

L'analyse de l'évolution du cordon dunaire de Sidi Abdelaziz durant la période de 2009 à 2019, a mis en évidence une forte tendance à l'artificialisation du sol. En effet, nous avons enregistré une extension rapide de l'urbanisation, avec plus de 45 ha de nouvelles surfaces urbanisées au cours de cette période. L'urbanisation s'étale ainsi sur environ 83ha, soit 11,4 % de la surface totale du cordon dunaire. On observe une densification du tissu urbain au niveau de l'agglomération chef-lieu de Sidi Abdelaziz, ainsi que la création de nouveaux groupements urbains éparpillés le long du cordon dunaire.

Par ailleurs, on enregistre une légère augmentation de la surface des terrains agricoles, occupant ainsi environ 94 ha, soit 13 % de la surface totale du cordon dunaire. Cette évolution a été marquée par l'extension de l'arboriculture sur 38 ha, essentiellement planter en oliveraies. Ces derniers occupent les milieux les plus stables en arrière-dune, en substituant aux formations dunaires fixées sur la partie ouest du cordon dunaire. En revanche, nous avons enregistré une légère perte de 8 ha dans les terrains dédiés au maraîchage de plein champ au profit de la plasticulture et des terrains en jachère, voire au profit de l'urbanisation.

Face à cette artificialisation rapide, on note une régression significative (-25 ha) au niveau des formations dunaires, occupant ainsi 332 ha, soit 46% de la surface totale du cordon dunaire. Cette évolution a eu un effet notable sur les formations des dunes mobiles (-27 ha) et des dunes semi-fixées (-18 ha). Par contre, les formations dunaires fixées ont enregistré une augmentation notable de leur surface (+19 ha), au détriment des dunes semi-fixées. Cette évolution positive a été favorisée par le reboisement effectué sur 50 ha, couvrant le secteur ouest du cordon dunaire, durant la période 2010-2012.

### *2.4. Évaluation des impacts anthropiques sur l'évolution du cordon dunaire de Sidi Abdelaziz et de son équilibre écologique : Un état de conservation menacé*

L'analyse des résultats obtenus nous a permis de mettre en évidence la tendance évolutive du cordon dunaire de Sidi Abdelaziz. La première période d'évolution, de 1960 à 1980, a été marquée par une dynamique naturelle peu anthropisée, formant un cordon dunaire dont l'équilibre écologique était stable et fonctionnel. Ce n'est qu'à partir de la période suivante que nous avons commencé à observer un processus d'artificialisation progressif du cordon dunaire de Sidi Abdelaziz. Ce processus d'artificialisation du cordon dunaire se traduit par l'extension et la densification du tissu urbain ainsi que la ramification du réseau routier et

ferroviaire. Cette tendance évolutive a eu des impacts profonds et parfois irréversibles sur la dynamique des formations dunaires et sur leur équilibre écologique. En effet, ce milieu fragile a subi une dynamique évolutive régressive, dont le bilan surfacique des formations dunaires accuse un déficit considérable estimé à -209 ha entre 1980 et 2019. Néanmoins, les formations dunaires évoluent selon des trajectoires différenciées, en fonction de leurs réponses aux impacts anthropiques. Contrairement aux formations dunaires fixées, qui sont restées relativement stables, les dunes mobiles et semi-fixées ont été fortement impactées par cette dynamique régressive.

En effet, les formations dunaires mobiles ont perdu 69 ha au cours de leur évolution, au profit de l'urbanisation côtière. De même, les formations dunaires semi-fixées accusent une régression de plus en plus prononcée (-125 ha), au profit de l'urbanisation côtière et dans certaine mesure au profit des terrains agricoles. Cependant, nous avons constaté un processus de fixation progressive du cordon dunaire de Sidi Abdelaziz, à travers une colonisation des dunes mobiles et semi-fixées par les plantes ligneuses et arbustives. Suite à la fixation progressive de la mobilité du cordon dunaire, les formations de dunes mobiles du cordon externe risquent de perdre progressivement leur capacité de modération du stock sédimentaire, favorisant l'accélération du phénomène de l'érosion côtière.

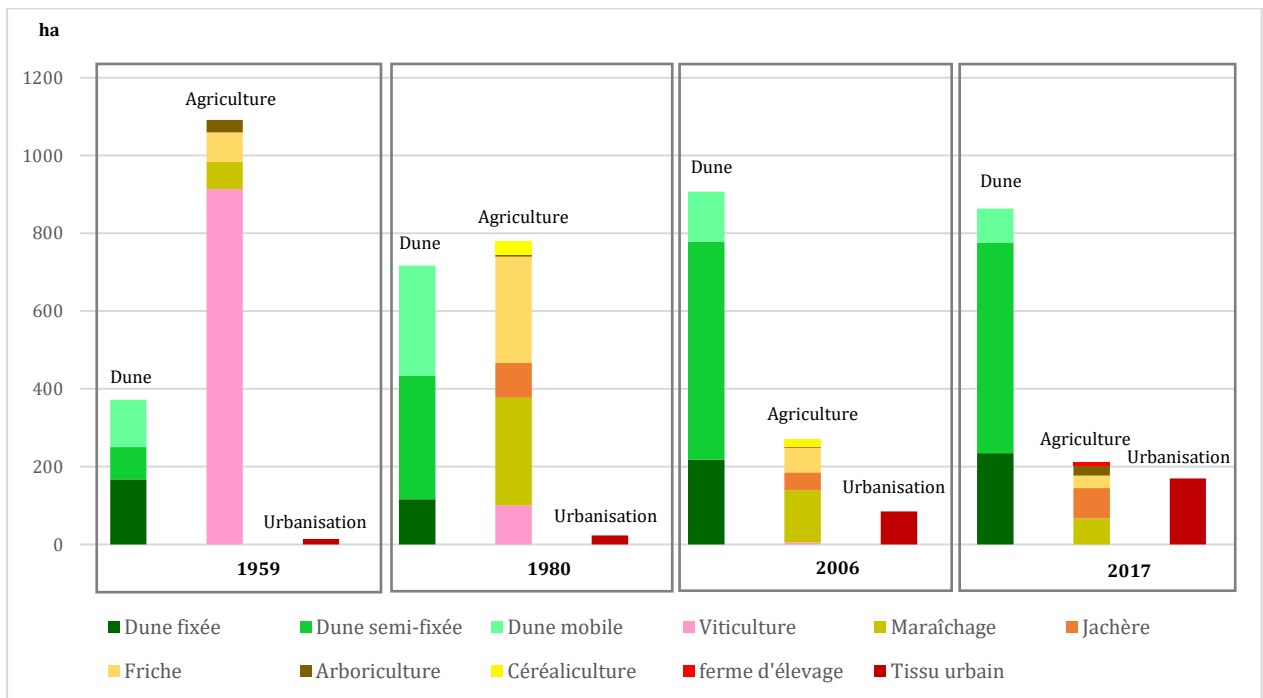
En allant vers les espaces arrière-dunaires, à l'abri du groupement du Rtem (*Retama monosperma*), se développent les dunes fixées recouvertes d'une végétation arborescente, correspondant aux genévriers et lentisques. Ces milieux ont reçu deux campagnes de reboisement, à base du Pin maritime, de l'Acacia et d'Eucalyptus, afin de réduire l'ensablement des infrastructures routières et ferroviaires traversant cette partie du cordon dunaire. Sur le plan naturel, le reboisement a préservé les formations dunaires fixées de l'avancée de l'urbanisation. Néanmoins, lors de ces opérations de reboisement, les arbustes ont été plantés intensivement et sur de larges surfaces, risquant ainsi de substituer au couvert végétal originel et aux plantes locales. En revanche, des spécialistes de la restauration des dunes côtières préconisent des plantations diversifiées, à base de plantes et arbustes locales, afin de régénérer la biodiversité des écosystèmes dunaires, ainsi que leurs processus écologiques fonctionnels (Ley de la Vega et al., 2012).

Outre les impacts de l'artificialisation du sol sur l'équilibre écologique du cordon dunaire de Sidi Abdelaziz, d'autres formes de pression non moins importantes s'ajoutent. En effet, on signale la présence d'une décharge publique au niveau du secteur est du cordon dunaire de Sidi Abdelaziz, situé à moins de 600 m de la mer, sur rive gauche de l'embouchure de l'oued

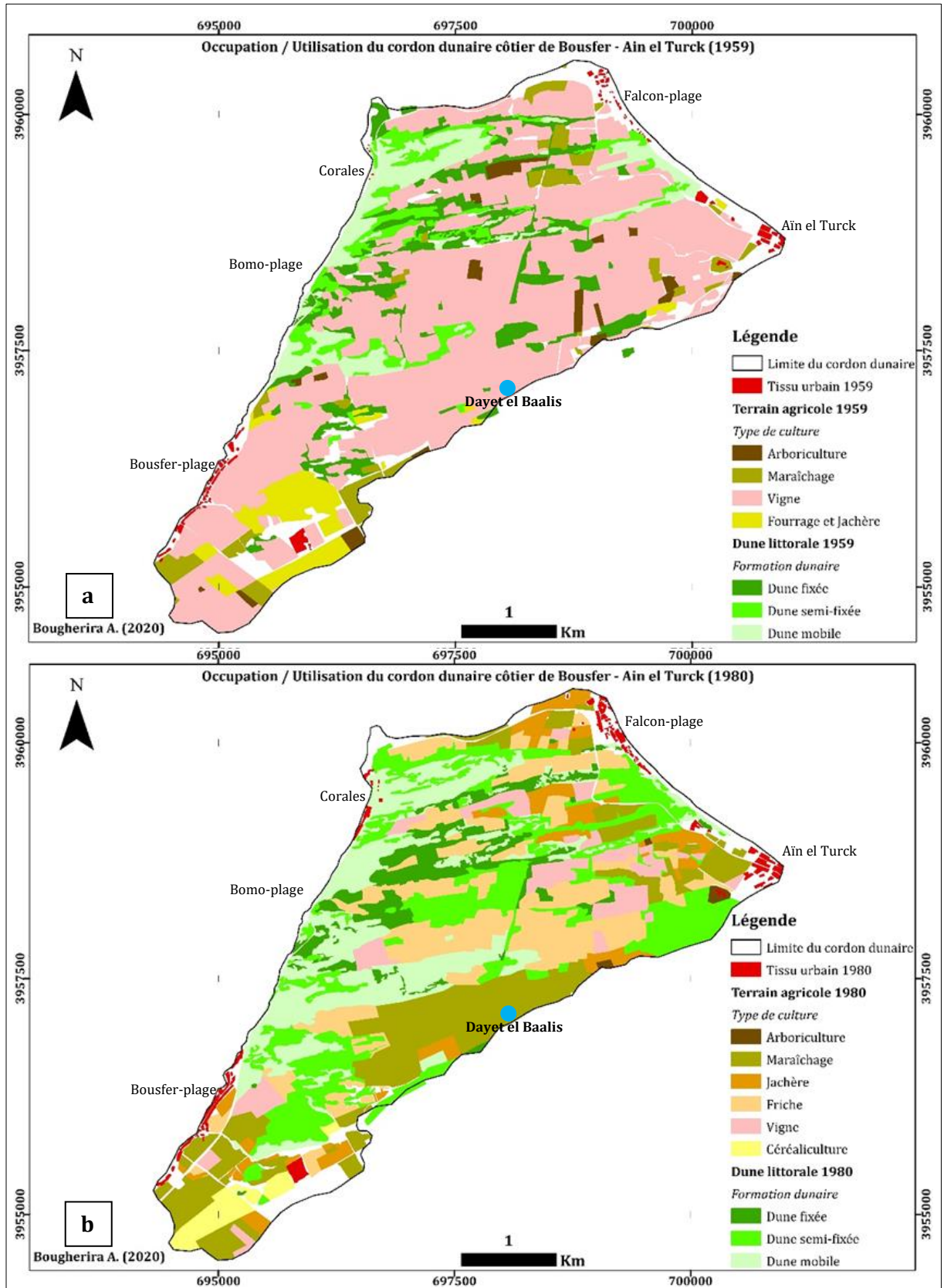
El Kebir. Depuis 1984 jusqu'au 2016, elle recevait journalièrement les déchets ménagers de l'ensemble des agglomérations de la commune de Sidi Abdelaziz et d'autres agglomérations plus proches. L'entreposage des déchets se faisait sur une partie importante de ce cordon dunaire à ciel ouvert. Malgré la fermeture officielle de cette décharge en 2016, l'entreposage de déchets ménagers, industriels et de constructions se déroule illicitement sur le même endroit. En l'absence d'un plan de réhabilitation, la fermeture de la décharge reste insuffisante. En effet, au milieu de cette pollution, nous constatons la disparition de certaines espèces caractérisant le couvert végétal dunaire, comme *Agropyrum junceum* et l'apparition de nouvelles espèces adventices et envahissantes, comme *Oxalis cernua* et *Polygonum aviculare*.

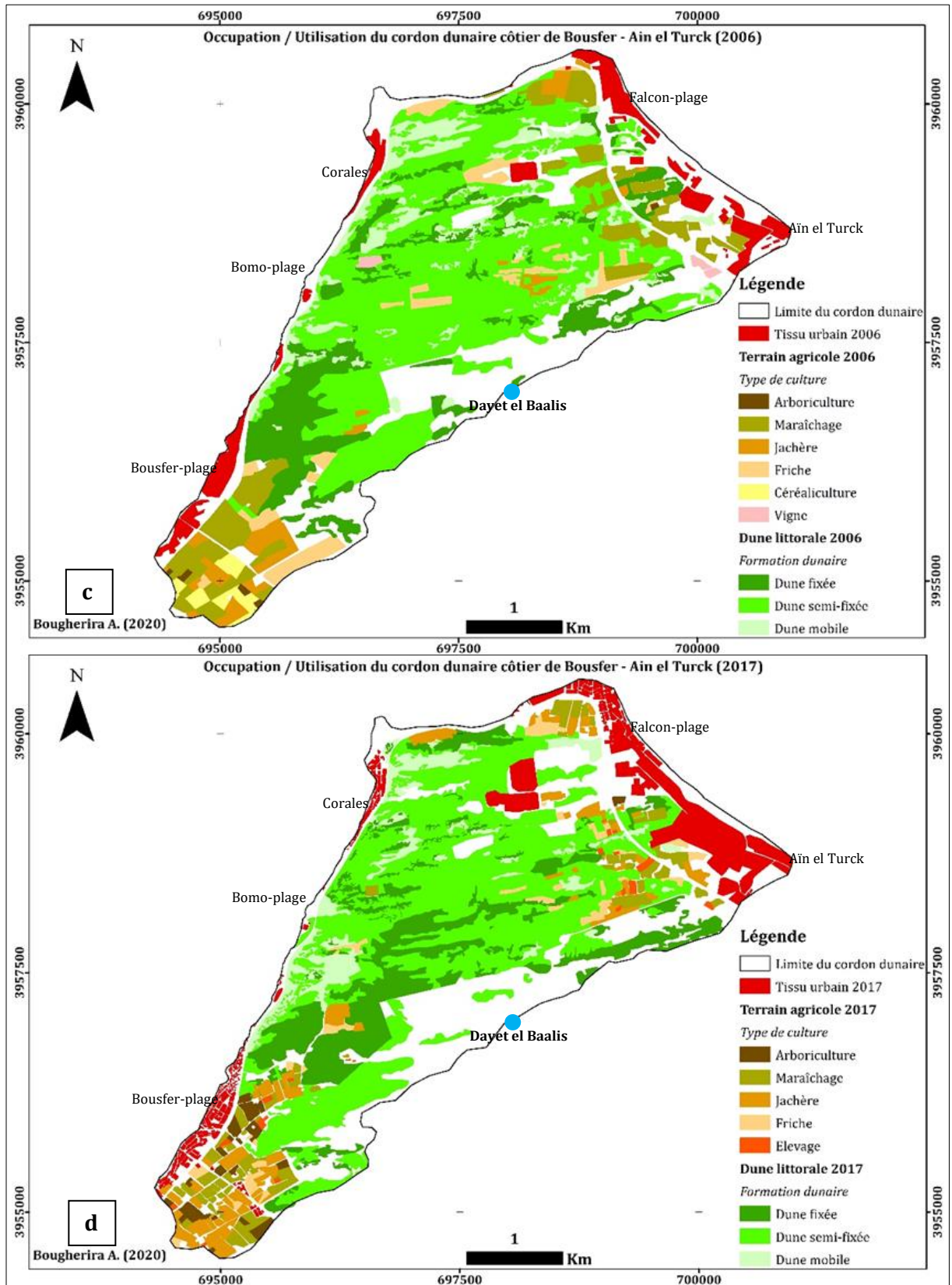
### 3. Cordon dunaire de Bousfer et Ain el Turck : Un espace naturel profondément fragilisé au cours de son évolution

Le suivi de la dynamique des formations dunaires et de l'évolution de l'occupation du sol, au niveau du cordon dunaire de Bousfer et Aïn el Turck, a été effectué selon les dates suivantes : 1959, 1980, 2006 et 2017. Les résultats obtenus montrent que les formations dunaires évoluent positivement et tendent à se régénérer, parallèlement à une régression rapide au niveau des terrains agricoles. En revanche, l'urbanisation côtière continue à suivre une tendance lourde (Figure 34 et Figure 35).



**Figure 34 :** Graphique de l'évolution de l'occupation du sol et des formations dunaires le long du cordon dunaire de Bousfer et Aïn el Turck.





**Figure 35 :** Evolution de l'occupation du sol et de la dynamique des formations dunaires le long du cordon dunaire de Bousfer et Ain el Turck : **a.** 1959, **b.** 1980, **c.** 2006 et **d.** 2017.

### *3.1. Un cordon dunaire à vocation agricole : transformation et régression de l'agriculture favorisant la régénération spontanée des formations dunaires*

Selon les résultats obtenus nous pouvons constater une prédominance de la vocation agricole sur le cordon dunaire de Bousfer et Aïn el Turck. À partir de l'année 1959, les terrains agricoles s'étalaient sur environ 1092 ha, soit 66 % de la surface totale du cordon dunaire. A cette époque, l'activité viticole est prédominante, occupant environ 84% des terrains agricoles utiles. En effet, les vignobles s'étalent principalement au détriment des formations dunaires semi-fixée et fixée, notamment les dépressions inter-dunaires humides. En effet, l'extension rapide des terrains agricoles a provoqué la disparition du complexe humide « *Dayet el-Baalis* », situé au niveau la partie interne du cordon dunaire à la limite avec la plaine littorale de Bousfer. Ce dernier, qui s'étalait sur environ 50 ha, est composé d'un lac entouré de marais et de prairies inondables et humides. En effet, les écosystèmes humides associés au cordon dunaire de Bousfer et Aïn el Turck, ont été perçus comme un obstacle au développement agricole. De ce fait, le complexe écologique humide de Dayet el-Baalis a été asséché et drainé par la canalisation de ses eaux vers la mer, afin d'étendre la surface des terrains agricoles.

Par ailleurs, l'analyse des résultats relatifs à l'évolution du cordon dunaire de Bousfer et Aïn el Turck, au cours de la période de 1959 à 1980, a mis en évidence des transformations profondes au niveau des terrains agricoles, mais aussi une régression rapide de leur superficie totale (-312 ha). Cette dynamique régressive a eu un effet notable sur la viticulture. En effet, nous avons enregistré une diminution significative au niveau des vignobles, d'environ -813 ha, au profit du maraîchage (276 ha) et de la céréale (35 ha), qui occupent les formations dunaires les plus stables et les plus humides comme les dépressions inter-dunaires.

Suite à cette dynamique régressive des terrains agricoles, nous avons observé une évolution positive des formations dunaires, passant de 372 à 717 ha durant cette période (1959-1980), soit 44 % de la surface totale du cordon dunaire de Bousfer et Aïn el Turck. En effet, l'abandon de l'entretien des haies de brise-vent qui entourent les parcelles cultivées et l'arrachage massif des vignes (Aime & Penven, 1982), ont laissé place aux friches viticoles (273 ha). Ces dernières ont favorisé la régénération spontanée des formations dunaires, par leur envahissement en profondeur sur 283 ha, par le sable des dunes mobiles et une recolonisation par la végétation des formations semi-fixées sur 317 ha. Par contre, cette

dynamique a eu un effet négatif sur les formations dunaires fixées, qui ont enregistré une légère diminution d'environ -51 ha.

En revanche, l'extension de l'urbanisation côtière est très faible durant cette période. En effet, le tissu urbain est formé de petits groupements d'habitat rural, éparpillée autour du cordon dunaire sur 23 ha.

### *3.2. Fixation progressive du cordon dunaire : recul des terrains agricoles face à l'extension linéaire de l'urbanisation côtière*

Les résultats obtenus, au cours de la période de 1980-2006, montrent une accélération de l'évolution régressive au niveau des terrains agricoles, avec un bilan déficitaire d'environ - 511 ha. À cette époque, les terrains agricoles s'étalent sur 269 ha (soit 16 % de la surface totale du cordon dunaire), situées principalement au niveau des parties nord-est et sud-ouest du cordon dunaire. Cette évolution a eu un effet négatif notable sur tous les types de culture, notamment sur la viticulture qui marque sa disparition quasi-totale du paysage agricole.

Par ailleurs, cette dynamique régressive des terrains agricoles a continué à favoriser la régénération des formations dunaires, dont le bilan surfacique est estimé positivement à environ + 190 ha. Elles s'étalent sur d'environ 907 ha, soit environ 55 % de la surface totale du cordon dunaire, au détriment des terrains agricoles abandonnés. Néanmoins, l'évolution de la dynamique des formations dunaires a mis en évidence un processus de fixation progressive du cordon dunaire. Ce processus se traduit par une régression significative de - 155 ha, au niveau des formations dunaires mobiles, et une extension des formations de dunes semi-fixées (+244 ha) et fixées (+102 ha). Cette dynamique s'explique notamment par la régénération de la végétation des dunes semi-fixées et des dunes fixées au niveau des friches viticoles, ainsi que par les travaux de reboisement<sup>29</sup> des dunes mobiles le long du flanc ouest du cordon dunaire.

En revanche, on observe une extension rapide de l'urbanisation côtière, avec +62 ha de nouvelles surfaces urbanisées au cours de cette période. L'urbanisation s'étale ainsi sur environ 85 ha, notamment au détriment des formations dunaires mobiles les plus proches du trait de côte, mais aussi au détriment des terrains agricoles qui entourent les anciens hameaux.

---

<sup>29</sup> Plusieurs compagnes de reboisement ont été mis en œuvre au début des années 2000, afin de réduire l'ensablement de l'infrastructure routière, qui longe la partie ouest du cordon dunaire.

### *3.3. Une dynamique fragmentée des formations dunaires : une résilience entravée par l'extension rapide de l'urbanisation le long des dunes mobiles*

L'analyse des résultats obtenus au cours de la période 2006-2017, a montré les tendances lourdes, liées à l'urbanisation côtière, sur la dynamique et l'équilibre du cordon dunaire. En effet, on enregistre une extension rapide de l'urbanisation, s'étalant sur 170 ha au détriment des formations dunaires mobiles et des terrains agricoles. Cette artificialisation, autour du cordon dunaire, a été renforcée par la ramification et l'extension de l'infrastructure routière, qui contourne le cordon dunaire en l'isolant de ses plages associées.

Par ailleurs, les terrains agricoles accusent encore une régression, d'environ – 58 ha, amputé au profit de l'urbanisation et dans une moindre mesure au profit des formations dunaires. Les terrains agricoles occupent environ 212 ha, soit seulement 13 % de la surface totale du cordon dunaire, avec une prédominance du maraîchage de plein champ (32 %), du maraîchage en jachère (37 %) et de l'arboriculture (12 %). De même, les terrains agricoles en friche témoignent de la tendance régressive de l'agriculture au profit d'éventuelle extension urbaine ou régénération des formations dunaires.

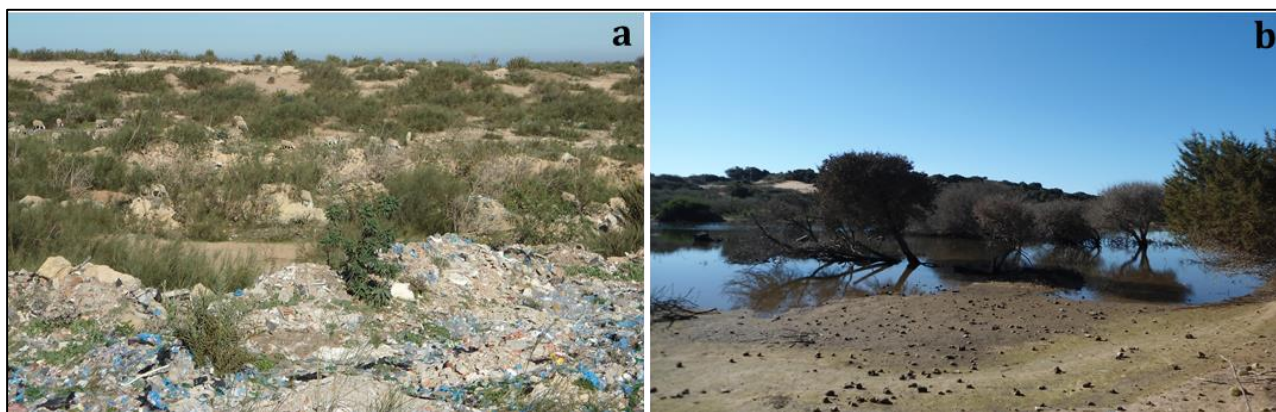
L'extension rapide de l'urbanisation autour du cordon dunaire de Bousfer et Aïn el Turck, a eu des conséquences négatives sur l'évolution des formations dunaires. En effet, nous avons enregistré une légère diminution de -44 ha au niveau des formations dunaires, occupant ainsi 863 ha (soit environ 52.5 % de la surface totale du cordon dunaire). Néanmoins, on observe une évolution contrastée entre un recul au niveau des dunes mobiles -40 ha et des dunes semi-fixée -20 ha, contre une augmentation au niveau des dunes fixées +17 ha. Cette dynamique est la conséquence d'un long processus de fixation du cordon dunaire de Bousfer et Aïn el Turck, qui empêche une régénération des formations dunaires et de leur équilibre écologique et fonctionnel. Il se traduit par deux principaux facteurs. Le premier, étant anthropique, concerne l'extension linéaire de l'urbanisation, faisant perdre aux formations dunaires mobiles leur capacité à stocker le sable. Le deuxième, étant semi-naturel, car il est engendré par le premier ; il concerne la reconversion des espaces précédemment occupés par les dunes semi-fixées en dunes fixées. Cette dynamique est observée au niveau des parties internes du cordon dunaire, où couvert végétal originel se reconstitue, notamment avec le genévrier de Phénicie (végétation arborescente) et du *Retama monosperma* (végétation broussailleuse).

### *3.4. Synthèse des contraintes écologiques et mise en évidence des impacts de la pollution sur le cordons dunaire côtier de Bousfer et Aïn el Turck*

Le cordon dunaire de Bousfer et Aïn el Turck a subi au cours de son évolution des transformations rapides et, parfois, irréversibles. L'analyse de l'évolution des formations dunaires et de leur artificialisation du sol le long cordon dunaire de Bousfer et Aïn el Turck a mis en évidence la vulnérabilité de cette zone face aux pressions anthropiques. Par ailleurs, la régénération spontanée des formations dunaires, au dépend des terrains agricoles, a mis en évidence la capacité de résilience du cordon dunaire, face aux pressions anthropiques. Toutefois, l'extension rapide du tissu urbain et la ramification de l'infrastructure routière, autour du cordon dunaire, ont entravé la régénération des formations dunaires. En effet, l'artificialisation de la partie externe du cordon dunaire, notamment les dunes mobiles, a engendré une fragmentation de la dynamique des formations dunaire et la fixation progressive de la partie interne du cordon dunaire.

Outre les impacts de l'artificialisation du sol sur l'équilibre écologique du cordon dunaire de Bousfer et Aïn el Turck, d'autres formes de pression anthropiques s'ajoutent. En effet, la prolifération des aires de décharge, ayant provoqué la détérioration de la qualité environnemental et paysagère du cordon dunaire (Figure 36-a). Elle a également provoqué l'invasion du site par des plantes adventices et envahissantes comme : *Ricinus communis*, *Datura stramonium*. Ces derniers peuvent engendrer des impacts négatifs sur la biodiversité locale du cordon dunaire, en raison de leur capacité à se propager facilement et à coloniser rapidement les sols pollués. Elles ont également un pouvoir compétitif, qui pourrait réduire le développement d'autres plantes dans leur voisinage, notamment par la forte demande pour l'eau, la lumière et les éléments nutritifs du sol (Ley de la Vega et *al.*, 2012).

Par ailleurs, nous avons relevé des points de rejets des eaux usées, de la station d'épuration des eaux usées (STEP) de Ain el Turck, au niveau des dépressions inter-dunaires humides (Figure 36-b). Les eaux sont déversées sans traitement préalable, en raison du dépassement de la capacité de traitement de la STEP. Ces rejets constituent un risque de contamination des eaux de la nappe phréatique, qui sont utilisées dans l'irrigation des terrains agricoles. De même, cette pollution hydrique constitue un véritable danger à l'équilibre écologique et fonctionnel du cordon dunaire, en diminuant la capacité de résilience des écosystèmes dunaires.



**Figure 36** : Pollution multi-source du cordon dunaire de Cap Falcon ; **a** : décharge sauvage, **b** : déversement des eaux usées de la STEP, sans traitement préalable, au milieu de la dépression interdunaire.

## Conclusion

La méthodologie mis en œuvre, nous a permis d'appréhender l'évolution de l'état de conservation des cordons dunaires côtiers. En effet, l'analyse diachronique de la dynamique des formations dunaires et de l'évolution de l'occupation du sol a mis en évidence la vulnérabilité des cordons dunaires côtiers face aux pressions anthropiques.

Les cordons dunaires étudiés enregistrent des dynamiques évolutives différenciées qui confirment une hétérogénéité dans la dynamique naturelle des deux écosystèmes étudiés. Les interactions entre les dynamiques naturelles et les actions anthropiques en est la principale cause.

Au niveau de Beni Belaïd, l'évolution des formations dunaires accuse une dynamique fluctuante entre des périodes de progression et de régression, avec un bilan surfacique relativement déficitaire. L'agriculture a été le facteur de pression anthropique le plus important, qui pèse sur l'équilibre écologique du cordon dunaire de Beni Belaïd. Elle a eu comme conséquences la fragmentation du cordon dunaire, avec une transition brusque, entre un cordon externe de dunes mobiles et un cordon interne de dunes fixées. De plus, la déstabilisation des dunes mobiles a entraîné la déflation du sable dunaire et à l'envahissement des espaces arrière-dunaires, notamment les dunes semi-fixées et les terrains agricoles.

De même, l'évolution des formations dunaires, au niveau de Sidi Abdelaziz, accuse une tendance régressive. Les formations dunaires mobiles et semi-fixées ont été fortement artificialisée et fragmentée par l'extension linéaire du tissu urbain. Par contre, les formations dunaires fixées ont été stabilisées par des reboisement, induisant une fixation progressive du

cordon dunaire de Sidi Abdelaziz, à travers la colonisation des dunes mobiles et semi-fixées par les plantes ligneuses et arbustives.

En revanche, les formations dunaires au niveau de Bousfer et Aïn el Turck accusent une régénération significative, suite à la diminution des terrains agricoles, qui témoigne de leur capacité de résilience. Néanmoins, l'artificialisation des dunes mobiles a engendré une fragmentation de la dynamique des formations dunaire et la fixation progressive de la partie interne du cordon dunaire.

---

*Chapitre VI : Évolution morphologique du système plage-dune : Perturbation de la dynamique littorale et exacerbation de l'érosion côtière*

---

## Introduction

Les cordons dunaires côtiers forment, avec leurs plages associées, un système morpho-sédimentaire fonctionnel en perpétuelle évolution (Favenec & Battiau-Queney, 2014; Paskoff, 2004). Ils remplissent de nombreuses fonctions écologiques et des services écosystémiques essentiels (Drius et *al.*, 2019; Van der Biest et *al.*, 2017; Turner & Schaafsma, 2015). Nous nous concentrons dans ce chapitre sur l'un des rôles cruciaux des cordons dunaires, qui est le service de protection contre l'avancée de la mer et de régulation sédimentaire. En effet, le cordon dunaire côtiers doit être appréhendé comme une structure de défense naturelle contre les assauts de la mer et contre l'érosion côtière. Il existe une étroite solidarité fonctionnelle entre le système plage-dune, dépendante du bilan sédimentaire côtier, qui consiste en un mécanisme d'auto-défense des plages (Ley de la Vega et *al.*, 2012). De constants échanges sédimentaires, entre les deux maillons du système plage – dune, permettent aux dunes de stocker le sable pendant les phases d'accrétion, afin d'alimenter en période d'érosion côtière leurs plages associées (Paskoff, 2004).

L'érosion côtière est l'un des principaux aléas côtiers qui affecte les littoraux dunaires du monde (Clus-Auby, 2003). L'extension de cet aléa sur les littoraux dunaires, qui sont par définition des formes d'accumulation, a fait penser à un renversement de leur tendance évolutive (Oueslati, 2004; Paskoff, 2004, 1998). En effet, une enquête internationale, menée par la Commission sur l'Environnement Côtier de l'Union Géographique Internationale (UGI), a révélé qu'environ 70% des littoraux sableux sont en recul, 20% sont stables et à peine 10 % en accumulation (Bourgou & Miossec, 2010; Paskoff, 1998). Ce phénomène n'aurait jamais eu une telle importance s'il n'avait pas commencé à mettre en danger les divers aménagements qui se trouvent en bord de la mer, ou à menacer de disparition des rivages naturels à haute valeur écologique patrimoniale.

La compréhension des tendances évolutives de la dynamique littorale est une étape nécessaire pour la gestion des zones côtières (Clus-Auby, 2003; MEEDDM, 2010). La plupart des études ayant traité de la dynamique des côtes sableuses et de leur évolution morphologique ont porté sur des échelles temporelles réduites, basées sur des relevés topographiques ou bathymétriques saisonniers, afin de caractériser le comportement morpho-dynamique côtier à l'échelle des cellules sédimentaires (Aime & Penven, 1982; Bouzidi et *al.*, 2004; Boutiba, 2006; Bruneau, 2009). En revanche, la reconstitution des changements morphologiques, sur une longue échelle de temps, permet d'appréhender la tendance globale de la dynamique littorale. En effet, elle revêt une importance croissante

pour les études qui tentent à comprendre les changements globaux et les impacts anthropiques sur la dynamique des systèmes côtiers.

Dans ce cadre, nous allons étudier la dynamique littorale le long des deux cordons dunaires étudiés. Ce travail consiste particulièrement à quantifier et analyser les changements morphologiques du système plage-dune. Pour ce faire, nous allons suivre l'évolution spatio-temporelle relative aux déplacements du trait de côte et à l'évolution volumétrique du système dunaire. L'analyse repose essentiellement sur une approche diachronique de l'évolution du littoral, à partir de photographies aériennes de différentes missions qui remonte à 1959 jusqu'à 2018 et des modèles numériques de Terrain (MNT ou DEM) que nous avons obtenus à partir de la base de données US Geological Survey (USGS) de 2014 et des cartes topographiques de 1934, 1960 et 1988.

Ce travail a pour objectif de caractériser la tendance évolutive du système plage-dune, de mettre en évidence les dysfonctionnements de la dynamique littorale et les facteurs qui la perturbent, ainsi d'identifier les zones vulnérables et menacées par l'avancée de la mer suite à leur dégradation par les interventions anthropiques.

### **1. La dynamique du système plage-dune de Sidi Abdelaziz jusqu'au Beni Belaid**

Le littoral dunaire de Sidi Abdelaziz et Beni Belaïd a subi une évolution particulière de sa dynamique. D'abord, plusieurs auteurs ont mis en évidence l'importante influence des processus côtiers sur la dynamique littorale, notamment par le régime des houles et les courants de dérive (Kermani, 2016; Boutiba, 2006). En effet, les houles provenant du secteur nord-ouest, atteignent le rivage perpendiculairement et provoquent un courant d'arrachage « *rip current* », en hiver, et en été arrivent du secteur nord-est selon une incidence oblique, ce qui favorise une dérive littorale active de l'est vers l'ouest.

Cependant, les pressions anthropiques, qui se sont multipliées au cours des dernières décennies, ont engendré des conséquences négatives sur la dynamique littorale. En effet, l'analyse de nos résultats concernant l'évolution du trait de côte, au courant du demi-siècle dernier, ont montré un recul accéléré au niveau de ce littoral dunaire. Cette évolution passe par deux périodes majeures ; la première une dynamique littorale stable et la deuxième tend vers l'accélération du recul du trait de côte (Tableau 10).

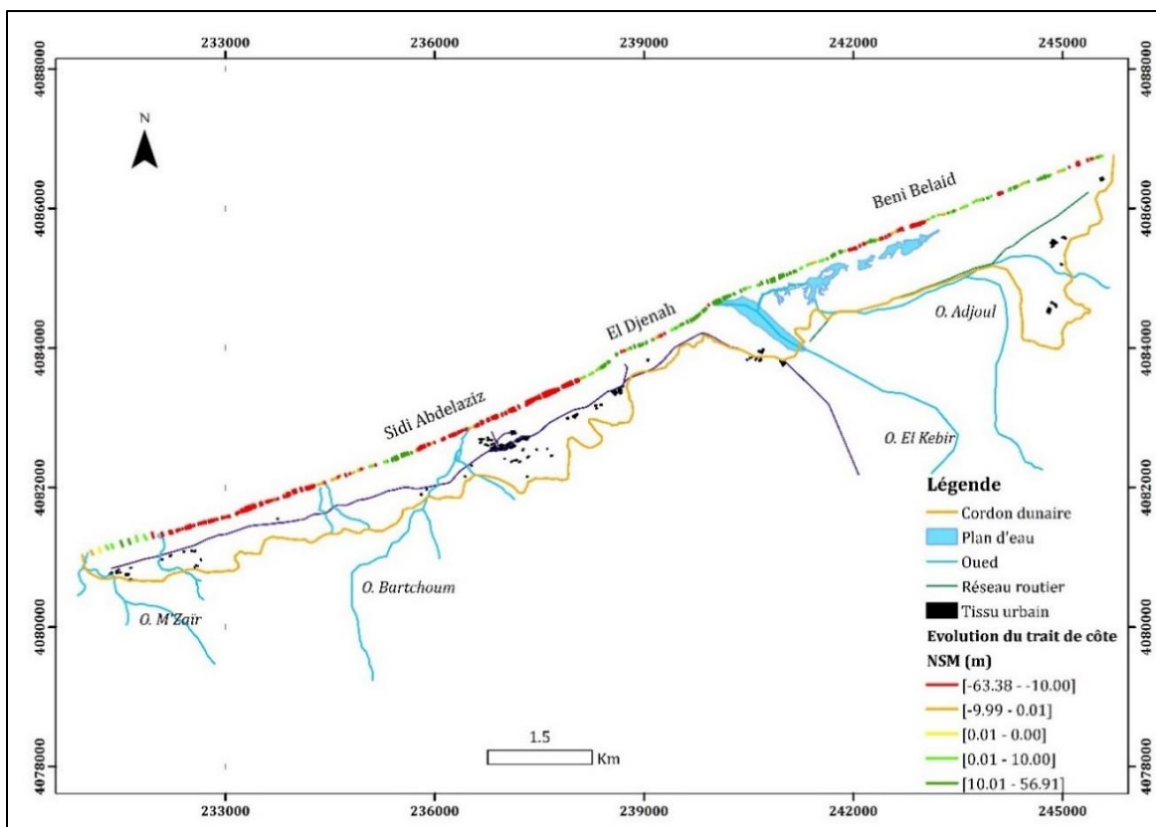
Le Tableau 10 illustrent l'évolution du trait de côte de la plage de Beni Belaid à l'est de l'embouchure de l'Oued El Kebir, d'El Djenah au rocher aux moules au centre, et le long de la plage de Sidi Abdelaziz vers l'ouest, le long d'un linéaire côtier de 16 kilomètres, selon les intervalles de temps suivants : 1960-1988, 1988-2017 et 1960-2017.

**Tableau 10** : Evolution du trait de côte le long du cordon dunaire de Sidi Abdelaziz jusqu'au Beni Belaid entre 1960 et 2017.

Périodes	Secteurs Paramètres	Sidi Abdelaziz	El Djenah	Beni Belaid	Toute la zone
1960-1988	NSM max (m)	+50,12	+56,91	+47,61	+56,91
	EPR moy (m/an)	-0,75	+0,49	+0,03	-0,23
	NSM min (m)	-63,38	-15,93	-47,49	-63,38
1988-2017	NSM max (m)	+34,47	+9,01	-8,5	+34,47
	EPR moy (m/an)	-0,39	-1,29	-1,76	-1,15
	NSM min (m)	-61,73	-109,75	-98,46	-109,75
1960-2017	NSM max (m)	+26,06	+29,93	+23,63	+29,93
	LRR moy (m/an)	-0,56	-0,38	-0,84	-0,59
	NSM min (m)	-78,17	-93,09	-91,24	-93,09

### 1.1. Période de 1960 – 1988 : une dynamique littorale relativement stable

L'analyse des résultats obtenus durant cette période de 28 ans montrent des disparités apparentes entre recule et avancée du trait de côte, avec une légère propension à la progradation de certains segments du littoral (Figure 37).



**Figure 37** : Evolution du trait de côte dans la partie orientale de la baie de Jijel de 1960 à 1988.

Les segments ayant enregistré une accumulation sont ceux d'El Djenah et de Beni Belaid, avec des valeurs moyennes de +0,49 et 0,03 m/an, respectivement. Par contre au niveau de Sidi Abdelaziz nous avons enregistré un recul de l'ordre de -0,75 m/an (Tableau 10). Globalement, nous avons enregistré une stabilité relative au niveau du bilan de l'évolution du trait de côte durant cette période. Néanmoins, on note des valeurs extrêmes de l'évolution du trait de côte, avec un recul de -63m enregistré à Sidi Abdelaziz et un avancé de + 56m enregistré à Beni Belaid. Ces valeurs indiquent une forte dynamique littorale induite probablement par les fluctuations des épisodes de tempêtes et des apports sédimentaires terrigènes des bassins versants.

### 1.2. Période de 1988 – 2017 : Accélération du recul du trait de côte

Durant cette période (29 ans), l'analyse des résultats obtenus montrent une tendance érosive nette sur l'intégralité de la zone d'étude (Figure 38). Les valeurs de recul les plus extrêmes ont été enregistrées de part et d'autre l'embouchure de l'oued El Kebir, qui varient entre -75 et -109 m (Tableau 10). L'érosion généralisée du littoral suit une tendance accélérée durant cette période, avec des valeurs moyennes de -0,39, -1,29, -1,76 m/an à Sidi Abdelaziz, El Djenah et Beni Belaid, respectivement. En revanche, on note une légère stabilité du trait de côte entre Sidi Abdelaziz et El Djenah et sur la partie ouest à l'embouchure de l'Oued M'Zair.

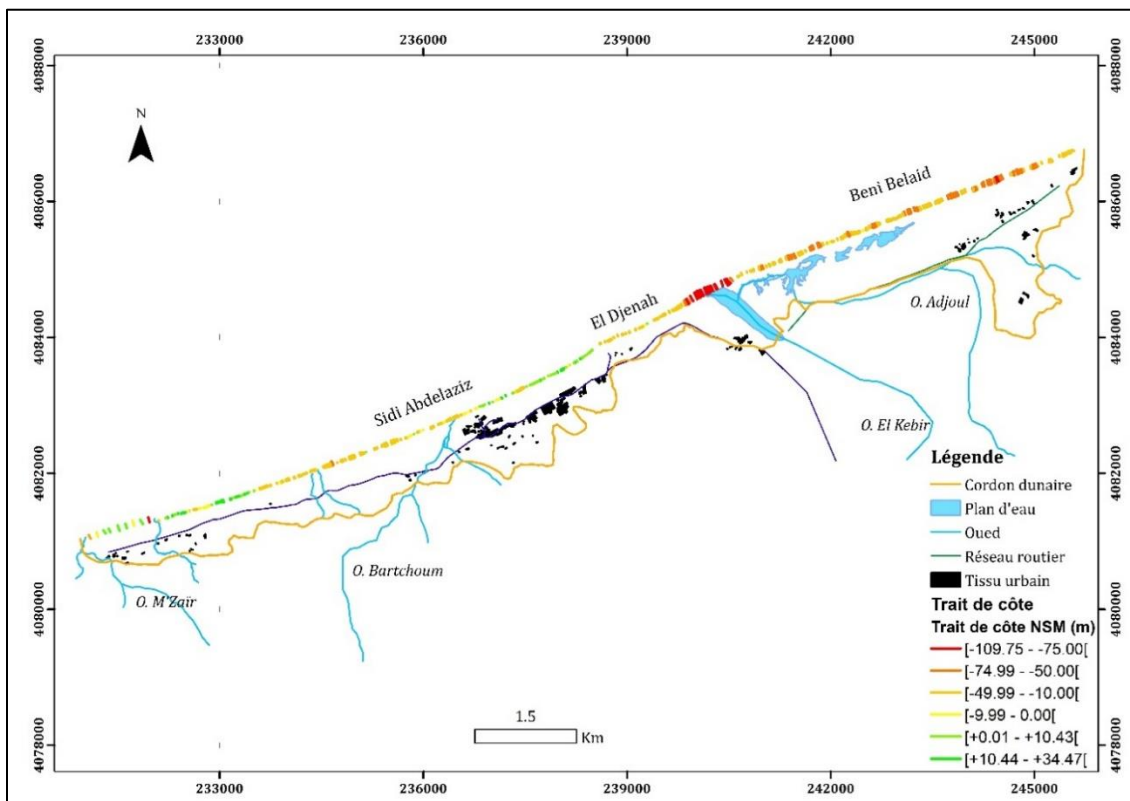


Figure 38 : Evolution du trait de côte dans la partie orientale de la baie de Jijel de 1988 à 2017.

### 1.3. Période de 1960 – 2017 : une dynamique littorale perturbée par diverses interventions anthropiques

L'analyse des résultats de l'évolution du trait de côte sur l'intégralité de la période retenue (57 ans) a montré que de la zone d'étude est soumise à un recul généralisé, avec plus de 84,8 % du rivage en état d'érosion, 10 % en stabilité et à peine 5,2 % en accrétion (Figure 39). Cette tendance érosive suit un rythme d'environ -0,59m/an, pour atteindre dans certains segments de la côte des valeurs extrêmes du recul, qui peuvent dépasser -93 m, situés notamment au niveau de l'embouchure de l'oued El Kebir (Tableau 10).

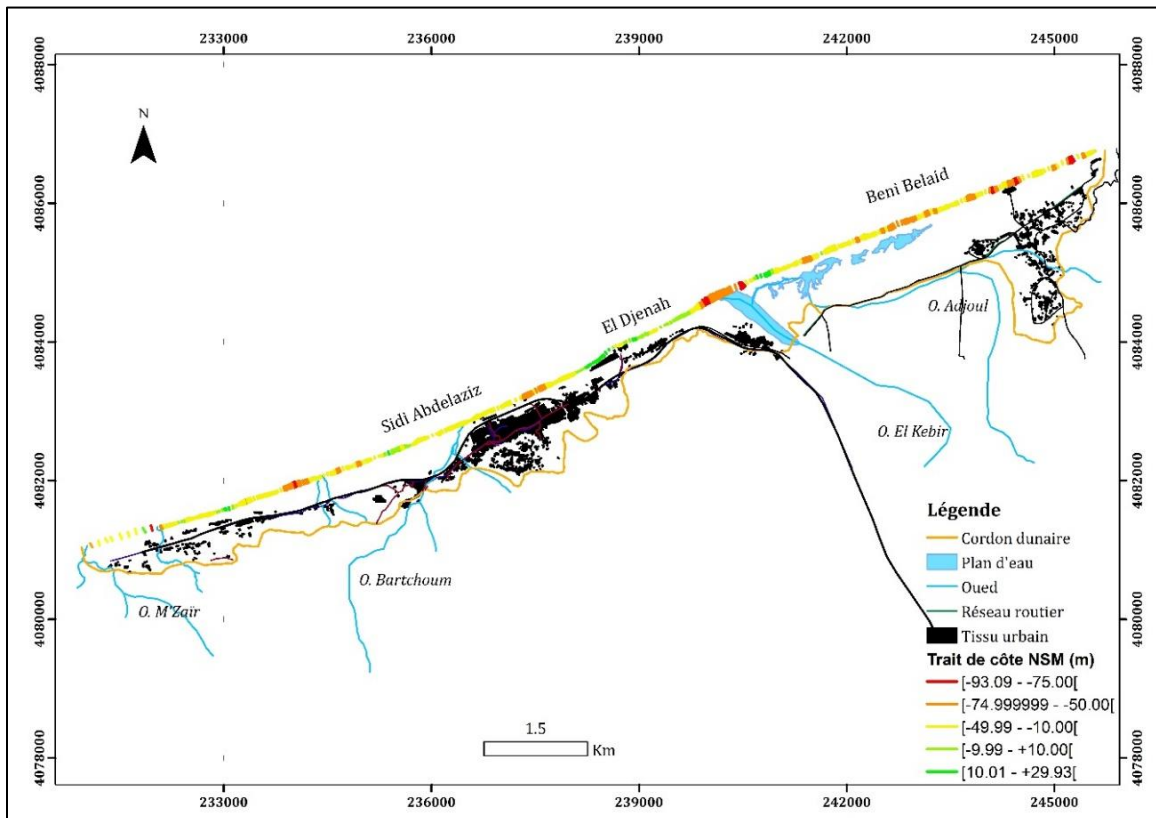


Figure 39 : Evolution du trait de côte dans la partie orientale de la baie de Jijel de 1960 à 2017 et occupation du sol de l'année 2017.

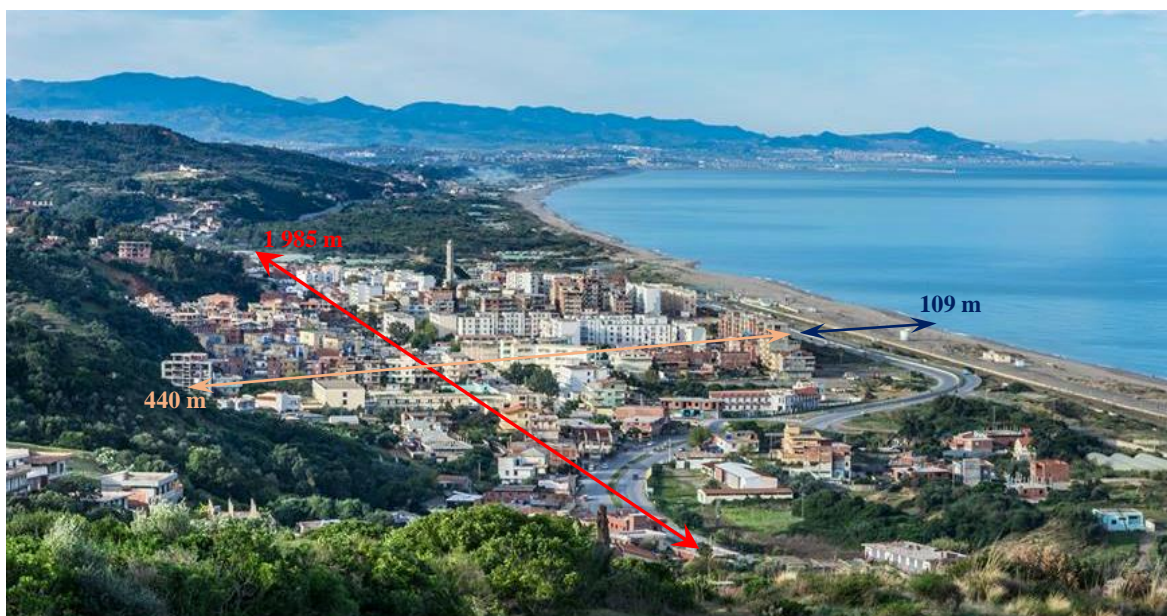
On distingue plusieurs facteurs sont à l'origine de cette dynamique régressive du trait de côte. En effet, on constate une artificialisation rapide du littoral et un appauvrissement du budget sédimentaire du système plage-dune.

#### 1.3.1. Artificialisation et perturbation des échanges sédimentaires transversaux du système plage-dune

Parmi les impacts anthropiques dont souffrent le cordon dunaire de Sidi Abdelaziz est l'artificialisation linéaire du littoral. Celle-ci a provoqué, outre la fixation du trait de côte, le

blocage des échanges sédimentaires entre les différentes parties du profil transversal du système plage-dune, qui jouent un rôle fondamental dans son équilibre.

En effet, la dérivation de la route nationale n°43 le long du cordon dunaire de Sidi Abdelaziz, dans les années 1980, s'est opérée d'une manière à contenir vers l'intérieur une partie importante du cordon dunaire. Cet aménagement a provoqué la rupture de la dynamique sédimentaire entre le cordon dunaire et ses plages associées. En plus, l'Agglomération Chef-Lieu (ACL) de Sidi Abdelaziz continue à se développer linéairement sur les surfaces dunaires récupérées (Figure 40). En plus de la fixation du rivage et la perturbation des échanges sédimentaires entre les différentes parties du littoral, l'urbanisation et les aménagements en lourd empêchent le système plage-dune de s'adapter à l'évolution qu'impose cette tendance érosive.



**Figure 40** : Artificialisation du littoral et l'extension rapide du tissu urbain au détriment des formations mobiles et semi-fixées, au niveau du cordon dunaire de Sidi Abdelaziz (Cliché : Bougherira Mai 2018).

### 1.3.2. Appauvrissement du budget sédimentaire et perturbation de la dynamique du système plage-dune

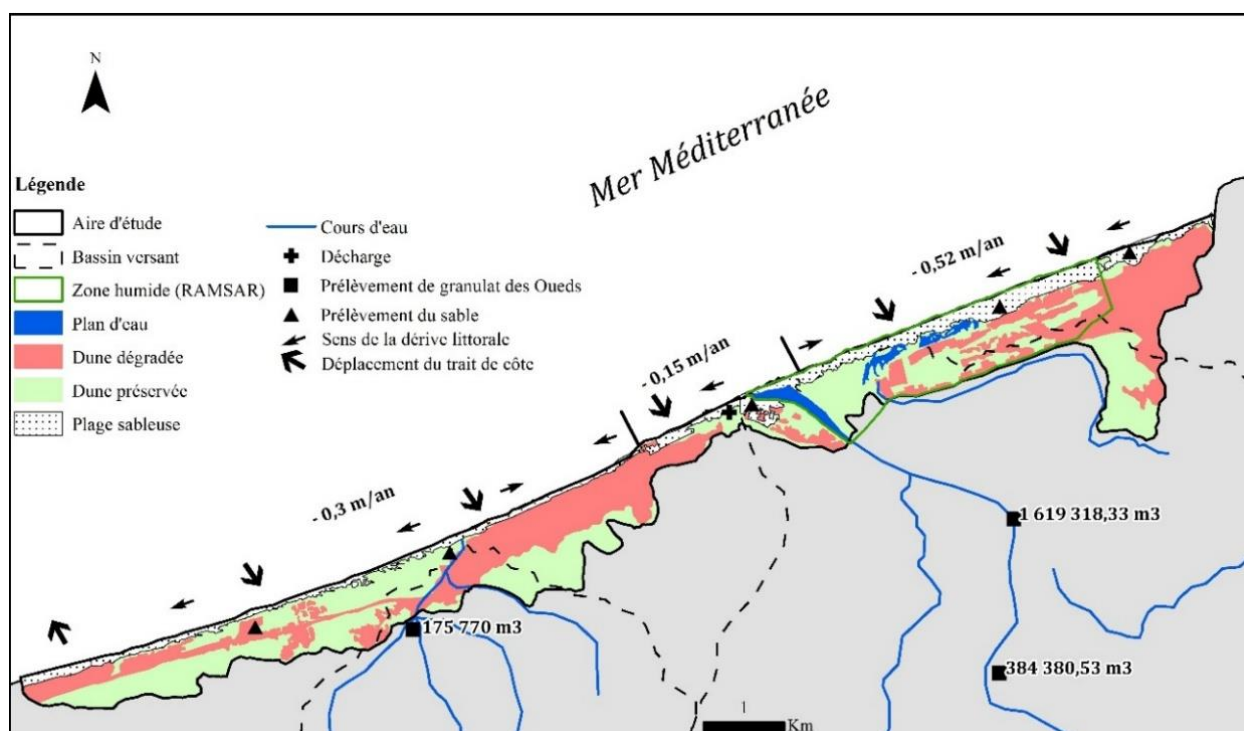
L'appauvrissement du bilan sédimentaire a pu résulter notamment de l'action extractive et destructive du prélèvement des matériaux sablonneux et la perturbation de la dynamique sédimentaire du système plage – dune. D'abord, l'extraction de sable au niveau des dunes et de leurs plages associées représente un facteur aggravant de dégradation de l'équilibre morpho-sédimentaire du système plage-dune.

Sur la base des données obtenues des archives de la direction des domaines de la wilaya de Jijel, nous avons pu reconstituer les carrières de sable qui ont été ouvertes au cours des dernières décennies. Il existe cinq 05 sablières, qui se répartissent le long du littoral dunaire de Sidi Abdelaziz jusqu'à Beni Belaïd (Figure 41). Les quantités de sable prélevé ont pu atteindre, parfois en un seul mois, des valeurs impressionnantes (Tableau 11). On a enregistré, au niveau du cordon dunaire d'EL Djenah, l'extraction de 100 000 m<sup>3</sup> durant un mois en 1975 et 1997.

**Tableau 11 : Volume de sable extrait dans la zone d'étude de 1975 à 2011.**

Secteurs	Sidi Abdelaziz	El Djenah	Beni Belaïd
Périodes	1983 - 2011	1975 et 1997	1989 - 2002
Quantité de sable (m <sup>3</sup> )	404 543	100 000	279 837
1975 – 2011 Total (m <sup>3</sup> )	784 380		

Outre le déficit sédimentaire engendré par les prélèvements intensifs du sable des hauts de plage et des dunes bordières, l'extraction de sédiments et granulats des oueds au niveau des bassins versants limitrophes, plus précisément de l'oued El Kebir et oued Bartchoum, a réduit les apports sédimentaires en amont. En effet, l'extraction de sédiment au niveau des bassins versants se déroulent avec un rythme soutenu d'environ 58 806,6 m<sup>3</sup>/an, depuis deux décennies (Figure 41).



**Figure 41 : Pressions anthropiques, perturbation de la dynamique littorale, et dégradation du cordon dunaire.**

Par ailleurs, les interventions humaines pouvant affectées la dynamique littorale et son équilibre morpho-sédimentaire, par des aménagements situés loin du rivage. En effet, deux barrages sont implantés en amont des bassins versants de l'oued El Kebir. Le premier barrage est celui de Beni Haroun, se situe en amont du bassin versant de l'oued El Kebir, dont la capacité de stockage dépasse  $960 \text{ Mm}^3$  ; il est muni d'une digue de 120 m de hauteur et 710 m de longueur (ANBT, 2005). Le deuxième barrage est celui de Boussiaba, qui a été installé sur un effluent secondaire de l'oued El Kebir, au niveau de la commune d'El Milia ; il est muni d'une digue principale de 51 m de hauteur et 295 m de longueur, dont la capacité de stockage est estimée à  $121 \text{ hm}^3$  (ANBT, 2010).

En aval du bassin versant de l'oued El Kebir, le littoral dunaire de Sidi Abdelaziz jusqu'à Beni Belaïd se retrouve privé d'une partie des apports terrigènes, qui leur offrait un soutien sédimentaire important. Par exemple, selon Toumi et Remini (2018), le barrage de Beni Haroun accuse un taux annuel d'envasement de  $8,3 \text{ Mm}^3/\text{an}$ . Il a retenu après 20 ans de fonctionnement environ  $166 \text{ Mm}^3$ , qui représente 17,3% de la capacité de stockage du barrage.

## **2. La dynamique du système plage-dune de Bousfer et Aïn el Turck**

Contrairement aux littoraux alimentés en matériaux terrigènes, le littoral dunaire de Bousfer et Aïn el Turck est dominé par des bassins versants endoréiques, dont les apports sédimentaires terrigènes sont quasi-nuls. L'équilibre de la dynamique morpho-sédimentaire de ce littoral est assurée principalement par les échanges transversaux de de sable entre les différentes parties du système plage – dune et dans une moindre mesure à travers les déplacements longitudinaux de sable.

Cependant, la dynamique littorale a été sensiblement perturbée, au cours de son évolution, par de multiples interventions anthropiques. En effet, l'analyse de nos résultats concernant l'évolution du trait de côte et l'évolution volumétrique du cordon dunaire, au courant du demi-siècle dernier, a montré une dynamique érosive accélérée, qui se manifeste par un recul accéléré du trait de côte et une diminution importante du bilan volumétrique du cordon dunaire.

### ***2.1. Analyse diachronique de l'évolution du trait de côte : une tendance soutenue vers l'érosion côtière***

Dans cette partie nous allons analyser l'évolution du trait de côte, afin de caractériser la dynamique littorale et de mettre en évidence l'état des plages le long du cordon dunaire de Bousfer et Aïn el Turck. Le Tableau 12 montre l'évolution du trait de côte de la plage Paradis

jusqu'à celle de Falcon, le long de la baie de Ain El-Turck à l'est, et de la plage Madrague jusqu'à celle de Bousfer, le long de la baie de Bousfer-Andalouses à l'ouest, selon les intervalles de temps suivants : 1959-1980, 1980-2006, 2006-2018 et 1959-2018. Au cours de ces périodes, le littoral dunaire de Bousfer et Ain el Turck ont enregistré une dynamique complexe, avec des fluctuations significatives entre érosion et accrétion.

**Tableau 12** : Synthèse des résultats de l'évolution du trait de côte le long des plages du cordon dunaire de Bousfer et Ain el Turck.

Secteur		Baie de Ain El-Turck				Baie de Bousfer-Andalouses			
Période	Plage	Cap Falcon	Bretonne	Ain El-Turck	Paradis	La Madrague	Bomo	Etoile	Bousfer
1959-1980	NSM (m)	-5,04	<b>-14,69</b>	<b>-17,38</b>	-2,55	-3,40	1,46	14,89	6,63
	EPR (m/an)	-0,24	-0,70	-0,82	-0,12	-0,16	0,07	0,71	0,31
1980-2003	NSM (m)	<b>-10,27</b>	<b>-17,87</b>	<b>-7,74</b>	<b>-13,25</b>	<b>-4,55</b>	<b>-6,50</b>	<b>-15,92</b>	<b>-15,87</b>
	EPR (m/an)	-0,44	-0,77	-0,33	-0,57	-0,20	-0,28	-0,69	-0,69
2003-2018	NSM (m)	0,06	<b>13,87</b>	8,00	7,36	-5,94	<b>-9,37</b>	-6,55	-5,74
	EPR (m/an)	0,004	0,96	0,55	0,51	-0,43	-0,68	-0,48	-0,42
1959-2018	NSM (m)	<b>-19,63</b>	-12,22	-14,94	-14,93	-13,82	-14,42	-7,59	<b>-14,86</b>
	LRR (m/an)	-0,36	-0,30	-0,28	-0,30	-0,23	-0,24	-0,19	-0,30

### 2.1.1. Période de 1959-1980 : une dynamique littorale contrastée

L'analyse des résultats obtenus, durant cette période de 21 ans, a mis en évidence une dynamique littorale libre contrastée, avec une tendance érosive sur la baie de Ain el Turck (versant orientale du cordon dunaire) et une stabilité relative avec une propension à l'accumulation le long de la baie de Bousfer (versant occidental) (Figure 42).

En effet, nous avons enregistré un recul moyen du trait de côte qui varie entre -5,04 m jusqu'à -17,38 m le long des plages de la baie de Ain El-Turck. Par contre, nous relevons, dans certains segments de cette baie, une stabilité relative et une légère progradation, notamment au niveau des plages Falcon et Paradis.

En revanche, on constate une progradation moyenne des plages, qui peut atteindre des valeurs importantes de 14,89 m au niveau de la plage Etoile, le long de la baie de Bousfer-Andalouses. Tandis qu'un recul de -3,40 m est enregistré au niveau de la plage Madrague et une stabilité relative à Bomou-plage. Cette évolution du trait de côte, contrastée entre recul, stabilité et avancé, témoigne d'une dynamique littorale tout à fait naturel, dont l'équilibre morpho-sédimentaire est sujet à des fluctuations périodiques.

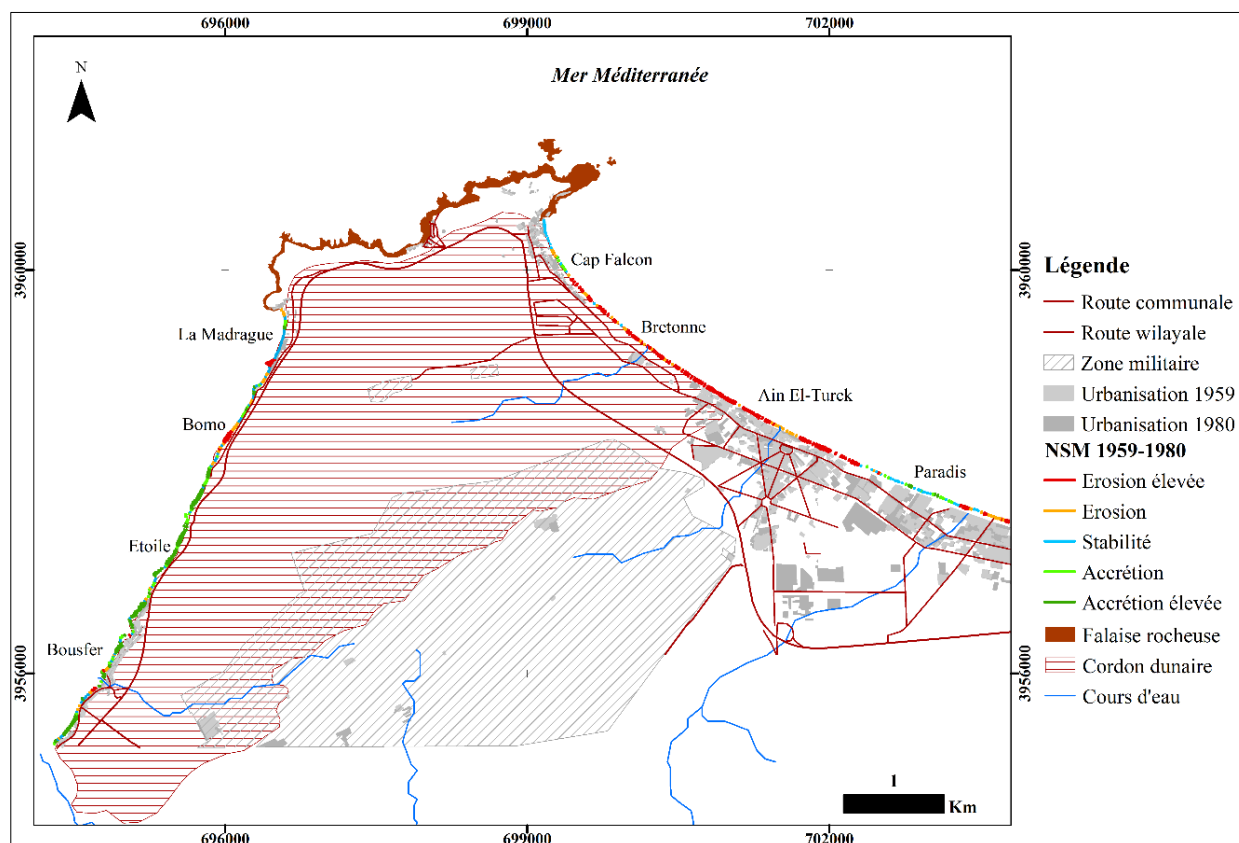
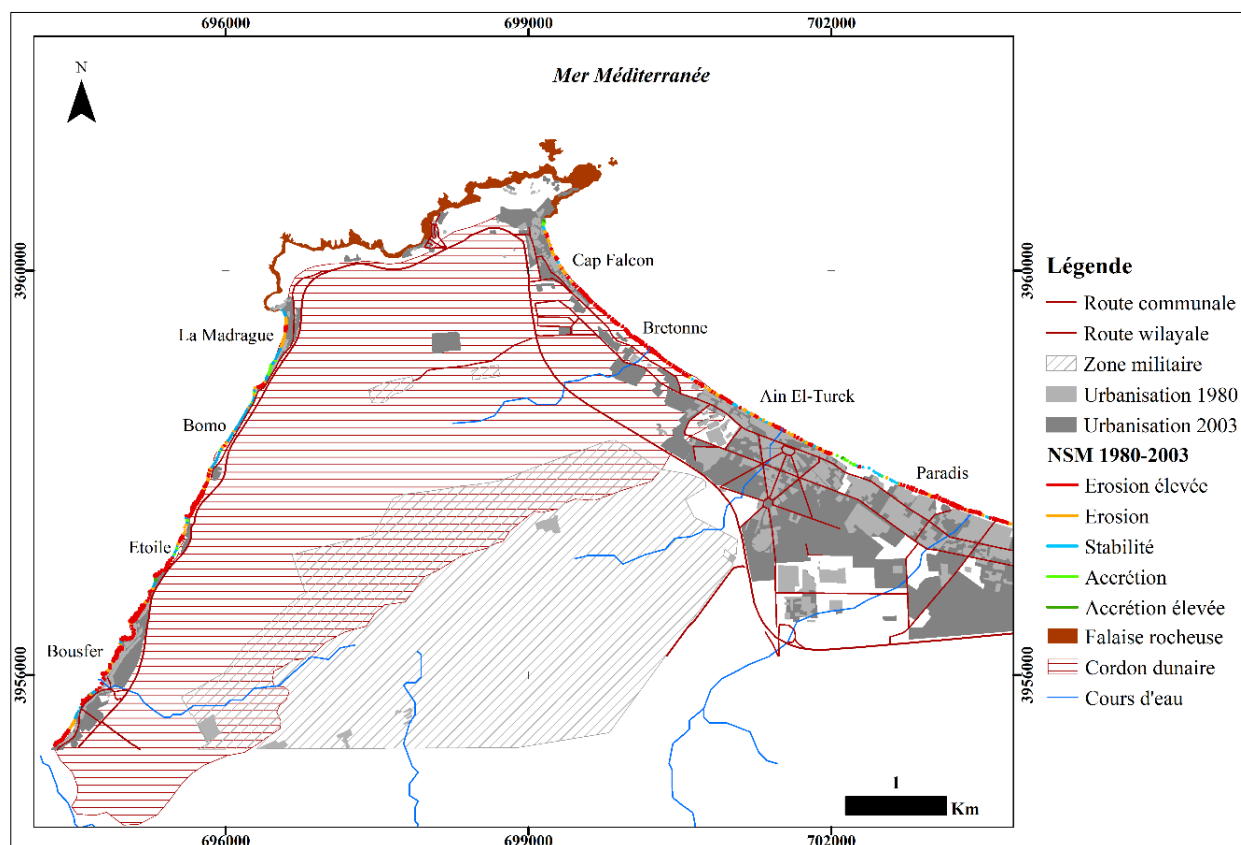


Figure 42 : Evolution du trait de côte dans la zone côtière de Ain El-Turck et Bousfer de 1959 au 1980 (occupation du sol 1959 et 1980).

### 2.1.2. Période de 1980-2003 : une érosion côtière accélérée et généralisée

Pendant cette période de 23 ans, l'analyse de l'évolution du trait de côte a mis en évidence une tendance érosive généralisée le long de toutes les plages de de la zone d'étude (Figure 43).

Les résultats montrent que les valeurs moyennes de l'évolution du trait de côte sont toutes négatives, variant entre -4,55 m et -17,87 m, qui témoignent d'une accélération du phénomène de l'érosion côtière. De même, le phénomène de l'érosion côtière s'est étalé, durant cette période, sur les deux baies de Ain El-Turck et de Bousfer-Andalouses, avec des taux moyens de recul annuel de -0,77 et -0,69 m/an, respectivement (Tableau 12). Malgré cette tendance accélérée à l'érosion côtière, nous avons pu enregistrer une stabilité relative au niveau des plages de Bomo et La Madrague, avec une propension à un recul très localisée.



**Figure 43 :** Evolution du trait de côte dans la zone côtière de Ain El-Turck et Bousfer de 1980 au 2003 (occupation du sol 1980 et 2003).

### 2.1.3. Période de 2003-2018 : Ralentissement de l'érosion côtière et progradation partielle le long de la baie de Ain el Turck

L'analyse de l'évolution du trait de côte durant cette période (15 ans), a mis en évidence un inversement de la tendance évolutive (Figure 44). En effet, nous avons pu relever une progradation progressive le long de la baie de Ain El-Turck, avec des valeurs positives de l'évolution du trait de côte, variant entre 7,36 et 13,87 m. La plage de Cap Falcon a fait l'exception à cette dynamique, où nous pouvons constater une certaine stabilité de l'évolution du rivage. Par ailleurs, le long de la baie de Bousfer-Andalouses, nous avons relevé un ralentissement de la tendance érosive dont les taux moyens de recul annuel varient -0,42 à -0,68 m/an (Tableau 12). Cependant, on enregistre tout de même, des signes de stabilité et de progradation très localisée, au niveau de la partie nord-est de Bousfer-plage.

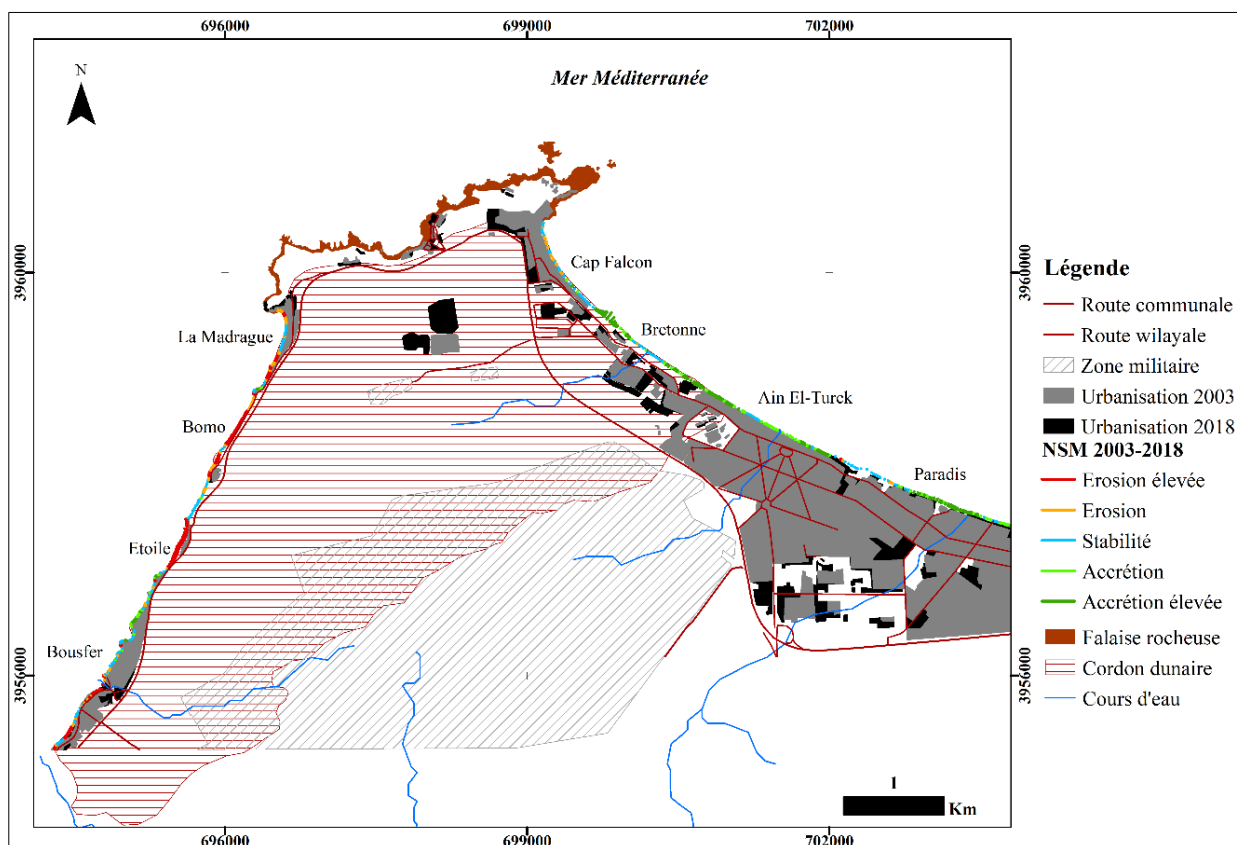


Figure 44 : Evolution du trait de côte dans la zone côtière de Ain El-Turck et Bousfer de 2003 au 2018 (occupation du sol 2003 et 2018).

#### 2.1.4. Période de 1959-2018 : Évaluation de la dynamique littorale et des impacts anthropiques sur son évolution

L'analyse des résultats de l'évolution du trait de côte au cours du dernier demi-siècle (1959-2018) a montré que de la zone d'étude est soumise à un recul généralisé, avec plus de 86,63 % du rivage en état d'érosion, 11,59 % en stabilité et seulement 1,78 % en accrétion (Figure 45). Cette tendance érosive suit un rythme moyen d'environ -0,30 m/an. Elle peut atteindre au niveau de certaines plages, notamment à Cap Falcon, La Madrague et Bomo-Plage, des valeurs extrêmes d'érosion, où les valeurs de recul peuvent dépasser -45 m, au cours des 59 dernières années.

Cette dynamique régressive du trait de côte a été fortement impactée par artificialisation du littoral, qui se manifeste par une extension et densification du tissu urbain. Nous avons évalué cette artificialisation, sur une bande de terre de 300 m à partir des plus hautes mers, à 87% le long de la baie de Ain El-Turck et 46% le long Bousfer-Andalouses. Les impacts anthropiques sont de plus en plus importants et prennent de multiples formes, que l'on peut décliner dans les points suivants :

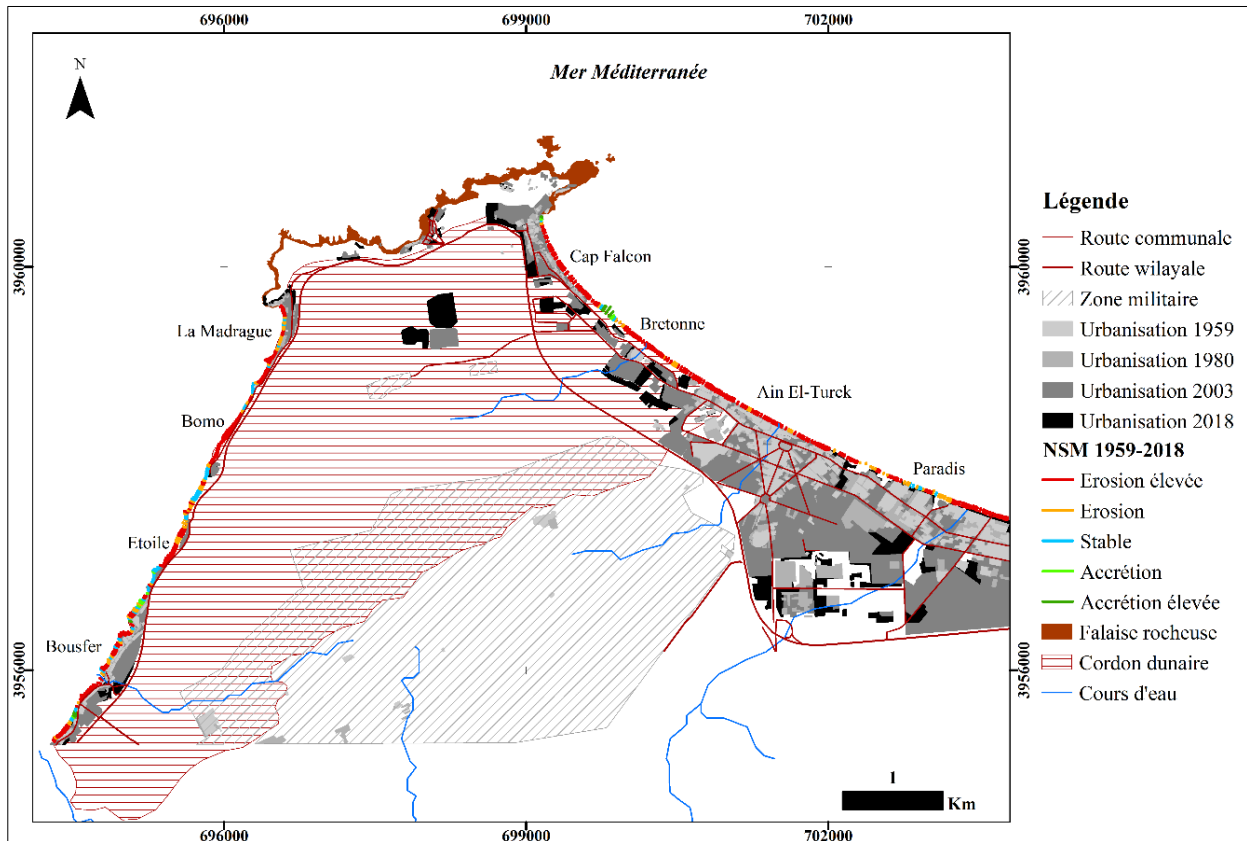
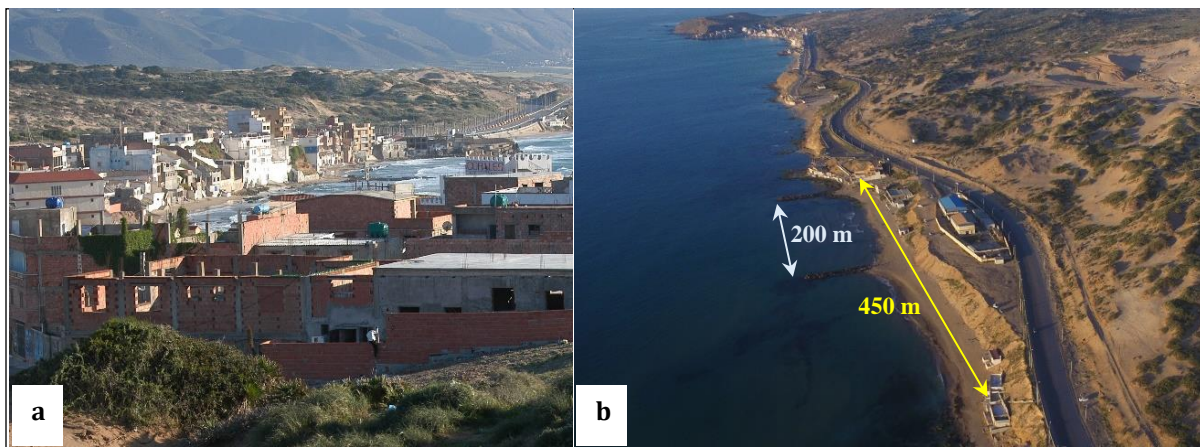


Figure 45 : Evolution du trait de côte dans la zone côtière de Ain El-Turck et Bousfer de 1959 au 2018 (occupation du sol 1959, 1980, 2003 et 2018).

L'urbanisation linéaire le long des plages de Paradis à Falcon revient, outre la fixation de la dynamique de la dune bordière, à interrompre les échanges sédimentaires entre les différentes parties du profil transversal du système plage-dune. En effet, la construction des résidences et des aménagements touristiques le long de cette zone, même si elle avait gardé une distance à la mer, qui dépasse les centaines de mètres ; son étalement sur les dunes bordières a interrompu les échanges sédimentaires transversaux du complexe dune-plage et par conséquent a provoqué une érosion accélérée de leurs plages associées (Figure 46-a). Par ailleurs, sur la partie occidentale, l'extension du réseau routier (à moins de 200 m de la mer), en contournant le système dunaire (Figure 46-b), a favorisé l'ensablement du réseau routier et l'érosion côtière, dus au blocage des transferts éoliens qui s'opèrent entre les dunes et leurs plages associées.



**Figure 46** : Urbanisation linéaire et extension du réseau routier le long du système dune-plage (Cliché 2019 : a : Bougherira A., b : Association SAHEL).

Par contre, la plage de Bretonne accuse, récemment, un avancement spectaculaire du trait de côte, suite à l'aménagement d'un quai d'accostage protégé en amont d'un brise-lame. Ces derniers ont créé une zone de sédimentation et ont favorisé la création d'un tombolo (Figure 47-a). Aussi, l'aménagement de cinq épis, un à Paradis-plage, deux à Ain El-Turck et deux à Etoile-plage, ont eu comme effet le ralentissement de l'érosion des plages, voire l'engraissement dans certains segments. Ces aménagements n'ont apporté de solution à l'érosion côtière que très localement. Ils ont, en réalité, déplacé ce phénomène aux plages voisines, comme celle de Falcon qui continue de suivre la même tendance érosive.



**Figure 47** : Impacts anthropiques sur le littoral dunaire de Bousfer et Ain el Turck, a. Quai d'accostage et brise-lame, b - c. Erosion accélérée et sapement des constructions par les vagues. (Cliché 2019 : a et c : Bougherira A., b : Association SAHEL)

Actuellement, les infrastructures touristiques et résidentielles, ayant été construit illégalement à l'intérieur du Domaine Public Maritime (DPM : bande du littoral de 100 m), commencent à subir l'action directe des vagues (Figure 47-b). Les plages de Bousfer, Etoile et Ain El-Turck, qui sont taillées dans des falaises dunaires grésifiées, s'écroulent facilement face à l'action érosive des vagues de tempêtes, mettant ainsi en situation de risque la population qui y réside (Figure 47-c).

## 2.2. Evaluation volumétrique des changements morphologiques du cordon dunaire de Bousfer et Aïn el Turck

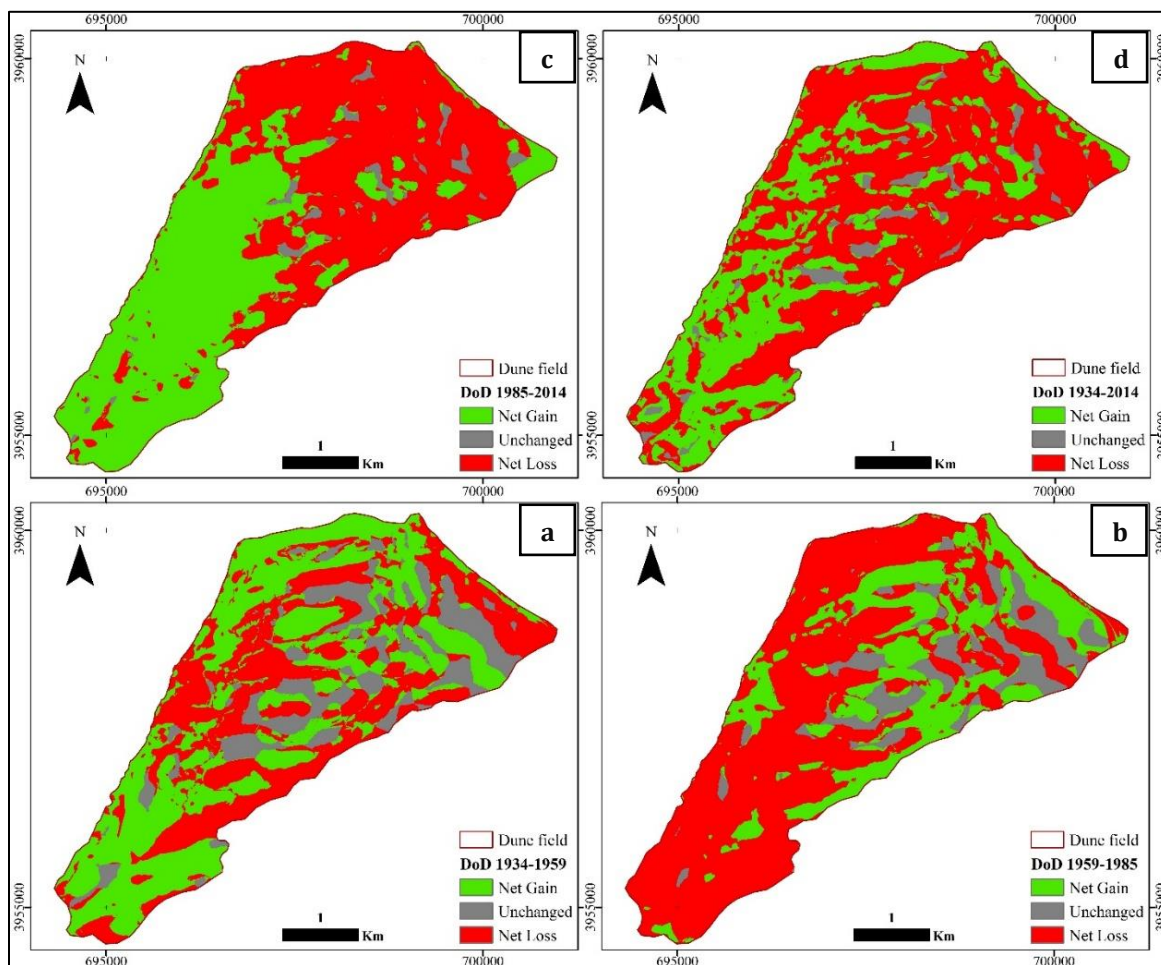
L'analyse des différents DEM générés (Cf. Chap. 3, Fig. 7) montre une dissymétrie dans la topographie du système dunaire qui borde cette partie du littoral oranais. En effet, on distingue une morphologie différenciée entre le versant oriental, dominant la baie de Ain El-Turck, et le versant occidental, dominant la baie de Bousfer-Andalouses. Les dunes du versant occidental sont les plus développées, avec des dunes vives et semi-fixées qui culminent jusqu'à 123 m. Par contre, sur le versant oriental leur hauteur est moindre et sa géomorphologie est atténuée en donnant peu de place aux dunes vives et semi-fixées.

L'analyse des résultats permet de comprendre la dynamique morpho-sédimentaire de la zone d'étude. Elle permet, aussi, de détecter les zones d'accumulation, d'érosion et/ou de stabilité du complexe dunaire qui domine le rivage et de les spatialiser (Tableau 13).

**Tableau 13** : Statistiques des changements volumétriques de la géomorphologie côtière par différenciation des MNT.

*Mm <sup>3</sup> = Million de m <sup>3</sup>		Gain	Stable	Perte	Bilan
1934-1959	Volume (Mm <sup>3</sup> )	35,32	-	-26,73	8,58
	Surface (ha)	712,214	265,880	602,624	109,590
1959-1985	Volume (Mm <sup>3</sup> )	14,26	-	-57,71	-43,45
	Surface (ha)	430,001	197,762	952,954	-522,953
1985-2014	Volume (Mm <sup>3</sup> )	36,79	-	-30,48	6,31
	Surface (ha)	738,490	45,311	797,224	-58,734
1934-2014	Volume (Mm <sup>3</sup> )	14,18	-	-42,74	-28,56
	Surface (ha)	530,636	77,467	972,923	-442,288

La Figure 48 montre les modifications de la morphologie du cordon dunaire de Bousfer et Aïn el Turck entre 1934 et 2014. Les changements volumétriques caractérisent son comportement morphologique net, sur une période de 80 ans, où les augmentations de volume représentent des zones d'accumulation (dépôt) et les diminutions représentent des zones d'érosion. Les zones stables (*Unchanged areas*) sont celles où les changements géomorphologiques sont compris entre les marges d'erreurs qui découlent de la différenciation entre les DEM (DoD) (Tableau 13).



**Figure 48 :** Détection de changement géomorphologique (GCD) par différenciation de MNT du cordon dunaire de Bousfer et Ain et Turck, selon les périodes suivantes : **a.** 1934-1959, **b.** 1959-1985, **c.** 1985-2014 et **d.** 1934-2014.

Cette zone d'étude, de par sa nature géologique et géomorphologique, ne paraît pas offrir des conditions favorables à l'érosion côtière. Le massif rocheux, dans sa partie septentrionale, ainsi que l'énorme cordon dunaire, qui surplombent les plages, devraient offrir une protection naturelle face aux tempêtes marines. De plus, la forme du trait de côte, qui accorde une place à deux baies de Bousfer-Andalouses et Ain El-Turck, caractérise des milieux favorables à l'accumulation. Cependant, l'érosion côtière, comme nous l'avons vu précédemment, a provoqué dans plusieurs endroits, notamment à Falcon, Bomou, Madrague et d'Ain El-Turck, la disparition partielle et parfois totale des plages.

#### 2.2.1. Période de 1934 à 1959 : Une dynamique libre favorable à l'accumulation du sable et à la surélévation du cordon dunaire

Durant cette période, de 25 ans, on constate un bilan sédimentaire positif avec des dépôts en sédiments d'environ 8,58 millions m<sup>3</sup>. Les surfaces en érosion sont, ainsi, moins importantes que les surfaces en accumulation, leur bilan surfacique est positivement estimé à 109,590 ha (Tableau 13).

Nous relevons une dynamique sédimentaire libre, actionnée principalement par le vent, qui assure l'alimentation en sable des parties intérieures du système dunaire, depuis les parties les plus dynamiques du haut des plages et des dunes vives. Nous relevons, aussi, une certaine stabilité au niveau des parties internes du système dunaire, correspondant aux dunes fixées et semi-fixées, avec une superficie totale d'environ 265,88 ha (Figure 48-a). Ces derniers étaient le lieu privilégié à l'implantation du vignoble (Bouziane-Bensafir, 1985).

En revanche, les zones sableuses mobiles occupent les parties du système dunaire proches de la mer, le long des plages de la Bretonne jusqu'à Falcon, sur le côté Est, et de Bomou jusqu'au Madrague, sur le côté Ouest. Ces segments correspondent à des zones d'accumulation, où furent implantés des haies de brise-vents pour limiter le déplacement des dunes sableuses mobiles vers les zones mises en culture (Aime & Penven, 1982).

### 2.2.2. *Période de 1959 à 1985 : Une dynamique régressive accélérée*

Pendant cette période, de 26 ans, la tendance évolutive s'est inversée. Elle se caractérise par une diminution nette dans le volume du système dunaire. Le bilan sédimentaire est déficitaire, avec -43,45 millions m<sup>3</sup> de changement net, qui reflète une tendance érosive soutenue (Tableau 13). Nous pouvons constater l'importance des surfaces érodées qui dominent l'ensemble du système dunaire, au dépend des zones d'accumulation, particulièrement sur la partie occidentale du système dunaire (Figure 48-b). En effet, on estime un bilan surfacique négatif, d'environ -522,953 ha. De même, on constate une diminution dans la surface des zones stables, par rapport à la période précédente, et se limite à 197,762 ha (Tableau 13).

Ce renversement de la tendance évolutive est lié aux deux principaux facteurs. Le premier est lié à la mise en pâturage intense et incontrôlé des surfaces précédemment fixées, ainsi qu'à l'abandon de l'entretien des brise-vents dans les secteurs les plus dynamiques (Aime & Penven, 1982). Le deuxième est relatif à un abandon massif de la viticulture et l'arrachage systématique des vignes (Semmoud & Ladhém, 2015). Ces derniers ont laissé place à d'importantes surfaces dunaires nues, notamment ceux qui se trouvent sur la partie occidentale du système dunaire, allant des dunes qui bordent Bousfer-plage jusqu'à ceux de Bomou et la Madrague. Leur exposition aux vents du secteur Ouest, les plus efficaces et les plus violents, ont déclenché une érosion éolienne importante, selon des sillons et couloirs de déflation. Par conséquent, une partie des quantités de sable mobilisées se déplacent vers la partie orientale, qui continue à s'accumuler, et l'autre se perd en dehors du système dunaire, appauvrissant ainsi le stock sédimentaire.

*2.2.3. Période de 1985 à 2014 : un bilan sédimentaire positif, mais subissant des dynamiques évolutives fortement contrastées*

Durant cette période, de 29 ans, on constate une fragmentation du système dunaire en deux segments, dans lesquels l'évolution morphologique est clairement contrastée. Une forte érosion prédomine la partie orientale opposant la partie occidentale subissant un engraissement (Figure 48-c). Globalement, le système dunaire accuse un bilan sédimentaire positif, avec 6,31 millions m<sup>3</sup> de gain net. Néanmoins, les zones d'érosion (soit 797,224 ha) couvrent des surfaces plus importantes que les zones d'accumulation (soit 738,49 ha) (Tableau 13).

Cette dynamique évolutive est principalement liée à l'ouverture des sablières au niveau du cordon dunaire de Bousfer et Aïn el Turck et l'intensification du rythme d'extraction du sable (Cf. Chap. III). Il convient de rappeler que nous avons pu identifier (09) neuf sablières au niveau du cordon dunaire de Bousfer et Aïn el Turck, durant la période de 1985 à 2019 (Cf. Fig. 19 - Chap. III). Sept sablières ont été ouvertes au niveau de la partie orientale du cordon dunaire, le long de l'arrière-dune de la Bretonne jusqu'à Falcon, durant la période de 1985 jusqu'à 2010. Elles sont de taille relativement moyenne (de 4 à 5 ha), dont le rythme d'extraction est de 55 000 à 100 000 m<sup>3</sup>/an. Plus récemment (depuis 2015), deux sablières ont été ouvertes au niveau de la partie occidentale du cordon dunaire, le long de l'arrière-dune de l'Etoile-plage et Bomou-plage (Figure 49). Elles sont de tailles plus grandes que les anciennes sablières (de 6 et 12 ha), avec un rythme d'extraction soutenu, allant de 130 000 jusqu'à 220 000 m<sup>3</sup>/an.



**Figure 49** : Extraction de sable le long du flanc ouest du cordon dunaire de Boousfer et Aïn el Turck. L'extraction de sable a certainement mis en danger l'équilibre écologique du cordon dunaire de Bousfer et Aïn el Turck, en perturbant la dynamique éolienne. Il en résulte un transport sédimentaire, suivant la direction du vent dominant du secteur nord-est, étant le plus influent

lors de la période sèche de l'année. Ce transport sédimentaire a accentué l'érosion éolienne sur la partie orientale du cordon dunaire, qui enregistre des pertes sédimentaires, tandis que la partie occidentale enregistre une accumulation progressive (Figure 48-c).

#### *2.2.4. Période de 1934 à 2014 : Perturbation de l'équilibre du cordon dunaire favorisant une dynamique morpho-sédimentaire déficitaire*

Durant l'intégralité des périodes précédentes, soit 80 ans, on constate une nette fluctuation entre période de dépôt et érosion sur l'ensemble du cordon dunaire de Bousfer et Aïn el Turck (Figure 48). Toutefois, l'érosion est la dynamique prédominante de l'évolution du cordon dunaire, avec un bilan sédimentaire déficitaire de  $-28,56 \text{ Mm}^3$ . Les surfaces qui correspondent aux zones d'érosion sont nettement plus importantes que celles des zones d'accumulation, avec un bilan surfacique négatif de  $-442,288 \text{ ha}$ . Les surfaces d'érosion se répartissent globalement sur l'ensemble du cordon dunaire, avec une prédominance localisée au niveau des parties nord, est et centre (Figure 48-d).

La dynamique morpho-sédimentaire des littoraux dunaires est essentiellement conditionnée par la répartition équilibrée du stock sédimentaire. Les formations dunaires de Bousfer et Aïn el Turck représentent la principale source de sédiment à leurs plages associées. Cependant, elles accusent une baisse du stock sédimentaire, actionnée par une érosion éolienne intense. En effet, notre analyse des résultats de l'évolution du trait de côte ainsi que ceux relatifs aux changements de la morphologie du système dunaire a montré que le littoral dunaire de Bousfer et Aïn el Turck accuse une tendance régressive, avec un bilan morpho-sédimentaire déficitaire.

## **Conclusion**

Le suivi spatio-temporel de l'évolution du trait de côte et de l'évolution volumétrique du cordon dunaire, a été réalisé selon une approche diachronique basée sur l'utilisation des systèmes d'information géographique (SIG). Cette démarche nous a permis de caractériser les tendances évolutives des systèmes plage-dune et de mettre en évidence les impacts anthropiques sur l'équilibre morpho-sédimentaire des littoraux dunaires étudiés.

Les principaux résultats montrent que les littoraux dunaires étudiés accusent un recul accéléré du trait de côte et une réduction importante du stock sédimentaire du système dunaire. Cette dynamique a été fortement impactée par des processus anthropiques, notamment l'artificialisation du littoral, ayant engendré des perturbations profondes et parfois irréversibles sur le système plage-dune. Nous avons pu constater l'existence d'un

lien très fort entre la dégradation des dunes côtières et l'érosion des plages associées. En effet, l'artificialisation du littoral a provoqué, outre la fixation des cordons dunaires étudiés, le blocage des échanges sédimentaires entre les différentes parties du profil transversal du système plage – dune. De même, l'artificialisation du littoral par l'implantation des ouvrages de protection, le long de la baie de Aïn el Turck, a perturbé la dynamique littorale longitudinale, en favorisant l'érosion des plages en aval de la dérive littorale. Parallèlement, l'appauvrissement du budget sédimentaire a accentué cette dynamique régressive le long des deux systèmes plage – dune étudiés, notamment par le prélèvement intensif de sables des hauts de plages et des dunes bordières. Par ailleurs, le déficit sédimentaire peut être engendré par les interventions d'extraction de sédiments et granulats des oueds au niveau des bassins versants exoréiques limitrophes, en particulier celui de l'oued El Kebir, mais aussi par l'implantation des ouvrages hydrauliques, en amont de ce dernier.

## Conclusion de la deuxième partie

L'évaluation de l'état de conservation, que nous avons réalisé dans cette partie, a montré que les cordons dunaires étudiés sont des écosystèmes particulièrement fragiles. Leur équilibre écologique et morpho-sédimentaire est désormais menacé par des pressions anthropiques croissantes.

L'analyse des résultats de la dynamique des formations dunaires et de l'occupation du sol ont permis de mettre en évidence des transformations rapides et profondes. En effet, la perturbation de la dynamique des formations dunaires est liée principalement à l'extension rapide de l'urbanisation et au développement incontrôlé des activités humaines incompatibles. Ces derniers ont engendré une artificialisation inquiétante, ayant provoquée des perturbations intenses et parfois irréversibles. En effet, le pâturage du bétail, l'agriculture, le tourisme de masse et l'urbanisation ont éliminé de nombreuses étendues de formations dunaires internes, tandis que l'extraction du sable et l'artificialisation du sol mettent en danger les formations dunaires externes, y compris les parties hautes-plages, les dunes embryonnaires et les dunes vives de proximité.

Dans cette partie, nous avons enregistré des dynamiques évolutives différenciées, qui confirment l'hétérogénéité dans la dynamique naturelle entre les cordons dunaires étudiés. À l'échelle de Beni Belaïd, la dynamique des formation dunaires accusent des fluctuations périodiques, avec un bilan surfacique déficitaire au profit d'une activité agricole en plein essor. Cette dernière a eu comme conséquences la fragmentation du cordon dunaire, avec une transition brusque, entre un cordon externe de dunes mobiles et un cordon interne de dunes fixées. De même, la déstabilisation du cordon dunaire externe a provoqué l'envahissement des espace arrières-dunaires, y compris les terrains agricoles attenantes, par les quantités de sable en mouvement. À l'échelle à Sidi Abdelaziz, l'évolution des formations dunaires accusent une régression significative, due à une forte artificialisation des dunes mobiles et semi-fixées. Cette dynamique régressive a épargné les dunes fixées, qui se sont stabilisées par de maintes campagnes de reboisement. En revanche, l'évolution des formations dunaires, à l'échelle de Bousfer et Aïn el Turck, accuse dynamique fragmentée entre la régénération des dunes fixées et semi-fixées, due à la régression des terrains agricole, et l'artificialisation des dunes mobiles, due à l'urbanisation linéaire du haut des plages et des dunes bordières.

Par ailleurs, nous avons pu mettre en exergue le rôle primordial des dunes côtières dans la dynamique littorale, compte tenu des liens écologiques et morpho-dynamiques fonctionnels, qui existent au sein du système plage – dune. En effet, l'artificialisation du littoral a

provoqué, outre la fixation des cordons dunaires étudiés, le blocage des échanges sédimentaires entre les différentes parties du profil transversal du système plage – dune. De même, l'implantation des ouvrages de protection contre l'érosion le long de la baie de Aïn el Turck, a eu un effet inverse, en déplaçant le phénomène de l'érosion côtière sur les plages situées en aval de la dérive littorale. L'appauvrissement du budget sédimentaire a accentué cette dynamique régressive des plages associées aux cordons dunaires étudiés, notamment par le prélèvement intensif de sables des hauts de plages et des dunes bordières. De même, le déficit sédimentaire peut être engendré par les interventions d'extraction de sédiments et granulats des oueds au niveau des bassins versants exoréiques limitrophes, en particulier celui de l'oued El Kebir, mais aussi par l'implantation des ouvrages hydrauliques, en amont de ce dernier.

Dans ce contexte généralisé de pénurie sédimentaire, la préservation et l'entretien des cordons dunaires côtiers présentent un grand intérêt pour la protection des territoires littoraux contre les différents aléas côtiers, en particulier ceux de l'érosion côtière et de la submersion marine. Néanmoins, les cordons dunes se trouvent parmi les formes côtières les plus menacées par les interventions anthropiques, puisque les programmes de planification territorial et d'aménagement du littoral les ont toujours négligés. Les programmes d'aménagement du littoral doivent tenir compte le caractère mobile inhérent aux cordons dunaires, afin de favoriser le maintien des échanges sédimentaires entre les dunes et leurs plages associées.

---

***TROISIEME PARTIE : GOUVERNANCE ENVIRONNEMENTALE DES CORDONS  
DUNAIRES COTIERS : OUTILS DE GESTION DU LITTORAL, PRATIQUES  
LOCALES D'AMENAGEMENT ET DEFIS DE PROTECTION DES CORDONS  
DUNAIRES COTIERS***

---

## Introduction de la troisième partie

Les cordons dunaires côtiers sont devenus des espaces très attractifs pour diverses activités humaines, qui sont souvent incompatibles avec la vocation naturelle de ces milieux fragiles. De plus, les pressions sur les ressources et l'espace se poursuivent à un rythme alarmant, le long des cordons dunaires étudiés, risquant ainsi d'hypothéquer leur équilibre écologique et la durabilité de leurs services écosystémiques.

Face aux pressions anthropiques croissantes sur le littoral algérien en général et sur les cordons dunaires côtiers en particulier, d'une part, et la montée d'une prise de conscience pour la protection des espaces littoraux, d'autre part, l'Etat a promulgué plusieurs textes juridiques et instruments de planification, afin d'instaurer un mode de développement durable, dans ces zones convoitées et fragiles.

Cependant, la mise en œuvre de ces outils reste difficile, vu l'importance des enjeux et la complexité des conflits d'usages, dans l'appropriation et l'exploitation de ces espaces. Plusieurs questions relatives à la gouvernance des espaces côtiers se posent avec acuité. Dans ce cadre, nous tenterons d'analyser dans un premier lieu le cadre juridique et institutionnel relative à la gestion des espaces côtiers en Algérie, en se focalisant sur la place des cordons dunaires côtiers dans la réglementation et les modalités de leur prise en charge par les outils de gestion du littoral. En second lieu, nous analyserons les pratiques locales d'aménagement et d'urbanisation, afin d'examiner l'efficacité de la mise en œuvre des instruments de gestion du littoral, dans la maîtrise de l'urbanisation littorale et la protection des cordons dunaires côtiers. En dernier lieu, notre analyse porte sur les mécanismes de concertation et de coordination intersectorielles, ainsi que la capacité des acteurs à mettre en place des actions intégrées et adaptées aux spécificités locales. L'ensemble des éléments analysés vont nous permettre d'identifier les défis liés à la mise en œuvre d'une gestion intégrée des zones côtières comme démarche de gestion territoriale, adaptée à la conservation des cordons dunaires côtiers.

---

*Chapitre VII : Cadre juridique et institutionnel relatif à la gouvernance côtière en  
Algérie : vers une gestion intégrée des zones côtières*

---

## **Introduction**

Au début des années 2000 les pouvoirs publics algériens ont opéré des changements importants dans la politique nationale d'aménagement du territoire, en particulier pour l'aménagement du littoral. Ces changements se sont traduits par la promulgation de nouvelles lois de mise en œuvre du développement durable, afin de freiner le phénomène de littoralisation et de maîtriser en particulier le développement rapide de l'urbanisation littorale.

En effet, toute extension nouvelle du tissu urbain en zone côtière, à titre indicatif, doit non seulement tenir compte des dispositions de la Loi (n° 29-90) d'aménagement et d'urbanisme et la Loi domaniale (n° 90-30), décrétées en 1990, mais aussi des dispositions de la Loi (n° 01-20) relative à l'aménagement et le développement durable du territoire (2001), la Loi (n° 02-02) relative à la protection et la valorisation du littoral (2002) et la Loi (n° 03-11) relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable (2003). Ce cadre juridique a été renforcé par l'approbation du Schéma National d'Aménagement du Territoire, en 2010, qui prévoit la prise en charge des problématiques de l'aménagement et le développement durable du littoral, à travers l'élaboration d'un instrument stratégique de planification territoriale spécifique appelé Schéma Directeur d'Aménagement du Littoral (SDAL).

### **1. Loi « littoral », un cadre juridique approprié pour la mise en œuvre des principes de la gestion intégrée du littoral et la protection des cordons dunaires côtiers en Algérie**

La promulgation de la loi n° 02-02 du 5 février 2002 relative à la protection et la valorisation du littoral, dite loi « littoral », constitue un cadre juridique approprié pour la mise en œuvre la gestion intégrée des zones côtières en Algérie (Foury, 2017; Kacemi, 2010; Ghodbani, 2005). En effet, elle a pour objet de fixer les dispositions particulières relatives à la protection et à la valorisation du littoral. Elle est composée de 46 articles, indiquant les limites géographiques de l'espaces littoral, les dispositions relatives à l'aménagement et les règles de l'utilisation et de l'occupation de la bande littorale ainsi que les mesures de conservation et de protection des écosystèmes fragiles et des ressources naturelles, qui reposent sur un ensemble d'instruments de gestion et d'intervention appropriés.

### *2.1. Cohérence des principes fondamentaux de la loi littorale avec les dimensions d'intégration de la GIZC*

La loi « Littoral » algérienne repose sur quatre principes fondamentaux, dont certains aspects ne manquent pas de rappeler ceux de son homologue française (Ghodbani, 2005). Ces principes mettent en avant certaines dimensions du principe d'intégration de la GIZC (voir chapitre I, section 6.1), sans y faire référence explicitement :

Le premier principe met en exergue deux dimensions d'intégration : la coordination intersectorielle (intégration horizontale) et la gouvernance multi-échelle (intégration verticale), par l'article 3, qui stipule que : « *...l'ensemble des actions de développement s'inscrit dans une dimension nationale d'aménagement du territoire et de protection de l'environnement. Elles impliquent une action coordonnée des services de l'État, des collectivités territoriales et des associations non gouvernementales...* ».

Le deuxième principe (Art. 4) met l'accent sur la dimension d'intégration spatiale. Il concerne l'élaboration des instruments d'aménagement et d'urbanisme par l'État et les collectivités territoriales, qui doivent :

- « *...orienter l'extension des centres urbains existant vers des zones éloignées du littoral...* »,
- « *...classer dans les documents d'aménagement du littoral, les sites présentant un caractère écologique, paysager, culturel et touristique...* »,
- « *...encourager le transfert des installations industrielles existantes, et dont l'activité présente des dommages pour l'environnement, vers des sites appropriés.* »,

Le troisième principe (Art. 5), qui met l'accent sur l'intégration environnementale, stipule que : « *Toute activité de mise en valeur du littoral doit tenir compte de la vocation naturelle des régions considérées* ».

Le quatrième principe (Art. 6), qui met l'accent sur la notion de la capacité d'accueil du littoral et aussi de l'intégration environnementale, stipule que : « *le développement et la promotion des activités sur le littoral doivent se conformer à une occupation économe de l'espace et à la non-détérioration du milieu environnemental* ».

## *2.2. La loi « littoral » et ses outils de mise en œuvre : instruments de protections et d'aménagement intégré du littoral*

La loi du littoral a prévu deux types d'instruments de mise en œuvre pour son application, dont on distingue : « instruments de gestion du littoral » et « instruments d'intervention sur le littoral ».

Dans ce cadre Commissariat National du Littoral (CNL) a été créé pour mettre en œuvre la politique nationale de protection du littoral, et participer avec les autres institutions à le valoriser. Par ailleurs, les wilayas côtières sont tenues d'élaborer et de mettre en œuvre des instruments de gestion du littoral, comme prévu par la loi « littoral ». Parmi ces instruments on distingue le Plan d'Aménagement Côtier (PAC)<sup>30</sup> et l'Etude d'Aménagement du Littoral (EAL)<sup>31</sup>.

En ce qui concerne le PAC, il est élaboré pour établir un règlement d'aménagement et de gestion du littoral, à l'échelle de la wilaya en prenant en compte l'ensemble du territoire terrestre et l'espace maritime, afin d'appliquer l'ensemble des dispositifs de la loi littorale (Figure 50). Le règlement d'aménagement et de gestion du littoral porte sur : l'occupation du sol, l'implantation de voies carrossables, de routes, l'extension des agglomérations, des constructions, des activités économiques et industrielles, de traitement des eaux usées et de déchets, la création de zones d'activités et d'échouage et d'expansion touristique, de réalisation d'infrastructures portuaires ainsi que la protection d'espaces naturels, de milieux côtiers sensibles, d'aires protégées et de zones critiques<sup>32</sup>. Il est appuyé par un rapport technique, qui fait ressortir : la délimitation de la zone d'intervention du PAC, les caractéristiques environnementales et géographiques, l'occupation de la population et des activités anthropiques, le cadre bâti, et les voiries et réseaux divers et les infrastructures de base, et enfin, les enjeux et scénarios d'évolution ainsi que les propositions d'actions.

Ensuite, l'EAL s'applique uniquement sur les communes côtières. Elle fixe en l'occurrence « ... les conditions et les modalités de construction et d'occupation du sol liées directement aux fonctions des activités économiques autorisées sur une bande littorale de trois (3) kilomètres, les conditions d'occupation des parties naturelles bordant les plages et

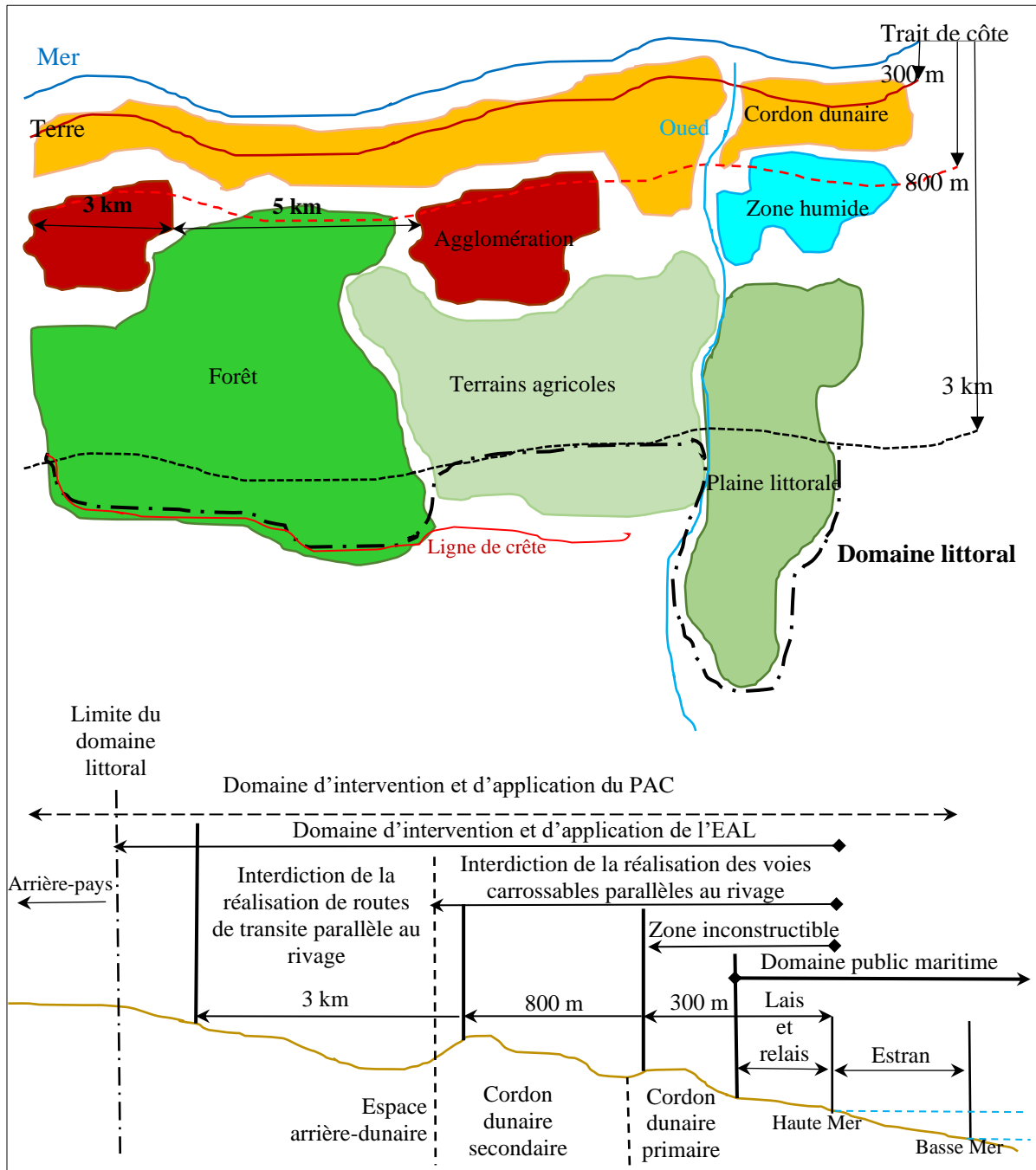
---

<sup>30</sup> Décret exécutif n° 09-114 du 7 avril 2009 fixant les conditions d'élaboration du plan d'aménagement côtier, son contenu et les modalités de sa mise en œuvre.

<sup>31</sup> Décret exécutif n° 07-206 du 30 juin 2007 fixant les conditions et les modalités de construction et d'occupation du sol sur la bande littorale, de l'occupation des parties naturelles bordant les plages et de l'extension de la zone objet de non-œdificandi.

<sup>32</sup> Le classement en aires protégées ou en zones critiques s'applique lorsqu'une zone côtière est menacée d'érosion côtière, de dégradation et/ou soumise à des formes de pollutions avérées.

participant au maintien de leur dynamique et de leur équilibre sédimentaire, ainsi que celle des dunes bordières et des cordons sableux des parties hautes des plages non atteints par les hautes mers, les conditions et les modalités d'extension de la zone objet de non-ædificandie à trois cents (300) mètres ainsi que les conditions dans lesquelles des autorisations peuvent être accordées pour les activités et les services pour lesquelles la proximité immédiate de la mer est une nécessité » (Figure 50).



**Figure 50** : Schématisation des limites du domaine littoral en vue de l'application des dispositions relatives à l'aménagement et l'urbanisation du littoral, au sens de la Loi 02-02 du 5 février 2002.

Dans la perspective de prendre en charge ces dispositions par les politiques publics, un processus généralisé de révision des instruments d'aménagement et d'urbanisme locaux (PDAU et POS) a été initié dans les communes côtières. Cette opération vise à mettre en concordance les instruments locaux d'aménagement avec les nouvelles dispositions des lois et les orientations des instruments de planifications territoriale et des instruments de gestion du littoral, mais surtout afin de mettre les bases d'un aménagement intégré garantissant un développement harmonieux et durable des zones côtières.

Enfin, les instruments d'interventions sur le littoral viennent appuyer la mise en œuvre des instruments de gestion du littoral, notamment dans les cas où il est nécessaire d'entretenir des interventions urgentes. En effet, il est institué un conseil de coordination côtière et un fonds pour financer la mise en œuvre des mesures de protection du littoral et des zones côtières, au titre des articles 34 et 35. De même, l'article 36 de la même loi préconise « ... *des mesures d'incitation économique et fiscale favorisant l'application de technologies non polluantes et d'autres moyens compatibles avec l'internalisation des coûts écologiques, sont institués dans le cadre de la politique nationale de gestion intégrée et de développement durable du littoral et des zones côtières* ».

### ***2.3. Les dispositions relatives aux cordons dunaires côtiers***

La loi du littoral réserve une place particulière au cordon dunaire côtier, qui le définit dans son 2<sup>ème</sup> article comme : « *une langue de sable formée (dans un golfe ou une baie) de débris déposés par un courant côtier et sur laquelle peut se développer une végétation spécifique* ». L'article 17 exige un examen, de toutes actions visant leur aménagement et/ou leur exploitation, par les services compétents (Direction de l'environnement et Commissariat national du littoral), tout en prenant les mesures nécessaires pour : « *...la réhabilitation et la préservation des parties naturelles bordant les plages et participant au maintien de leur dynamique et de leur équilibre sédimentaire, ainsi que celle des dunes bordières et des cordons sableux des parties hautes des plages non atteints par les hautes mers* ». Par ailleurs, l'article 20 interdit l'extraction du sable des dunes littorales, des plages et des parties adjacentes aux plages lorsqu'elles participent à l'équilibre sédimentaire.

Par ailleurs, les dunes côtières font l'objet d'un classement en aires protégées, voire en zones critiques<sup>33</sup> lorsqu'elles sont menacées d'érosion côtière, de dégradation et/ou soumises à des pollutions avérées. Selon l'article 29, « *...l'accès pourra y être interdit et des actions*

---

<sup>33</sup> Décret exécutif n° 09-88 du 17 février 2009 relatif au classement des zones critiques du littoral.

*spécifiques de stabilisation du sol sont entreprises en recourant à des méthodes biologiques pour préserver le couvert forestier ou herbacé. De même, les dunes boisées « ...sont classées afin d'empêcher leur destruction et de garantir leur rôle de stabilisation des sols. Les coupes et arrachages des espèces végétales contribuant à la stabilisation des sols sont interdits ».*

En revanche, la ratification du protocole relatif aux aires spécialement protégées et à la diversité biologique en Méditerranée, signé à Barcelone le 10 juin 1995, par un décret présidentiel (n° 06-405) et la promulgation de la loi (n° 11-02) relative aux aires protégées dans le cadre du développement durable (loi des aires protégées) constituent la base juridique et réglementaire d'une politique écologique et une opportunité pour la mise en place, la gestion et le suivi des aires protégées en Algérie. En effet, elle a pour objet de classer les aires protégées et de déterminer les modalités de leur gestion et de leur protection dans le cadre du développement durable conformément aux principes et aux fondements législatifs en vigueur en matière de protection de l'environnement. On distingue sept catégories d'aires protégées : Parc national, Parc naturel, Réserve naturelle intégrale, Réserve naturelle, Réserve de gestion des habitats et des espèces, Site naturel et Corridor biologique, établies selon les caractéristiques du site proposé pour son classement.

## **2. Mise en place de la Stratégie Nationale de Gestion Intégrée de Zones Côtières en Algérie (SN-GIZC)**

Dans le cadre de la signature du Protocole relatif à la Gestion intégrée des zones côtières (GIZC) de la Méditerranée, entré en vigueur le 23 mars 2011, le Ministère chargé de l'environnement algérien a mis en place, en partenariat avec le Centre d'activités régionales/Programme d'actions prioritaires (CAR/PAP) du Programme des Nations-Unies pour l'environnement/Plan d'action pour la Méditerranée (PNUE/PAM), une Stratégie nationale de gestion intégrée des zones côtières (SN GIZC), pour un échéancier de quinze ans (2015-2030). Cet instrument stratégique a comme ambition d' « *assurer la durabilité des zones côtières, des divers services qu'elles rendent et bénéfiques qu'elles génèrent, en valorisant le littoral de manière à créer des richesses tout en empêchant la dégradation des milieux naturels* » (SN-GIZC, 2015). Cette vision se décline en quatre défis et dix orientations stratégiques (Tableau 14).

**Tableau 14:** Défis et orientations stratégiques de la GIZC en Algérie.

Défis de la zone côtière	Orientations stratégiques de la SN-GIZC
Le défi de la gouvernance	Consolider le cadre institutionnel et législatif, améliorer leur efficacité et renforcer la gouvernance
	Prendre appui sur le savoir et la concertation pour asseoir la décision
	Assurer la connectivité des Aires marines et côtières protégées à travers un réseau national effectif, efficace, dynamique et durable
	Améliorer la sensibilisation et la communication environnementale, impliquer et appuyer la société civile pour une appropriation des mesures de protection et de développement durable des zones côtières
	Optimiser le cadre de la coopération internationale et régionale
Le défi du développement équilibré des zones côtières	Adapter les modes de consommation et d'utilisation des ressources naturelles littorales et des zones côtières et les modes de production
Le défi du savoir et des connaissances comme base de la décision	Renforcer la veille, l'alerte, le suivi et l'évaluation environnementale dans les zones côtières
	Renforcer les capacités humaines et adapter les formations aux besoins de la GIZC
	Innover, diversifier et optimiser le financement
Le défi des risques émergents et des changements climatiques	Intégrer les risques liés au changement climatique dans la planification des zones côtières

La concrétisation de cette stratégie dépend de la prise de conscience à tous les niveaux et de l'optimisation du cadre juridico-institutionnel existant, à travers des mécanismes opérationnels, afin de stopper le processus de dégradation des zones côtières (SN-GIZC, 2015). Parmi les dix orientations stratégiques fixés par la SN-GIZC, nous pouvons distinguer quatre en adéquation avec les objectifs des autres plans et stratégies nationales à mettre en œuvre en zones côtières, comme le Plan national d'action environnementale et du développement durable (PNAEDD), le Plan national climat (PNC), la Stratégie nationale de gestion écosystémique des zones humides, le Schéma national d'aménagement du territoire (SNAT) ...etc. Les objectifs communs de ces derniers s'articulent autour des orientations stratégiques de la SN-GIZC suivant :

- Renforcer la veille, l’alerte, le suivi et l’évaluation environnementale dans les zones côtières,
- Intégrer les risques liés au changement climatique dans la planification des zones côtières,
- Améliorer la sensibilisation et la communication environnementale, impliquer et appuyer la société civile pour une appropriation des mesures de protection et de développement durable des zones côtières,
- Développement des capacités de gestion intégrée et durable, de protection et de préservation du capital naturel des zones côtières,

### 3. Déclinaison de la politique de protection et de valorisation du littoral au niveau des cordons dunaires étudiés

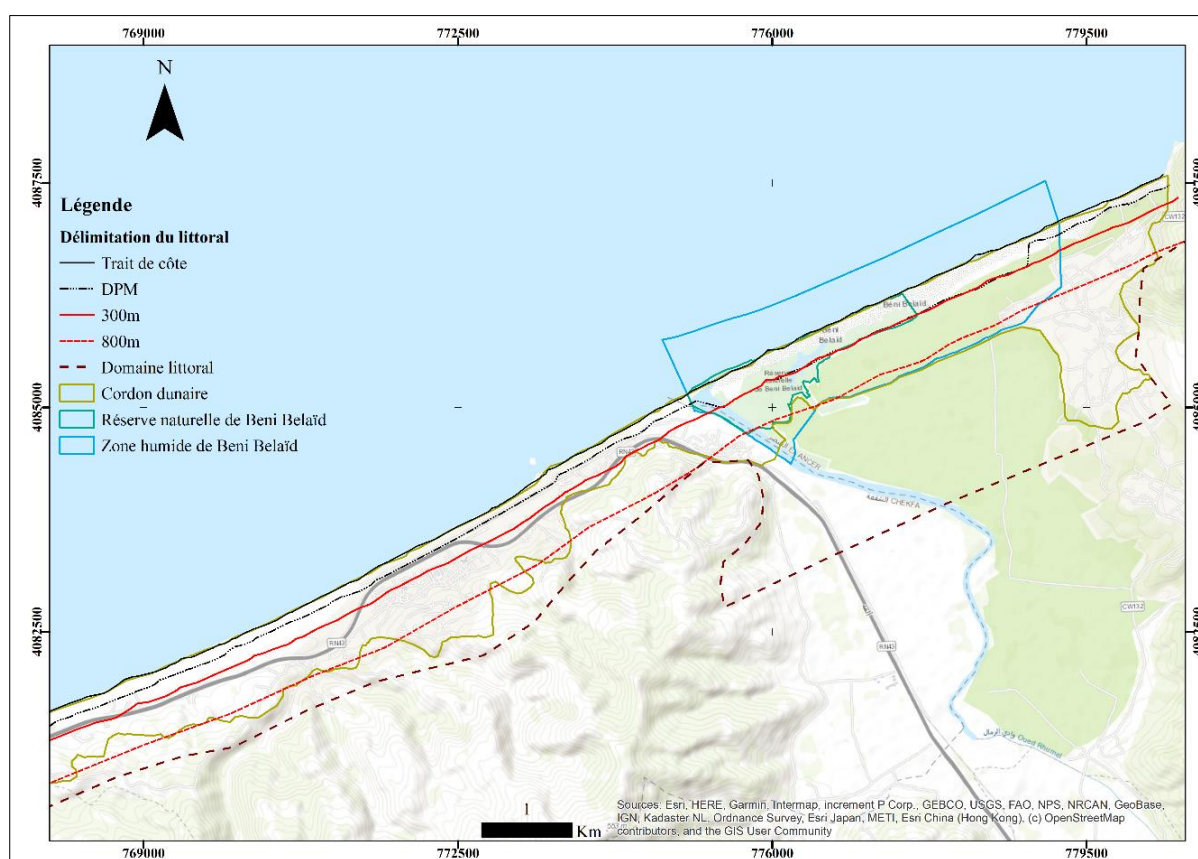
Dans le cadre de la mise en œuvre de la politique de protection de valorisation du littoral à l’échelle des cordons dunaires étudiés, un ensemble de dispositifs préventifs et des mesures de protection a été mis en place (Tableau 15).

*Tableau 15 : Déclinaison des dispositifs de gestion et de protection du littoral le long des cordons dunaires étudiés*

Dispositifs et mesures de protection mis en place	Cordon dunaire de Sidi Abdelaziz et Beni Belaïd	Cordon dunaire de Bousfer et Aïn el Turck
Classement, en aire protégée et réserve naturelle, pour la protection des espaces côtiers naturels	Classement du lac de Beni Belaïd en réserve naturelle en 1997, par arrêté du wali n° 97/786, sur une surface de 121,9 ha, Élargissement du périmètre de protection de la zone humide de Beni Belaïd, sur 600 ha, et son inscription dans le cadre de la convention de Ramsar en 2003.	Lancement de l’étude de protection, de restauration et de classement des dunes bordières et cordon dunaire de Bousfer et Aïn el Turck en 2015, Classement du cordon dunaire de Bousfer et Aïn el Turck en « site naturel exceptionnel », par l’arrêté de la wali n° 2854 du 25/11/2020, s’étendant sur 648 ha de surface.
Outils de mise en œuvre de la loi « littoral » : <b>Instrument de gestion du littoral</b>	Délimitation du domaine littoral en 2004, par arrêté du wali n° 177/2004, et réalisation du cadastre du littoral en 2007, conformément à la loi « littoral ».	Mise en place du plan d’aménagement côtier en 2003, Mise en place de l’Étude d’Aménagement du Littoral en 2015.
Outils de mise en œuvre de la loi « littoral » : <b>Instrument d’intervention sur le littoral</b>	Mise en place de la commission intersectorielle du programme d’aménagement côtier par l’arrêté du wali n° 1095/2002 en 2002 et modifié en 2014 par l’arrêté du wali n° 1689/2014,	Création de la commission intersectorielle chargée de l’élaboration et de la mise en œuvre des programmes d’aménagement côtier, Création en 2017 de la commission de la wilaya chargé du suivi et de la

		validation de l'étude de protection, de restauration et de classement des dunes bordières et cordon dunaire de Bousfer et Aïn el Turck,
Gestion du domaine public maritime (DPM)	Délimitation du Domaine Public Maritime (DPM) en 2015,	Révision de la délimitation du domaine public maritime en 2004 et sa matérialisation en 2008,

Lors du processus de délimitation du domaine littoral, la zone côtière de Beni Benaïd et de Sidi Abdelaziz a été identifiée comme zone sensible et prioritaire (Figure 51), en raison de la fragilité des écosystèmes (plages sableuses, dunes bordières et cordons dunaires, zone estuaire de l'oued El Kebir et la zone humide de Beni Belaïd y associée) qu'elle englobe et des pressions anthropiques croissantes, générées par le développement urbain, agricole et le tourisme ainsi que par la pollution tellurique d'origine industrielle acheminée par l'oued El Kebir, qui menacent son équilibre naturel.

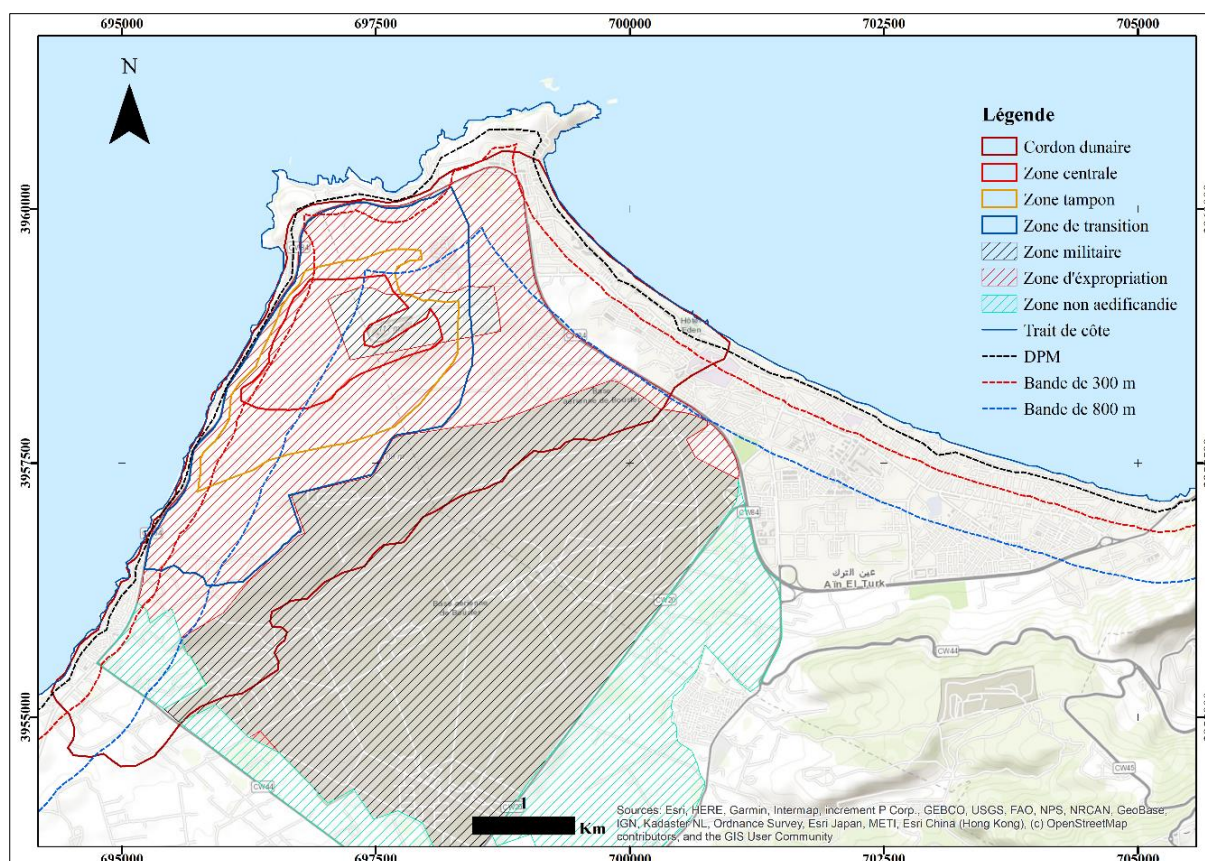


**Figure 51** : Délimitation du domaine littoral selon les dispositions de la loi "littoral" (02-02) et des limites de la zone humide de Beni Belaïd, le long du cordon dunaire de Beni Belaïd et Sidi Abdelaziz.

Un ensemble de mesures préventives a été proposé dans le cadre du plan d'action du cadastre du littoral (2007), qui consiste à la révision des instrument d'aménagement et d'urbanisme locaux pour leur mise en concordance avec les dispositions de la loi « littoral », l'installation

des stations d'épuration des eaux usées au niveau des agglomérations côtières et des unités industrielles situées en amonts du bassin versant de l'oued El Kebir, ainsi qu'un ensemble de recommandation d'écodéveloppement agricole et touristique, pour la conservation des zones naturelles. En effet, un dispositif de protection est déjà mis en place, à travers le classement de la zone humide de Beni Belaid en réserve naturelle sur une superficie de 121,9ha en 1997, par arrêté du wali n° 97/786, puis l'élargissement du périmètre de protection de la zone humide de Beni Belaid (600ha), pour son inscription dans le cadre de la convention de Ramsar en 2003.

De même, la zone côtière de Bousfer jusqu'à Aïn el Turck a été identifiée parmi les cinq zones sensibles, pertinentes et prioritaires dans le cadre de la délimitation du littoral pour la mise en œuvre du plan d'aménagement côtier de la wilaya d'Oran en 2003 (Figure 52). Cette zone englobe des écosystèmes sensibles, dont le cordon dunaire de Cap Falcon est soumis à des pressions anthropiques croissantes, principalement dues à la double vocation touristique et urbaine.



**Figure 52** : Délimitation du domaine littoral selon les dispositions de la loi "littoral" (02-02), et du zonage de l'aire protégée relative au classement du cordon dunaire de Bousfer et Aïn el Turck.

Au vu de la protection du cordon dunaire de cette zone côtière face aux pressions anthropiques et de sa restauration écologique, le Ministère chargé de l'environnement a initié en 2015 l'étude de protection, de restauration et de classement des dunes bordières et de cordons dunaires de Bousfer et Aïn el Turck. Ce dispositif s'inscrit dans le cadre de la mise en œuvre de la SN-GIZC 2015 et des dispositions de la loi 11-02 relative aux aires protégées. Dans ce cadre, une commission chargée de l'élaboration, du suivi et de la validation de l'étude de classement à l'échelle de la wilaya. Celle-ci a abouti à la promulgation de l'arrêté de la wilaya n° 2854 du 25/11/2020, portant classement du cordon dunaire de Bousfer et Aïn el Turck en « site naturel exceptionnel ».

À l'intérieur de cette aire protégée, le cordon dunaire de Bousfer et Aïn el Turck se structure en trois zones de protection, tel que définie par l'article 15 de la loi 11-02 relative aux aires protégées dans le cadre du développement durable (Figure 52) :

- **Zone centrale** : zone qui recèle des ressources uniques. Seules les activités liées à la recherche scientifique y sont autorisées.
- **Zone tampon** : zone qui entoure ou jouxte la zone centrale et est utilisée pour des pratiques écologiquement viables, y compris l'éducation environnementale, les loisirs, l'écotourisme et la recherche appliquée et fondamentale. Elle est ouverte au public pour des visites guidées de découverte de la nature. Aucune modification ou action susceptible de provoquer des altérations aux équilibres en place n'y est permise.
- **Zone de transition** : zone qui entoure la zone tampon, elle protège les deux premières zones et sert de lieu à toutes les actions d'écodéveloppement de la zone concernée. Les activités de récréation, de détente, de loisirs et de tourisme y sont autorisées.

En dépit de ces dispositions préventives, les pressions sur les ressources et les espaces naturels de cette partie du littoral continuent à s'exercer toujours à un rythme soutenu. Des études similaires sur le littoral algérien (Khelil et al., 2019; Boumaour et al., 2018; Larid, 2015; Ghodbani & Amokrane, 2013b) ont abouti au même constat et s'accordent sur la difficulté d'implémenter une Gestion Intégrée des Zones Côtières (GIZC) comme processus de gestion territoriale efficace visant la protection voire la mise en valeur durable des zones côtières, particulièrement dans les zones sensibles à haute valeur écologique.

## **Conclusion**

La question de la gouvernance territoriale est ainsi abordée. Elle commence par une démonstration du cadre juridique et institutionnel relative à la gestion des espaces côtiers en

Algérie, à travers la présentation de la loi « littoral » et de la stratégie nationale de gestion intégrée des zones côtières.

Cette analyse nous a permis de constater l'adoption progressive des principes de la gestion intégrée des zones côtières dans la réglementation. Les instruments d'application sont prévus à travers des différents dispositifs juridiques et les outils de gestion pour une intégration effective des enjeux environnementaux dans les politiques publiques. Contrairement aux travaux précédents sur les littoraux algériens, nous nous sommes focalisés sur la place des cordons dunaires côtiers dans la réglementation et leur prise en charges dans les instruments de gestion, notamment par leur classement en aire côtière protégée.

---

*Chapitre VIII : Urbanisation des littoraux dunaires, entre outils de gestion et pratiques locales d'aménagement*

---

## Introduction

Dans le chapitre précédent nous avons vu que l'adoption de nouvelles lois, favorisant le développement durable, devrait fixer les orientations fondamentales de l'aménagement du territoire à différents niveaux de gouvernance, au même titre que la mise en œuvre des instruments de gestion du littoral devrait atténuer les contraintes de leur gestion, tout en favorisant l'expression naturelle des processus côtiers et des équilibres écologiques et morphologiques. En effet, un ensemble d'instruments de planification territoriale<sup>34</sup> et de gestion du littoral<sup>35</sup> a été mis en place, dont leur mise en œuvre concrète sur le terrain s'applique au moyen des instruments d'aménagement et d'urbanisme locaux (PDAU et POS), au niveau des communes côtières.

Néanmoins, l'aménagement et l'urbanisation des cordons dunaires étudiés est un processus relativement ancien, alors que la mise en place de la loi « littoral » ainsi que ses instruments de mise en œuvre n'ont commencé que depuis deux décennies. Les instruments d'aménagement et d'urbanisme locaux, qui ont été conçus avant la promulgation de la loi « littoral », avaient été mis en place pour répondre à une demande sociale de logement. Rares sont les PDAU et POS qui tiennent compte des caractéristiques écologiques et physiques spécifique au milieu littoral, avant cette période.

Par ailleurs, l'extension actuelle de l'urbanisation côtière et des zones d'expansion touristique (ZET) mettent en évidence des pratiques d'aménagement mal-adaptées et non-durables. L'occupation des cordons dunaires étudiés et de leurs plages associées s'opère selon diverses stratégies qui sont parfois à la limite de la légalité, qui rend ainsi difficile la conciliation entre les enjeux de l'aménagement et du développement et les défis de protection de l'environnement.

Dans ce cadre, nous allons, dans un premier temps, analyser les processus de l'urbanisation côtière et l'aménagement touristique, afin d'appréhender les enjeux de l'urbanisation du littoral et de mettre en évidence les dysfonctionnements qui entourent la gestion et l'aménagement des cordons dunaires étudiés. Pour ce faire, nous examinerons les instruments d'aménagement et d'urbanisme locaux et leur articulation avec les instruments de planification territoriale, les outils de gestion du littoral en place, ainsi que leur intégration des dispositions de la loi « littorale ».

---

<sup>34</sup> Schéma National d'Aménagement du Territoire (SNAT), Schéma Directeur d'Aménagement du Littoral (SDAL), Schéma Régional d'Aménagement du Territoire (SRAT) et Plan d'Aménagement Territorial de la Wilaya (PATW).

<sup>35</sup> Cadastre du littoral, Plan d'aménagement côtier (PAC) et Etude d'aménagement du littoral (EAL).

## **1. Les préoccupations de l'étalement urbain le long du cordon dunaire de Beni Belaïd et Sidi Abdelaziz : entre mitage et densification urbaine**

Une étude dénommée « Le cadastre du littoral » a été réalisée en 2007 par le Ministère de l'environnement et de l'aménagement du territoire, dans le cadre de la mise en œuvre de la loi « littorale » dans la wilaya de Jijel. Elle consiste à délimiter l'espace littoral à travers ses différentes composantes, établir un bilan écologique et de l'occupation du sol. Cet instrument de planification littorale a pour objectif de préparer la mise en place du plan d'aménagement côtier au niveau de la wilaya et l'étude d'aménagement du littoral au niveau local (communes côtières), mais surtout la mise en œuvre concrète des dispositions de la loi « littoral ».

Néanmoins, le besoin croissant en logements et équipements s'est traduit, en l'absence d'une maîtrise des outils d'aménagement lors de ces dernières décennies, par des pratiques d'aménagement incohérentes. La réponse à la demande croissante de logement à Sidi Abdelaziz et la lutte contre la prolifération anarchique de l'habitat spontanée et individuelle à Beni Belaïd constituent la priorité première des collectivités locales. En effet, nous relevons une extension urbaine relativement importante, qui s'opère au profit des espaces dunaires. En termes de spatialisation des tissus urbains, le cordon dunaire de Sidi Abdelaziz et Beni Belaïd regroupe deux agglomérations chef-lieu et trois agglomérations secondaires.

### ***1.1. Processus d'urbanisation du cordon dunaire de Beni Belaïd : Volonté de maîtriser l'urbanisation et de promouvoir le développement de sa zone d'expansion touristique***

Au niveau de Beni Belaïd, l'abondance des terrains privés et l'absence d'un préalable plan d'occupation du sol (POS), ont déclenché une urbanisation anarchique dans un espace rural à double vocation agricole et forestière. Par ailleurs, l'aide financière de l'Etat<sup>36</sup> et ses facilitations vis-à-vis des procédures de construction de l'habitat rural a participé à la diffusion spontanée et l'éparpillement de l'habitat individuel et de résidences secondaires, au dépend des terrains agricoles et du cordon dunaire.

#### ***1.1.1. Analyse des options d'aménagement et d'urbanisation du cordon dunaire de Beni Belaïd : Vers un aménagement en profondeur***

Les options d'aménagement, adoptées dans le PDAU de 2010, se concentrent sur la maîtrise de l'étalement urbain. La délimitation des secteurs d'urbanisation a permis de dégager quatre secteurs : urbanisé (SU), à urbaniser (SAU), à urbanisation future (SUF) et non urbanisable

---

<sup>36</sup> Ce dispositif financier a été mis en œuvre pour réinventer les territoires impactés par l'exode rural durant la décennie 1990.

(SNU) (Figure 53). La solution proposée prévoit deux POS (05 et 06) à l'intérieur du secteur urbanisé, afin de densifier les constructions nouvelles et de préserver les terrains agricoles en dehors du tissu urbain.

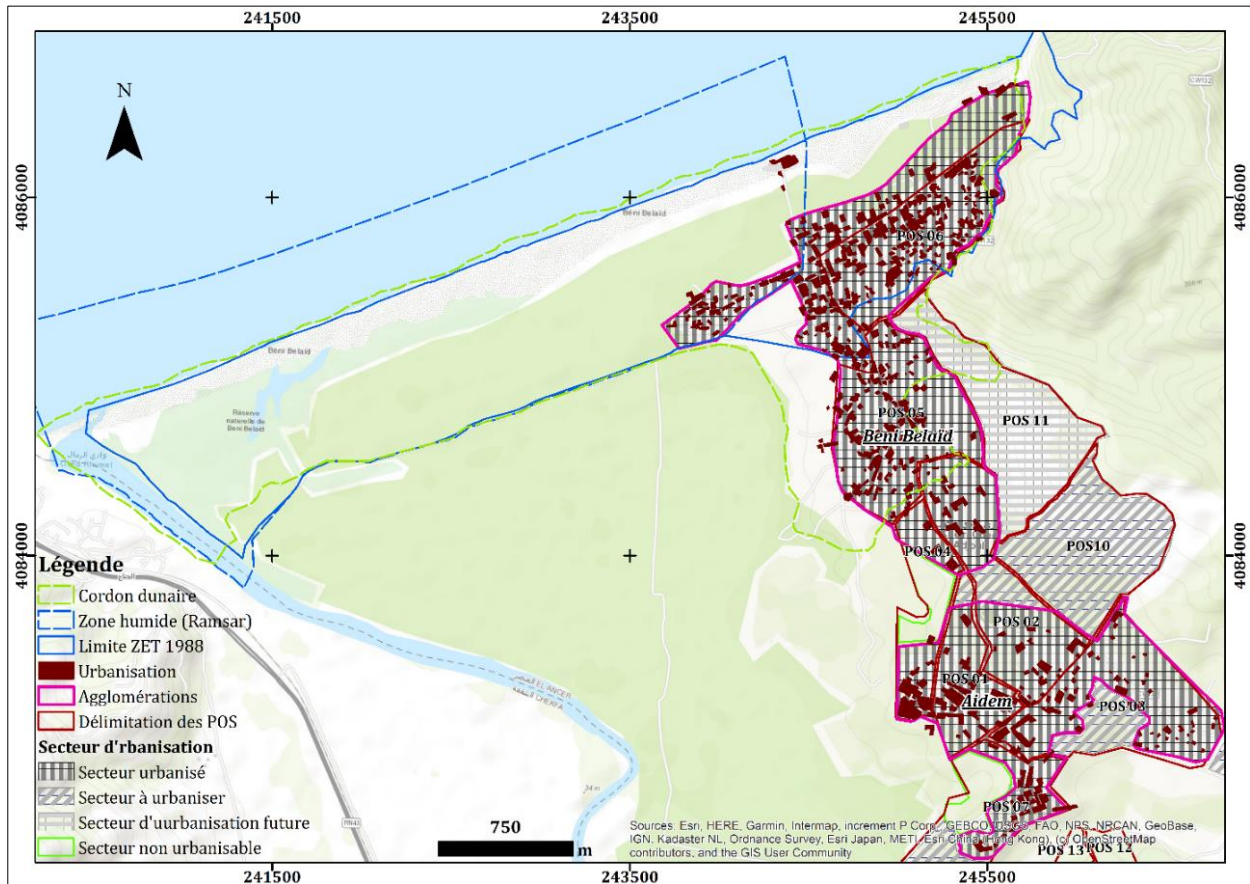


Figure 53 : Répartition des POS et des secteurs d'urbanisation autour du cordon dunaire de Beni Belaïd.

Néanmoins, nous relevons l'expansion de la taille de l'agglomération de Beni Belaïd, au détriment du cordon dunaire, de la zone humide (site Ramsar), des terrains agricoles et de la zone d'expansion touristique (ZET). De plus, les projections d'urbanisation dans les dix prochaines années (secteur à urbaniser), tel qu'elles sont proposées dans le PDAU, vont conduire à la conurbation de l'agglomération de Beni Belaïd et l'agglomération de Aïdem (agglomération chef-lieu de la commune).

Les orientations retenues du PDAU pour l'aménagement l'agglomération de Beni Belaïd, s'avèrent intégrantes des dimensions d'un aménagement durable. Elles proposent de maîtriser l'étalement urbain spontané et anarchique de l'agglomération de Beni Belaïd, tout en favorisant la préservation des terrains agricoles et des espaces naturels. Nous retenons également une volonté d'orienter vers l'intérieur les futurs projets d'aménagement et

d'urbanisation, qui s'avère conforme aux dispositions de la loi « littorale », à savoir le principe d'aménagement en profondeur.

Toutefois, l'analyse des options d'aménagement retenues par les POS révèlent des enjeux locaux pour l'appropriation de l'espace et la régulation urbaine, qui occultent la dimension environnementale. En effet, la mise en œuvre des POS 05 et POS 06 ne fait que préparer la régularisation des habitats ruraux, par leur inclusion dans le secteur urbanisé, et la densification du tissu urbain. Cette solution s'avère inadaptée au vu du caractère village-agricole de l'agglomération de Beni Belaïd. En effet, elle va favoriser davantage la croissance rapide du nombre des résidences secondaires, liée à une forte spéculation immobilière et touristique dans la région. Elles seront détournées de leur vocation initiale, celle de l'habitat rural<sup>37</sup>, consacré au maintien des populations rurales. En effet, parmi les 762 logements de l'agglomération de Beni Belaïd on estime 241 sont des résidences secondaires<sup>38</sup>. Elles seront occupées uniquement durant l'été par les propriétaires et/ou loués aux vacanciers.

#### *1.1.2. Difficultés de l'aménagement de la ZET de Beni Belaïd : Mise en place d'un plan d'aménagement touristique*

En prévision à cette pression croissante le Ministère chargé du tourisme a déclaré, en 1988, l'installation de dix-neuf zones d'expansion touristiques (ZET)<sup>39</sup> au niveau de la wilaya de Jijel. Elles sont prévues par le Schéma d'Aménagement Touristique de la wilaya de Jijel (SDAT-Jijel, 2012), qui propose deux ZET à Beni Belaid et à Sidi Abdelaziz. L'objectif étant de freiner le développement anarchique des activités touristiques le long du littoral, de valoriser le foncier littoral mais aussi de mettre en place un cadre juridique, qui régule l'exploitation de cet espace convoité.

La zone d'expansion touristique (ZET) de Beni Belaïd, qui s'étale sur 483 ha de surface, est classée prioritaire. Elle a bénéficié d'un plan d'aménagement touristique (PAT) qui couvre surface aménageable 55 ha. En effet, le PAT de Beni Belaïd prévoit cinq zones touristiques homogènes : deux zones d'hébergement collectif, qui regroupent 09 hôtels milieu de gamme (Zone A et C), une zone d'hébergement individuel avec deux groupements de résidences individuelles touristiques (Zone D), une zone de commerce, d'animation et de loisir, avec un centre commercial, trois aires de loisir, salle et terrain de sports (Zone E) et en fin, une

---

<sup>37</sup> Dans le cadre des programmes de l'Habitat rural, l'État octroie des aides financières aux populations locales, qui exercent ou résident en milieu rural, afin de construire une nouvelle habitation.

<sup>38</sup> Source : recensement effectué dans le cadre de l'étude du PDAU 2010

<sup>39</sup> Décret n° 88-232 du 5 novembre 1988 portant déclaration des zones d'expansion touristique (JORA, 1988).

zone mixte, qui regroupent des établissements d'hôtellerie (1 hôtel), équipement de loisir, de commerce et de restauration (Zone B) (Figure 54).

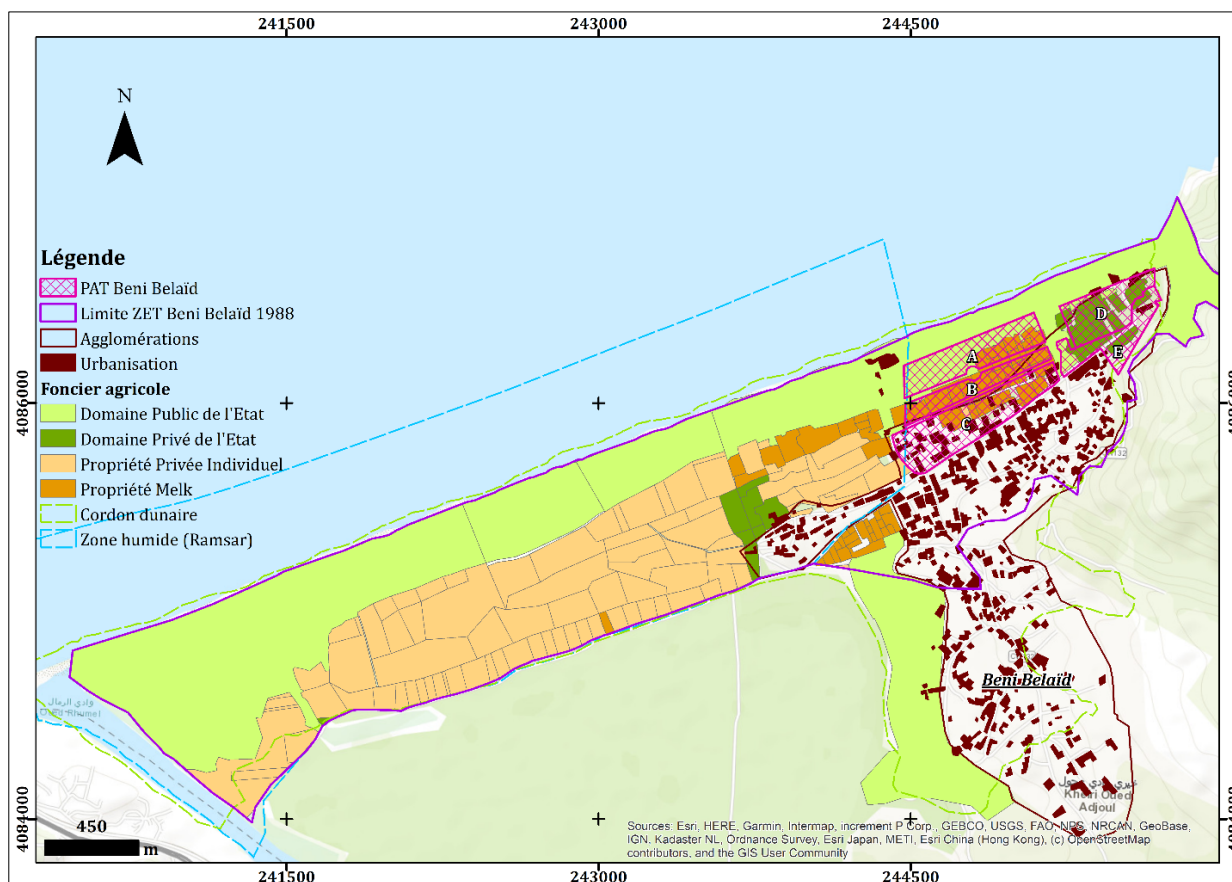


Figure 54 : Position du plan d'aménagement touristique de Beni Belaïd, vis-à-vis de l'organisation foncière des terrains agricoles et du tissu urbain.

Le choix des autorités locales concernant la réalisation de ce plan d'aménagement touristique a été porté sur la partie Est, afin d'éviter tout chevauchement avec la zone humide. Néanmoins, on peut constater l'empiètement des zones aménageables sur des terrains agricoles, majoritairement privé ou *Melk*, du domaine privé de l'Etat (EAC et EAI) et sur le périmètre urbanisé de l'agglomération de Beni Belaïd (Figure 54). En effet, la mise en œuvre du plan d'aménagement s'affronte à de sérieux problèmes fonciers. En effet, la plus grande partie de sa surface est à vocation naturelle et forestière (75%), y compris la réserve naturelle de Beni Belaïd classée zone humide Ramsar en 2003. Une partie importante de sa surface est à vocation agricole, dont 15 % des propriétés privées et 6,5% relevant du domaine privé de l'Etat. Le reste constitue le domaine public maritime (DPM) avec 3,5 % de la surface de la ZET.

### 1.2. Du mitage à la densification du tissu urbain le long du cordon dunaire de Sidi Abdelaziz

Comme nous l'avons mentionné auparavant, le processus de l'urbanisation s'est accéléré au cours des années 1990, notamment à l'échelle de l'agglomération de Sidi Abdelaziz, suite à l'accueil d'une population supplémentaire des habitants des petits hameaux épars, ce qui explique la densification et l'expansion du tissu urbain de l'agglomération de Sidi Abdelaziz. Cette extension urbaine, qui intègre mal les composantes naturelles du littoral, répond en réalité à un besoin prioritaire en logement social.

Comme l'agglomération chef-lieu (ACL) de Sidi Abdelaziz occupent le cordon dunaire, elle fera l'objet de notre analyse de la dynamique urbaine actuelle. En effet, nous relevons une extension linéaire de l'urbanisation le long de l'axe routier (RN 43) le long du cordon dunaire de Sidi Abdelaziz. Plusieurs contraintes empêchent le déploiement de l'urbanisation vers l'intérieur, à cause de la configuration physique du relief et la vocation forestière de l'arrière-littoral de cette zone.

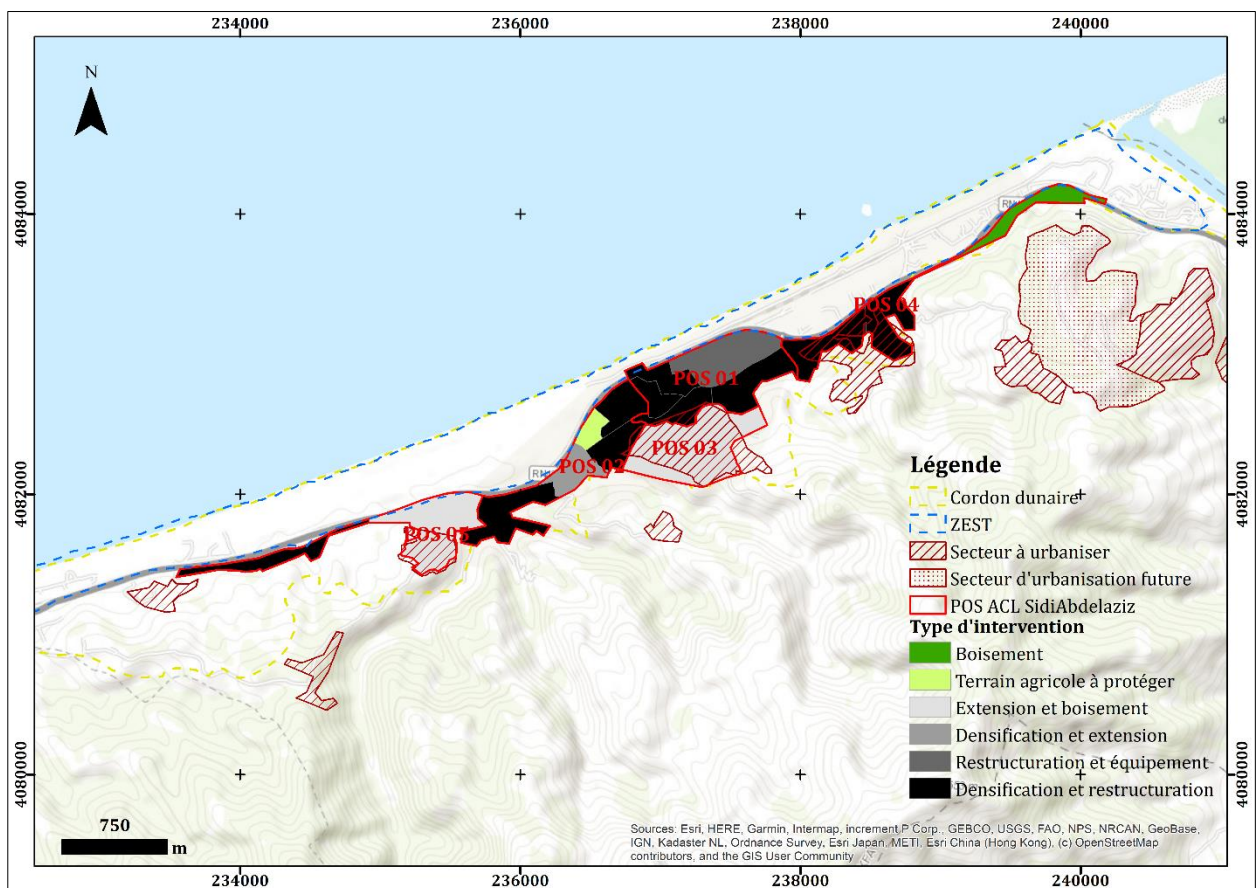


Figure 55 : Urbanisation du cordon dunaire côtier de Sidi Abdelaziz, organisation spatiale des POS, des secteurs d'urbanisation et de leurs périmètres d'intervention.

En 2010, le processus de la révision du PDAU a dégagé le long du cordon dunaire de Sidi Abdelaziz plusieurs secteurs d'urbanisation, correspondant à des types d'interventions particulières (Figure 55).

Les orientations du PDAU visent, d'abords, à concentrer les interventions dans le secteur urbanisé, afin de freiner l'étalement urbain. Elles y préconisent la restructuration du vieux bâti et des voies de communication, la mise en conformité pour la régularisation de l'habitat spontané, ainsi que la densification du tissu urbain. Néanmoins, la saturation du tissu urbain oblige les autorités locales à étendre le périmètre d'intervention sur les espaces attenants.

En effet, le secteur à urbaniser fait l'objet d'une extension de l'urbanisation et de l'aménagement de nouveaux espaces dédiés aux établissements publics. Ces interventions préconisent également d'entretenir des boisements, en raison de l'instabilité et la mobilité du sol liée à la nature sableuse du cordon dunaire. Jusqu'à maintenant, aucune mesure d'intervention n'a été prévue par rapport aux secteurs d'urbanisation future. Comme ces derniers n'ont pas encore été dotés d'un plan d'occupation du sol, ils restent frappés de servitude non-aedificandi.

Le long du cordon dunaire de Sidi Abdelaziz, le PDAU a mis en place cinq Plans d'Occupation du Sol (POS), à l'échelle de l'Agglomération Chef-Lieu (ACL). Néanmoins, les problèmes fonciers rendent très difficile leur mise en œuvre : l'ACL de Sidi Abdelaziz ne dispose pas d'un portefeuille foncier assez suffisant pour répondre au besoin croissant du logement. Les dernières assiettes foncières appartenant au domaine privé de l'Etat (DPRE) ont servi de support aux projets de construction de l'habitat collectif. On distingue trois projets de l'habitat collectif, dont le logement public locatif (LPL : 96 logements), le logement social participatif (LSP : 48 logements) et le promotion immobilière (ex-EPLF : 30 logements). Ces derniers ont été implantés au premier plan, le long du cordon dunaire de Sidi Abdelaziz, au niveau du POS n°1.

En revanche, les POS 2, POS 3 et POS 4 sont principalement dédiés à la construction de l'habitat individuel ; l'urbanisation s'opère souvent par les subventions à l'habitat rural, les lotissements et/ou par l'octroi du permis de construire.

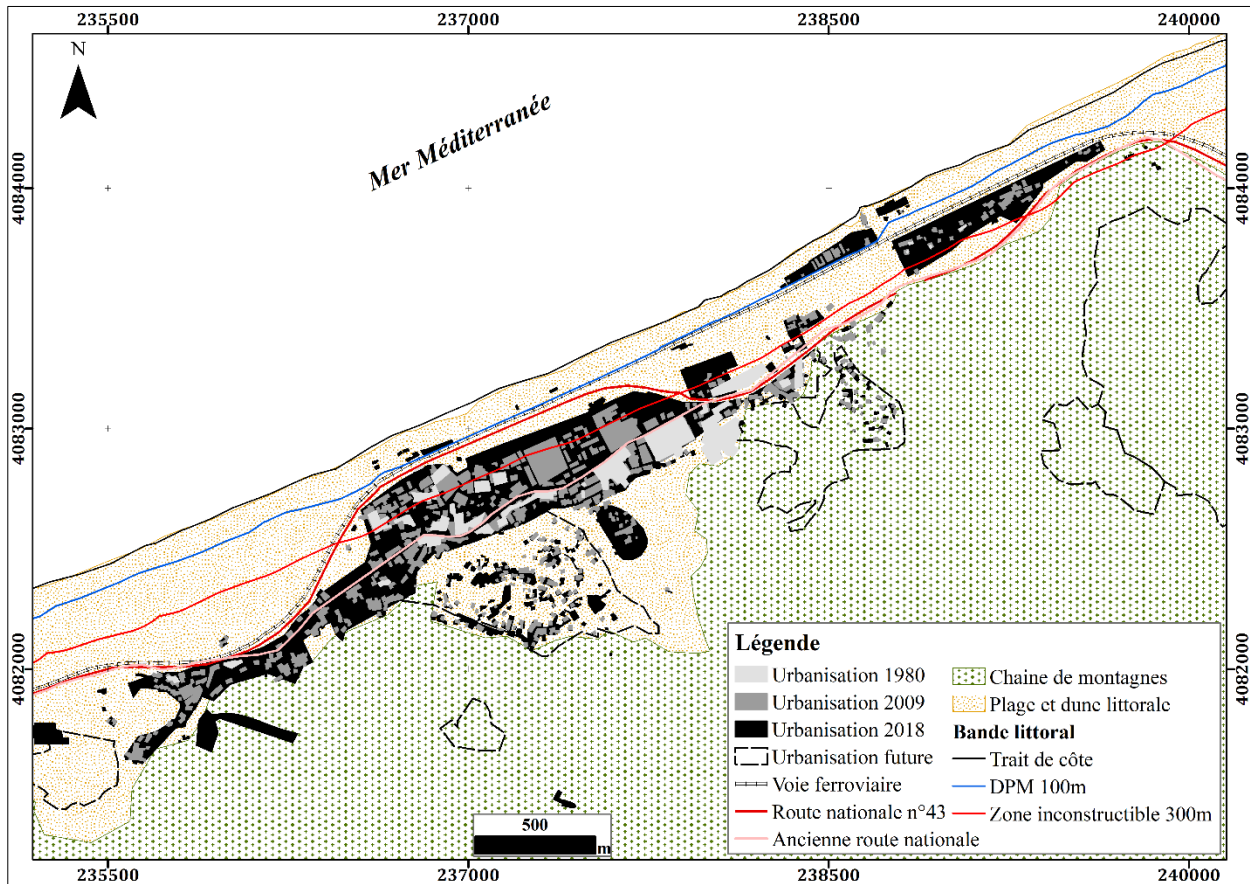
Dans cette situation, la construction de l'habitat collectif, érigé en R+4 et R+5 et implantés au premier plan le long du cordon dunaire de Sidi Abdelaziz, dominant le paysage côtier. Les résidences individuelles, qui se trouvent à l'intérieur de l'espace côtier, sont en l'occurrence privées des aménités du paysage côtier et de la vue sur mer. Ces pratiques s'avèrent contraire aux règles d'aménagement et d'urbanisation du littoral, qui exigent

l'ouverture des espaces de respiration urbaine et l'égalité d'accès à la mer et de jouissance et des aménités paysagères du littoral.

*1.3. Faible application des dispositions de la loi « littorale » : un processus de révision des instruments d'aménagement et d'urbanisme mal adapté ...*

Cette forme d'urbanisation, qui intègre mal les spécificités naturelles et encore moins la vocation touristique du territoire, est loin de suivre les modes d'aménagement durable préconisés par les instruments de planification territoriale (SNAT, SRAT, PATW). Ces derniers appellent à une meilleure intégration des spécificités naturelles et socio-culturelles locales, dans les plans d'aménagement et d'urbanisme locaux.

Dans le cadre de la mise en œuvre la loi « littoral » au niveau de la wilaya de Jijel, les autorités locales ont mis en place le cadastre du littoral (2007). Ce dernier préconise dans son plan d'action prioritaire : la mise en concordance des instruments d'aménagement et d'urbanisme locaux avec les dispositions de la loi « littoral ». La révision du PDAU de la commune de Sidi Abdelaziz, entamé en 2009, devrait intégrer les prescriptions relatives aux conditions de construction, l'occupation du sol et des parties naturelles bordant les plages ainsi que de l'extension de la zone objet de non-aedificandi. Toutefois, l'analyse de la situation urbanistique au niveau de Sidi Abdelaziz a montré que la mise en œuvre des instruments d'aménagement et d'urbanisme (PDAU et POS) s'oppose aux dispositions de la loi « littorale » relatives aux règles d'aménagement. Ces dernières interdisent la construction sur une bande de 300 m, l'extension longitudinale du périmètre urbanisé des agglomérations littorales au-delà de 03 km et l'extension longitudinale des routes et voies de communication à moins de 800 m à partir des plus hautes mers (Figure 56). Plus particulièrement, les dunes littorales sont considérées comme des zones critiques ou font l'objet d'un classement en tant qu'aire côtière protégée au regard de la même loi.



**Figure 56 :** Extension de l'Agglomération Chef-Lieu (ACL) de Sidi Abdelaziz entre 1980 et 2018 et périmètre d'urbanisation future (conception : Bougherira A., 2019 - à partir des photos aériennes : 1980, PDAU : 1999 et 2010 et des observations du terrain).

Cette situation est probablement due aux deux principaux faits. Le premier est la faiblesse des mécanismes en places pour une mise en œuvre effective de la loi « littoral », qui se traduit par la non intégration des orientations du cadastre du littoral, concernant l'occupation du sol et la conception des PDAU et des POS, indiquées dans son plan d'action.

Le deuxième concerne le retard dans la mise en place des Plans d'Aménagement Côtier (PAC)<sup>40</sup> et de l'Etude d'Aménagement du Littoral (EAL)<sup>41</sup> au niveau de la wilaya de Jijel. En plus, la mise en place d'une commission intersectorielle du programme d'aménagement côtier<sup>42</sup>, chargé de la coordination et du suivi des actions liées à la protection et la

<sup>40</sup> PAC consiste à protéger les espaces littoraux sensibles, arrêtés par le cadastre du littoral, et à assurer une utilisation rationnelle des ressources côtières selon les dispositions et les lois en vigueur.

<sup>41</sup> EAL a pour objectif de fixer les conditions et les modalités de construction et d'occupation du sol sur la bande littorale, de l'occupation des parties naturelles bordant les plages et l'extension de la zone objet de non-aedificandi.

<sup>42</sup> Dans le cadre de la mise en œuvre des programmes d'aménagement côtier conformément à la loi « littoral », il a été mis en place une commission intersectorielle du programme d'aménagement côtier par l'arrêté du wali n° 1095/2002 en 2002 et modifié en 2014 par l'arrêté n° 1689/2014.

valorisation du littoral ainsi que l'élaboration et la mise en œuvre de ces instruments de gestion, reste jusqu'à présent sans efficacité voire inactive.

## **2. Le cordon dunaire de Bousfer et Aïn el Turck : Une urbanisation galopante et incontrôlée au sein d'un espace multi-usage et conflictuel**

L'urbanisation du littoral de Bousfer et Aïn el Turck est un phénomène ancien, qui a commencé par la construction des résidences de villégiature, des maisons et de cabanons en bord de mer. Cette dynamique a conduit à la naissance de plusieurs hameaux, autour du cordon dunaire, qui forment actuellement les agglomérations de Bousfer-plage, Coralès, Cap Falcon et Aïn el Turck.

Actuellement, cette zone côtière fragile souffre des effets négatifs d'une urbanisation galopante. Plusieurs facteurs soutiennent cette dynamique extensive de l'urbanisation, notamment la croissance démographique et l'essor du tourisme résidentiel. Comme nous l'avons déjà vu dans le chapitre III de la thèse, la pression démographique ne cesse de s'accroître autour du cordon dunaire de Bousfer et Aïn el Turck. Cette dynamique démographique soutenue a provoqué une augmentation du nombre de personnes par ménage, soit une moyenne de 6,8 sur les deux communes de Bousfer et Aïn el Turck<sup>43</sup>, une forte demande en logement et un besoin croissant en équipement (ANAAT, 2016).

En privilégiant les parties proches de la mer, l'occupation de ce littoral a favorisé une extension urbaine longitudinale le long du trait de côte. En effet, plusieurs contraintes s'opposent à l'extension du tissu urbain, des agglomérations qui entourent le cordon dunaire, vers l'intérieur, notamment la configuration physique du site, les limites de la zone militaire, l'activité agricole et plus récemment, la délimitation du cordon dunaire du Cap Falcon, en vue de son classement comme aire côtière protégée (ACP).

Par ailleurs, la pénurie de foncier urbanisable et le besoin croissant en matière de logement et d'équipement conduisent inéluctablement à une forte artificialisation du littoral. La densification du tissu urbain et l'extension linéaire de l'urbanisation conduisent à une conurbation certaine des deux agglomérations de Aïn el Turck et Cap Falcon à l'est du cordon dunaire et une autre, en cours, entre Bousfer-plage et Coralès à l'ouest.

Cette situation urbanistique pose de sérieux problèmes à la gestion et l'aménagement de cette zone côtière, qui entrave la gestion du domaine public maritime et l'aménagement de la ZET

---

<sup>43</sup> Les résidences secondaires n'ont pas été prises en considération, seules les résidences principales qui ont été évaluées.

de Cap Falcon, mais surtout le processus de révision et de mise en conformité des instruments d'aménagement et d'urbanisme locaux. Elle met en évidence des pratiques d'aménagement et des stratégies d'occupation des plages à la limite de la légalité.

### *2.1. Gestion difficile du domaine public maritime : entre planification, pratiques d'aménagement et stratégies d'occupation*

Le long de la zone côtière de Bousfer et Aïn el Turck, les limites du DPM avaient été tracées pour la première fois en 1912. Ensuite, un nouveau plan de bornage du DPM a été entamé en 2004, par les services de la subdivision maritime (DTP – Oran) suite à l'érosion généralisée des plages (Ghodbani & Semmoud, 2010). Malgré son approbation en 2008 par les collectivités locales des communes littorales de la wilaya d'Oran et l'ensemble des acteurs institutionnels impliqués dans la gestion du DPM, le nouveau plan de bornage n'a pas encore abouti à une matérialisation sur le terrain.

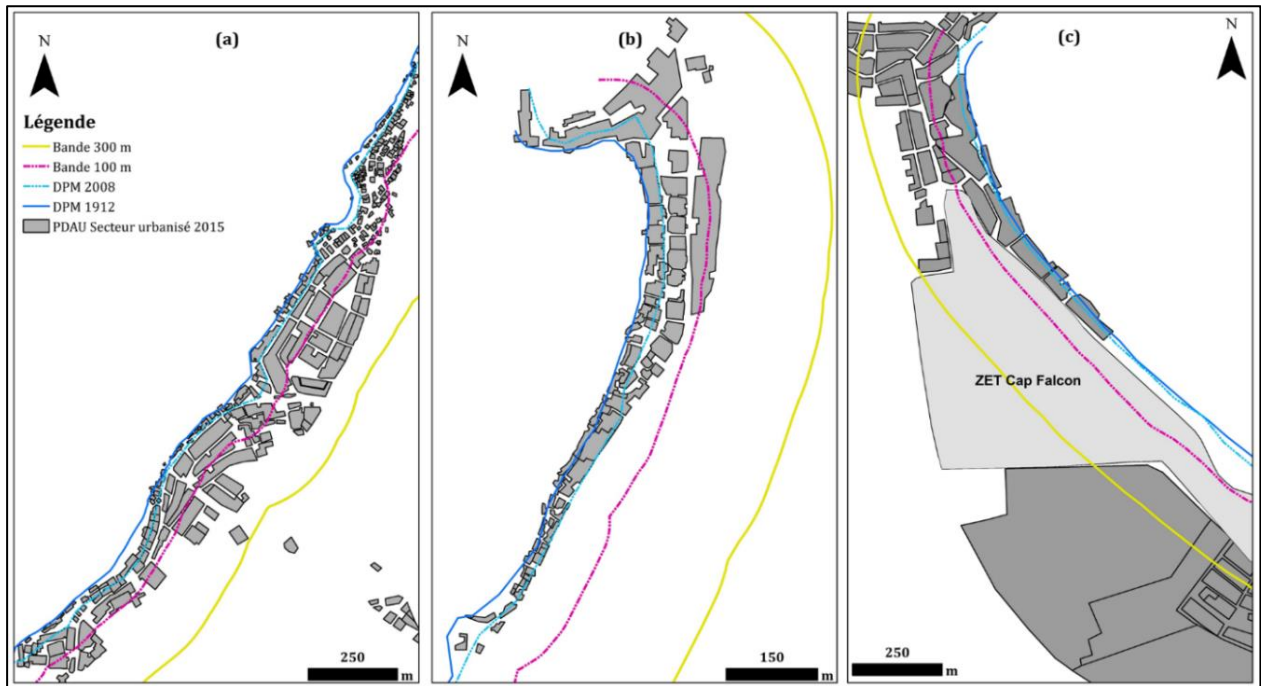
Dans cette situation, les maisons qui ont été bâties auparavant en adéquation avec les limites de l'ancien DPM, se trouve actuellement en situation d'illégalité au vu du nouveau plan de bornage. En effet, la superposition cartographique des limites du DPM de 1912 avec les limites actuelles du nouveau plan de bornage du DPM 2008 avec les plans d'occupation du sol (1/5000) des agglomérations de Bousfer-plage, Coralès et Cap Falcon, nous a permis de mettre en évidence le nombre important de construction en situation d'illégalité. C'est à dire, les bâtisses qui étaient auparavant au-delà du bornage de 1912 mais qui se trouvent à l'intérieur du DPM actuel (Figure 57). En effet, nous avons recensé sur les différents segments de la côte (Cap Falcon, Coralès et Bousfer-plage) 73, 113 et 209 maisons empiétant directement sur le nouveau tracé du DPM<sup>44</sup> (Tableau 16).

Au cours des dernières décennies, l'extension des agglomérations, qui entourent le cordon dunaire de Cap Falcon, concourt à la prolifération de l'habitat précaire, à la densification du tissu urbain et à l'artificialisation des parties proches des plages. En effet, l'absence de nouveaux instruments d'aménagement et d'urbanisme adaptés, qui orientent l'occupation du sol en protégeant les milieux sensibles, a permis l'installation d'une urbanisation spontanée. Cette forme d'extension urbaine relève diverses stratégies de contournement des règlements en vigueur, ainsi que des pratiques de gestion souvent à la limite de la légalité, de la part des

---

<sup>44</sup> Cette analyse s'inscrit dans la continuité des travaux de Ghodbani et *al.*, (2010) sur la baie d'Aïn el Turck, elle confirme les résultats déjà publiés dans la revue Etude Caribéennes.

acteurs locaux. Ces derniers (habitants, usagers et autres...) ont eu recours à plusieurs méthodes pour l'appropriation de l'espace public du littoral.

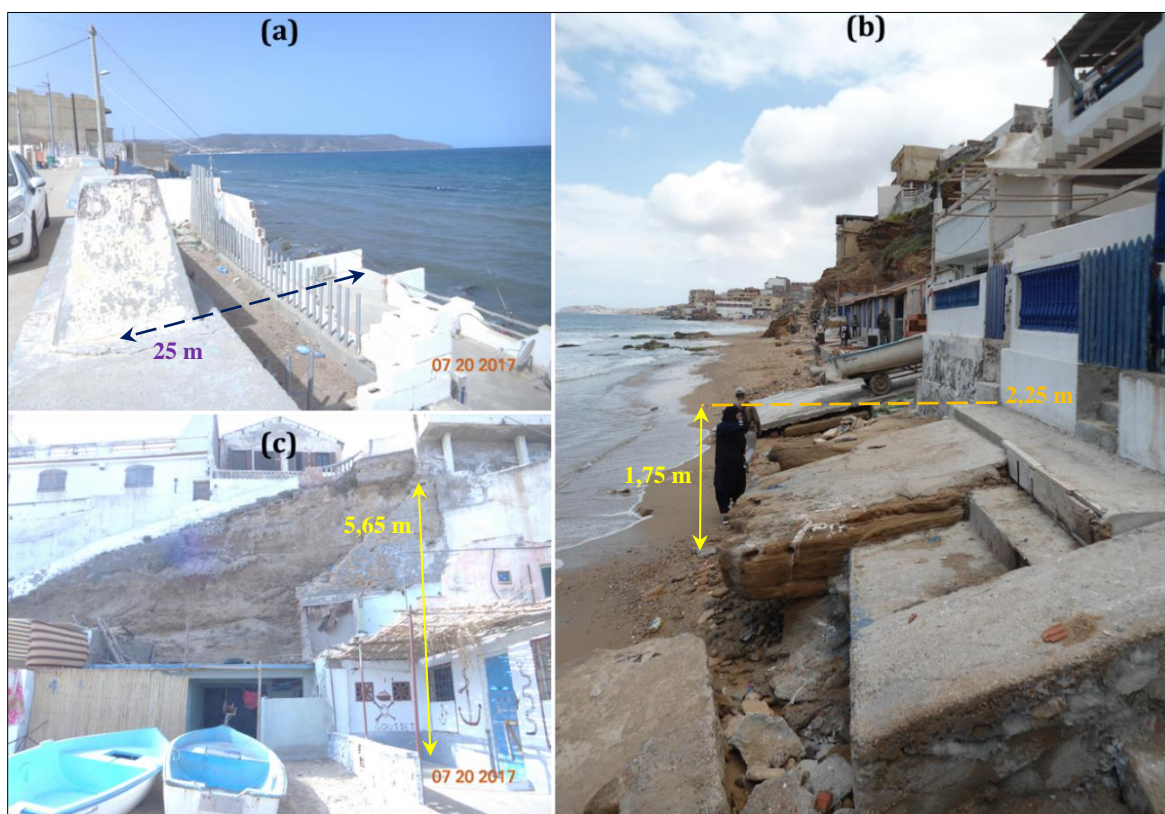


**Figure 57 :** Urbanisation des limites du domaine littoral selon la loi 02-02 et du DPM : (a). Agglomération de Bousfer-plage, (b). Agglomération de Coralès, (c). Agglomération de Cap Falcon.

**Tableau 16 :** Nombre de maisons empiétant sur le DPM et taux d'urbanisation de la zone non-aedificandi.

	Bâties empiétant le DPM 2008	Bâties empiétant le DPM 1912	% bâties / 100m	Trait de côte (km)
Cap Falcon	73	39	43.52	1.22
Coralès	113	11	74.27	1.2
Bousfer-plage	209	57	57.5	2.53

La première stratégie concerne les habitants ayant construit leurs maisons avant la promulgation de la loi « littorale » (02-02). Elle se base sur l'instruction d'un simple permis d'aménagement interne d'une maison, par le service technique d'urbanisme relevant de la commune de Bousfer et//ou de Aïn el Turck. Les bénéficiaires utilisent ce permis d'aménagement, dont la demande est justifiée par la dégradation causé par l'humidité et la salinité, pour construire des terrasses en béton entourées de clôtures (Figure 58-a, b). D'autres groupes plus aisés s'érigent plusieurs étages en hauteur (jusqu'à R+4), en cachant la vue sur mer des habitations qui se trouvent en retrait de la plage.



**Figure 58** : Forme d'appropriation et d'urbanisation du domaine public maritime (DPM) : (a) Urbanisation empiétant sur le DPM, (b) Avancée en béton sapée par la mer, (c) Aménagement des cavités dans des falaises dunaires.

La deuxième stratégie concerne les usagers de la mer (marins pêcheurs) qui bénéficient d'un permis de construire d'abris de pêche pour leurs embarcations, théoriquement avec des matériaux légers. Ces pratiques ont été déjà mis en évidence par Ghodbani et Semmoud (2010), le long de la baie de Aïn el Turck. Dès lors, ces pratiques se sont généralisées sur l'ensemble des plages de de Cap Falcon, de Coralès et de Bousfer-plage, ayant pour conséquences une prolifération rapide des constructions en bétons. En effet, ces constructions initialement érigées sous forme de garage à bateaux, se transforment ensuite en logement pour les familles des pêcheurs. D'autres pêcheurs qui n'ont pas obtenu de permis de construire, ont procédé par l'aménagement de grottes creusées dans des falaises dunaires grésifiées (Figure 58-c). Ces pratiques sont de plus en plus observées au niveau des plages de Cap Falcon, la Madrague, Coralès et Bousfer-plage.

La faible intervention, de la part des services d'urbanisme des collectivités locales contre ces agissements, a incité les habitants à commettre d'autres infractions, qui consistent à occuper les interstices entre les maisons pour construire de nouvelles habitations. En effet, cette tendance au laisser-aller en matière de construction, a favorisé la prolifération des habitats précaires, et par conséquent l'altération de la qualité paysagère du rivage.

## *2.2. Difficulté liée à l'aménagement de la Zone d'Expansion Touristique (ZET) de Cap Falcon et étalement de l'urbanisation*

L'extension de cette urbanisation anarchique sur la zone d'expansion touristique (ZET) de Cap Falcon pose de sérieux problèmes pour son aménagement. Cette dernière a été délimitée, selon le décret exécutif n°88-232, sur une superficie de 335 ha, s'étendant de la Bretonne jusqu'à Bousfer-plage sur une profondeur de 150 à 300 m. Dès lors, elle a été identifiée comme zone d'investissement prioritaire par les instruments de planification territoriale, à savoir le Schéma Directeur d'Aménagement Touristique (SDAT-Oran) et le Plan d'Aménagement Territoriale de la Wilaya d'Oran (PATW-Oran).

Cependant, en l'absence d'un plan d'aménagement touristique, l'agence foncière de la Daïra de Ain el Turck a dégagé une assiette foncière de 18004,97 m<sup>2</sup>, en 1992, afin de mettre en place un lotissement dédié aux résidences touristiques de 36 lots (14640,27 m<sup>2</sup>), un établissement scolaire (3062,70 m<sup>2</sup>) et un espace vert (300 m<sup>2</sup>) qui a été détourné de sa vocation initiale pour construire des résidences individuelles secondaires.

Ensuite, la promulgation des textes d'application de la loi (n° 90-29), relative à l'aménagement et l'urbanisme, un plan directeur de l'aménagement et d'urbanisme (PDAU) de Ain el Turck a été élaboré en 1997. Ce dernier prévoit 54 ha pour la mise en place d'un Plan d'Occupation du Sol (POS) dédié à la ZET de Cap Falcon, dont il découle un Plan d'Aménagement Touristique (PAT) approuvés par les instances locales depuis 1999 (Figure 59). Malgré la mise en œuvre d'un ensemble de mécanismes financiers, au début des années 2000, pour encourager l'investissement dans le domaine du tourisme au niveau des ZET (Ghodbani et *al.*, 2016), les aménagements touristiques prévus au niveau de la ZET de Cap Falcon peine encore à se concrétiser sur le terrain. Au cours des deux dernières décennies, le taux de réalisation des aménagements touristiques est encore faible ; environ 27 % ont été achevés, 40 % sont en cours de réalisation et 33 % n'ont pas encore été commencé (Figure 59).

En dépit du retard avéré dans la réalisation du POS de la ZET de Cap Falcon, l'Agence Nationale du Développement Touristique (ANDT)<sup>45</sup> en coordination avec les instances locales ont opté pour l'extension du périmètre aménageable de la ZET de Cap Falcon. Cette volonté publique, visant la valorisation des potentialités paysagères de la côte de Cap Falcon, trouve son origine du constat négatif de l'exploitation touristique désordonnée, de

---

<sup>45</sup> La création de l'ANDT vise le renforcement du cadre institutionnel, national et local, relatif à l'aménagement et à la gestion des zones d'expansion touristique.

l'extension rapide et incontrôlée du tissu urbain et de la dégradation de la qualité paysagère du littoral dunaire de Aïn el Turck jusqu'à Bousfer-plage (SDAT – Oran, 2017). Trois variantes ont été proposées, dont une seule variante a été retenue par les instances locales, représentée dans la carte ci-dessus (Figure 59). L'entrée en vigueur et la mise en œuvre de ce nouveau plan d'aménagement touristique reste encore en instance, jusqu'à révision du nouveau PDAU. Ce dernier devrait assainir le foncier touristique de la ZET de Cap Falcon des constructions illicites et mettre en concordance les différents outils de gestion du littoral et les instruments d'aménagement locaux.

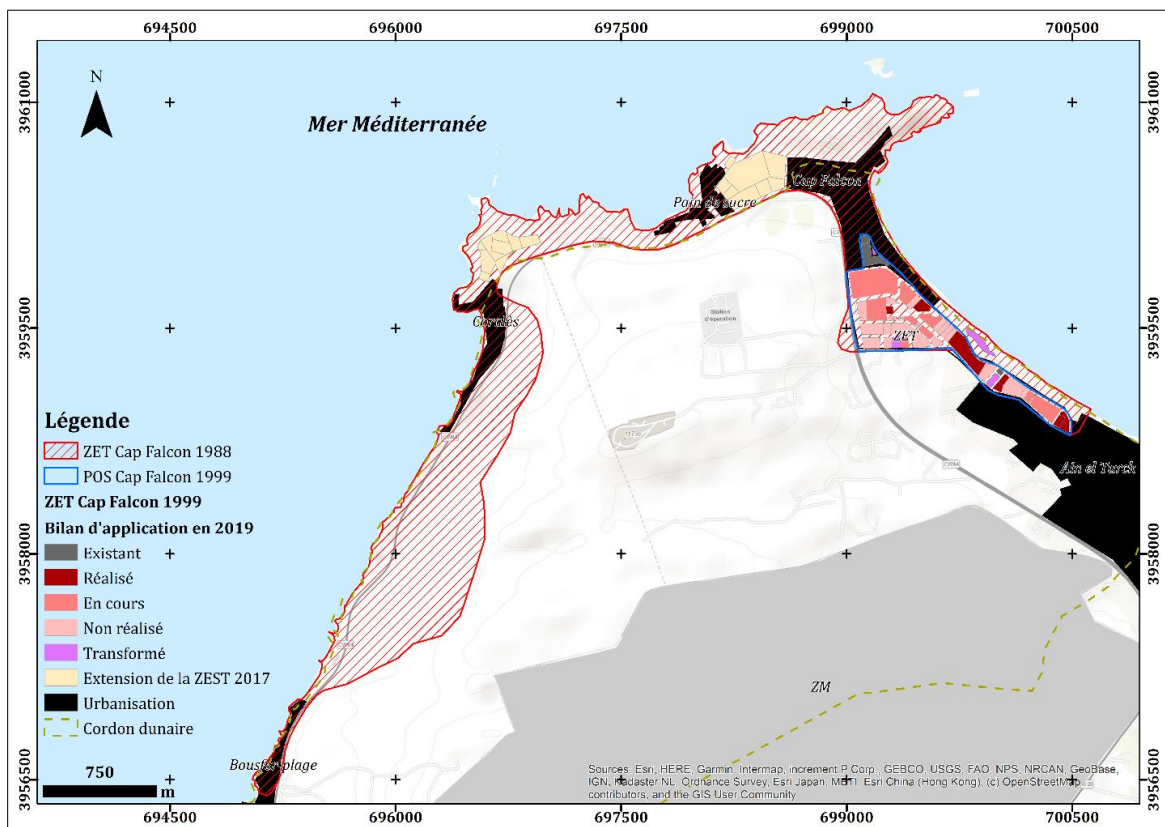


Figure 59 : Délimitation de la ZET de Cap Falcon, limites du plan d'aménagement touristique et proposition de son extension.

### 2.3. Révision des instruments d'aménagement et d'urbanisme locaux : Un processus long et complexe

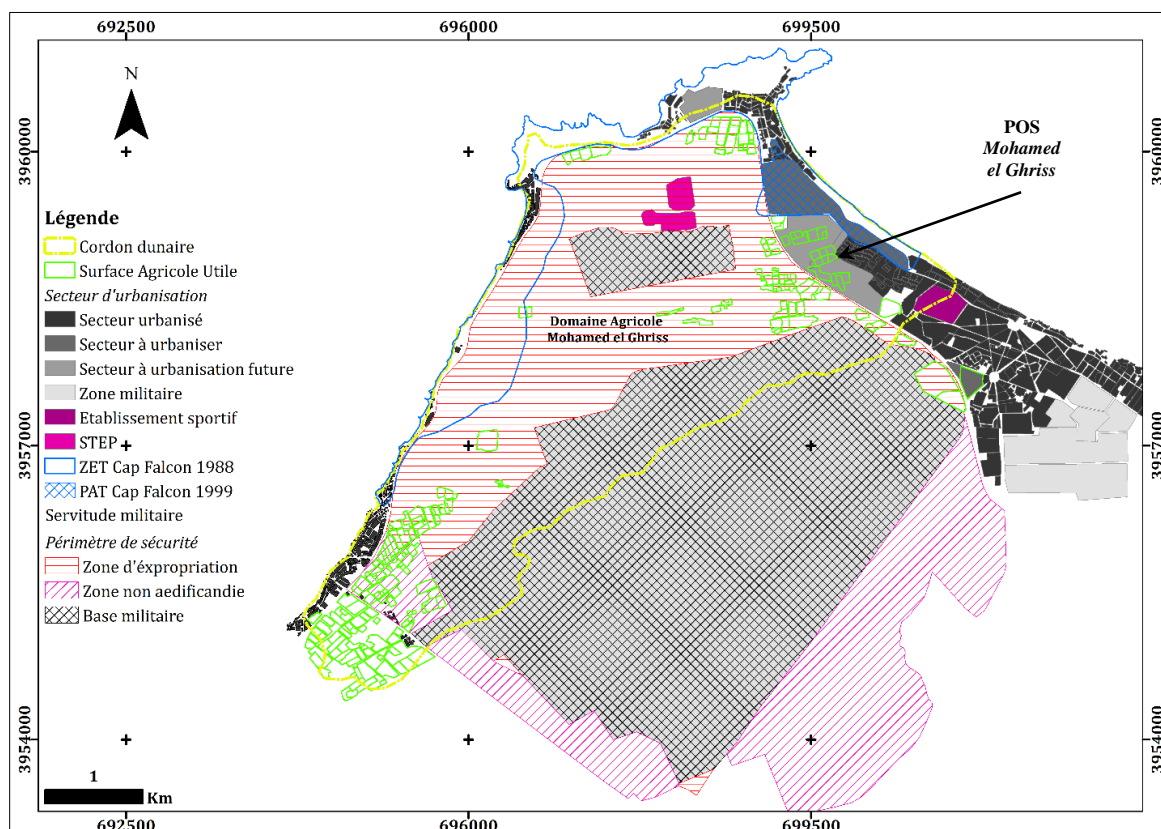
Dans le cadre de la mise en œuvre locale de la loi « littorale », le plan d'aménagement côtier d'Oran (PACO) a été initié en 2003. Son approbation en 2004, par l'arrêté du wali n°2353, a donné lieu à un plan d'actions prioritaire, préventives et curatives, et une délimitation de son périmètre d'intervention sur l'ensemble du littoral de la wilaya d'Oran (Kacemi, 2013).

Un processus de révision des instruments d'aménagement et d'urbanisme, généralisé sur toutes les communes côtières de la wilaya d'Oran, a été entamé, afin de les remettre en

concordance avec les dispositions de la loi « littorale » et d'assurer l'intégration des prescriptions de protection et valorisation du littoral, qui résultent du PACO et de son plan d'action. Néanmoins, la révision des instruments d'urbanismes locaux (PDAU et POS), des communes de Ain el Turck et de Bousfer, déjà entamée depuis 2009, a été entravée. Jusqu'à présent, les instruments d'urbanisme élaborés ne sont pas encore approuvés, en raison de la difficulté d'application des POS élaborés. En effet, au niveau de la ZET de Cap Falcon, les POS prévoient l'éradication des constructions illicites situés à l'intérieur du DPM. Cette solution devrait se poursuivre par la mise en œuvre du plan d'aménagement touristique prévu par le SDAT-Oran, afin de promouvoir la ZET de Cap Falcon en pôle touristique régional. Au cours de cette période, les services d'urbanisme des communes concernées n'ont pas cessé d'instruire de nouveaux permis de construire, notamment au niveau des plages de Cap Falcon, Coralès et Bousfer-plage. De même, la densification et la saturation du tissu urbain, le long du DPM, renvoient à une nouvelle révision des documents d'urbanisme locaux (PDAU et POS), afin de prendre en compte ces changements.

En 2015, un nouveau PDAU a été élaboré dans une perspective d'aménagement en profondeur. En effet, les autorités locales souhaitent orienter les interventions vers des espaces éloignés du rivage. Ces derniers, appartenant au domaine privé de l'État, regroupent des terrains agricoles à protéger, selon les prescriptions du précédent PDAU (1998). En effet, les terrains agricoles limitrophes subissent des pressions foncières croissantes, exercée par la poussée urbaine et une forte spéculation touristique (Figure 60).

Les terrains agricoles utiles sont répartis autour du cordon dunaire, le long de la ZET de Cap Falcon et des agglomérations de Aïn el Turck, Cap Falcon et Bousfer-plage. Cette répartition peut être considérée comme un moyen de lutte contre l'avancé de la « bétonisation ». De même, l'extension du périmètre de sécurité de la base aérienne militaire de Bousfer a permis de stopper l'étalement urbain vers l'intérieur du cordon dunaire. En effet, l'option d'aménagement proposée par le bureau d'étude URBOR, dans le PDAU de Aïn el Turck, visant l'extension de l'urbanisation vers l'intérieur du périmètre de sécurité, a été rejeté par les services militaires de la base aérienne de Bousfer. Celle-ci a indirectement permis une protection efficace du cordon dunaire et des terrains agricoles contre l'urbanisation.



**Figure 60 :** Délimitation du périmètre de sécurité de la base aérienne de Bousfer, répartition spatiale des terrains agricoles, périmètre de la ZET de Cap Falcon et extension urbaine.

En revanche, les terrains agricoles, qui se trouvent en dehors du périmètre de sécurité, sont désormais transformés en terrains à urbaniser dans les instruments d'aménagement locaux. En effet, une assiette foncière de 32 ha, qui a été réservée au POS *Mohamed el Ghriss*, est préparée à recevoir des programmes de logements sociaux. Une partie de ces programmes de logement est en cours de réalisation, contenant une cité entière incluant des résidences en habitat collectif, un commissariat de police, un marché de légumes, une école, un CEM, etc.

#### *2.4. Une intégration difficile des dispositifs de la loi « littorale » : Faible efficacité des outils de gestion du littoral pour le contrôle de l'urbanisation*

Les dispositions de la loi « littorale » pour la wilaya d'Oran sont mises en œuvre par le Plan d'Aménagement Côtier (PAC-Oran, 2003), mais les prescriptions de ce dernier sont devenues obsolètes, en raison du décalage temporel accusé pour son application et des changements d'occupation du sol.

Pour faire face à l'urbanisation rapide et incontrôlée du littoral, le Ministère chargé de l'aménagement du territoire a initié en 2015 l'Etude d'Aménagement du Littoral (EAL) pour les communes côtières de la wilaya d'Oran. Dans ce cadre, le cordon dunaire de Bousfer et Aïn el Turck a été identifié comme zone naturelle sensible faisant face à de multiples défis,

notamment de la fragilité des écosystèmes qu'elle abrite, de son artificialisation soutenue et de l'incompatibilité des aménagements implantés (EAL - Oran, 2015).

La zone côtière des deux communes de Aïn el Turck et Bousfer, est identifiée dans cette étude comme zone naturelle sensible faisant face à de multiples défis, dont l'artificialisation de son paysage naturel et de l'incompatibilité des aménagements implantés (EAL - Oran, 2015). Néanmoins, l'étude réalisée ne donne aucune précision quant aux activités autorisées à construire sur la bande des 100 - 300 mètres. Cette imprécision laisse aux gestionnaires et aux collectivités locales la libre interprétation, ce qui fait une nouvelle fois défaut à la bonne applicabilité de la loi « littorale ».

Le décalage dans l'action publique, entre ce qui a été prévu et ce qui a été réalisé réellement sur terrain, met en évidence l'insuffisance et l'inadaptation des mécanismes mis en œuvre pour l'application de la réglementation en vigueur. L'explication réside dans la centralisation des instruments d'aménagement et de protection du littoral (Cadastre du littoral, PAC et EAL) et de leur rigidité. Ces derniers ont vocation à orienter les plans d'aménagement et d'urbanisme, à une échelle locale, afin d'optimiser la protection et la valorisation durable du littoral. Leur initialisation et suivi sont centralisés au niveau du ministère chargé de l'environnement et de l'aménagement du territoire. La discordance entre les échelles de prise de décision a affaibli le rôle des gestionnaires du littoral dans la mise en place de ces instruments d'aménagement et de protection du littoral au niveau local, mettant ainsi en exergue l'inadaptation de la réglementation en place face au changement d'échelle.

La faiblesse des dispositifs et outils de gestion, le décalage entre le conçu et le vécu, ainsi que l'incohérence de la réglementation sur la gouvernance territoriale ont faciliter le contournement des différents dispositifs de la loi « littorale » pour favoriser l'étalement de l'urbanisation sur les zones naturelles sensibles. A cette situation s'ajoute une perception négative par rapports aux conditions d'occupation du sol du littoral, manifesté par les services techniques et les élus des collectivités locales. Ces acteurs tendent à éviter les dispositions de la loi « littorale » ; elles représentent pour eux un élément de blocage aux programmes relatifs à l'urbanisation et le développement de leurs communes. Un des responsables de l'urbanisme de la baie de Aïn el Turck nous a déclaré les propos suivants :  
*« ...le territoire de notre commune est bloqué par plusieurs contraintes, à savoir la servitude militaire et son périmètre de sécurité vers l'intérieur, par les contraintes topographiques et les terrains agricoles. Ainsi, les dispositions de la Loi 02-02 vient ajouter une contrainte supplémentaire aux programmes de développement touristique, d'aménagement et*

*d'urbanisme en cours de réalisation... il faut réviser cette loi, de façon à pouvoir l'adapter selon la vocation initiale de chaque territoire, à savoir la vocation touristique de la commune de Aïn el Turck, dont l'ancienne station balnéaire et la ZET de Cap Falcon ... »*

### **Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons essayé de comprendre la dynamique urbaine comme l'un des principaux facteurs de l'artificialisation des cordons dunaires étudiés. A travers les deux cas analysés nous avons pu relever plusieurs pratiques d'occupation et d'aménagement du littoral dunaire, qui constituent le moteur des transformations spatiales à la fois incompatibles et non-durables. Ces agissements, qui sont à la base de divers problèmes environnementaux, mettent en exergue une perception négative autour des littoraux dunaires à la fois chez les autorités gestionnaires locales, mais aussi chez une bonne tranche de la population locale. Sur une autre échelle d'analyse cette situation confirme les contradictions existantes entre l'orientation globale de la politique écologique nationale envers la préservation de la nature et les pratiques locales.

La non-durabilité des pratiques d'aménagement et de préservation des espaces dunaires côtiers est le résultat d'un long processus d'urbanisation non-cohérente avec les dispositions de la réglementation en place. En effet, l'urbanisation incontrôlée a mis en évidence les difficultés liées à l'application des dispositions de la loi de l'aménagement et de l'urbanisme (n° 90-29) et de la loi « littorale » (n° 02-02), qui rendent difficile, voire inefficace, toute mesure de protection du littoral.

---

*Chapitre IX : Défis de la mise en œuvre d'une gestion intégrée des cordons dunaires  
côtiers étudiés et de leur conservation*

---

## **Introduction**

Les cordons dunaires étudiés ont largement été façonnés par des pratiques d'aménagement inadaptées et des modes d'exploitation non-durables, dont les effets cumulatifs ont provoqué des dégradations profondes et pour certains cas irréversibles. Ces agissements ont profondément modifié la perception des populations locales et des usagers vis-à-vis de ces milieux fragiles.

Outre l'incompatibilité des interventions humaines avec les écosystèmes dunaires, des situations conflictuelles, entre les différents usagers et acteurs locaux, peuvent être rencontrées, risquant ainsi de contraindre, voire d'hypothéquer, toute initiative de protection et/ou de gestion intégrée des cordons dunaires étudiés.

En revanche, l'émergence d'une nouvelle politique écologique, visant à intégrer les dynamiques de conservation des écosystèmes littoraux fragiles et/ou menacés dans les politiques publiques, tente à corriger la tendance actuelle de non-durabilité. Le mode de gestion retenu pour les cordons dunaires côtiers, selon les dispositions de la réglementation en vigueur, vise à favoriser la libre expression de la dynamique dunaire, protéger et restaurer des habitats à forte valeur patrimoniale et suivre régulièrement l'évolution des processus côtiers, des dynamiques morphologiques et écologiques. Ces choix, que les autorités publiques veulent étaler sur l'ensemble des cordons dunaires de la côte algérienne, se justifient par la volonté de mieux comprendre le fonctionnement des cordons dunaires pour améliorer leur gestion et leur conservation durable.

### **1. Objectifs, méthode d'investigation du terrain et du déroulement des enquêtes**

Dans une perspective d'identifier et de comprendre les défaillances et les opportunités relatives à la mise en œuvre de cette politique écologique, ainsi que les contraintes à l'application des dispositions de protection et de valorisation durable du littoral à l'échelle locale, nous avons procédé par plusieurs enquêtes de terrain, que nous avons menées durant l'année 2018 et 2019.

Pour ce faire, nous avons effectué une enquête auprès des populations locales et des usagers des cordons dunaires étudiés, à l'aide de deux questionnaires composés d'une trentaine de questions (Annexe 1 et Annexe 2), ainsi que des entretiens semi-directifs sous forme d'un questionnaire auprès des acteurs administratifs et institutionnels (Annexe 3) intervenants dans la gestion des deux cordons dunaires étudiés.

Neuf acteurs (Tableau 17) ont été touchés, afin d'évaluer leur perception vis-à-vis de l'état de l'environnement des cordons dunaires étudiés et leur rôle respectif dans la gestion des ressources naturelles. Ce travail empirique vise également à appréhender les enjeux et contraintes qui caractérisent le mode de gouvernance environnementale du littoral, à travers l'évaluation des mécanismes de concertation et de coordination intersectorielle pour la délibération et la prise de décision, ainsi que la capacité des acteurs à mettre en place des actions intégrées et leur prise en considération des spécificités locales.

**Tableau 17 : Acteurs interviewés lors du déroulement de nos enquêtes**

Acteur	Représenté par	Nombre d'enquêtés	
		Jijel	Oran
Collectivités Locales	Services techniques de l'APC	3	2
Conservation des Forêts	Service de protection, de gestion, et les circonscriptions locales	5	2
Direction de l'Environnement	Service de biodiversité, de communication et sensibilisation	3	2
Commissariat National du Littoral	Antennes locales de la wilaya	3	2
Direction des Travaux Publics	Subdivision maritime	2	1
Direction du Tourisme et de l'Artisanat	Service du tourisme	3	2
Direction des Services Agricoles	Service de l'aménagement rural et les subdivisions locales	2	3
Direction de l'urbanisme		1	1
Total des acteurs institutionnels		22	15
Population locale et usagers		98	96

Le travail de terrain nous a permis de réaliser 194 questionnaires auprès des populations locales et usagers et 37 entretiens semi-directifs avec les différents acteurs institutionnels. Avant le traitement et l'analyse des informations collectées, nous avons procédé à un dépouillement manuel. Il s'agit d'un prétraitement que nous avons appliqué sur les questions ouvertes, en créant des catégories de réponse, afin de mieux quantifier les résultats. Par ailleurs, les réponses les plus représentatives et pertinentes ont été conservées à part, pour servir de témoignages et d'enrichir d'une manière qualitative l'analyse des résultats. Ensuite, nous avons conçu une nouvelle maquette du questionnaire sur le logiciel Sphinx IQ2, afin d'introduire l'ensemble les réponses prétraitées et harmonisées.

Les résultats de ce travail de terrain seront utilisés dans les sections suivantes selon la nature du problème abordé. Nous avons traité chaque aspect par une analyse d'un exemple de cas, afin d'appréhender la complexité et la diversité des problèmes posés pour chaque zone côtière.

## 2. Défis et opportunités de la gestion des cordons dunaires côtiers

### *2.1. Multiplications des acteurs intervenants sur les cordons dunaires côtiers : Identification des acteurs institutionnels clés et définition de leurs rôles et prérogatives*

Une vaste gamme d'activités humaines est implantée le long des littoraux et cordons dunaires étudiés, impliquant plusieurs intervenants de différents secteurs. Lors de la réalisation de nos enquêtes de terrains nous avons pu identifier plusieurs intervenants (Tableau 17). Ces derniers se distinguent par leurs rôles et prérogatives dans l'action publique en matière d'exploitation de la ressource naturelle, l'aménagement du territoire et la protection des écosystèmes divers.

- **Direction de l'environnement** : C'est une institution technique et administrative, représentant au niveau local le ministère chargé de l'environnement, qui a pour mission de contrôler et de suivre localement l'application des dispositions arrêtées par sa tutelle en matière de protection et de développement durables du littoral, y compris les cordons dunaires côtiers. Confrontée aux enjeux intersectoriels, la direction de l'environnement est également chargée de jouer un rôle de régulateur au sein du conseil de coordination côtière<sup>46</sup>, qui a pour objet de mobiliser l'ensemble des moyens requis pour la protection des zones littorales ou côtières sensibles.
- **Direction générale des forêts** : C'est un établissement public chargé de la gestion des forêts, placé sous la tutelle du Ministère de l'Agriculture et représenté à l'échelle locale par la conservation des forêts et ses circonscriptions et districts forestiers. Elle a pour mission principale la préservation et la mise en valeur du patrimoine forestier, ainsi que la gestion des zones humides, y compris les zones humides côtières et les cordons dunaires côtiers. Elle veille à la promotion des aires protégées comme outils de gestion écosystémique de la biodiversité des écosystèmes forestiers et des zones humides. Du point de vue opérationnel, la conservation des forêts peut intervenir avec des actions de reboisement des dunes boisées et/ou de réhabilitation écologique des cordons dunaires côtiers. Elle participe également dans la sensibilisation et l'éducation environnementales

---

<sup>46</sup> Décret exécutif n° 06-424 du 22 novembre 2006 fixant la composition et le fonctionnement du conseil de coordination côtière.

de la société civile (agriculteurs, associations et population locales), ainsi que pour le renforcement des capacités humaines dans le domaine de l'environnement et du développement durable à travers la mise en œuvre de programme de formation continue pour les agents forestiers et les cadres des secteurs partenaires.

La direction générale des forêts est représentée au sein de l'exécutif de la wilaya par le conservateur et membre permanent du conseil de coordination côtière, qui lui confère une position importante dans la prise de décision.

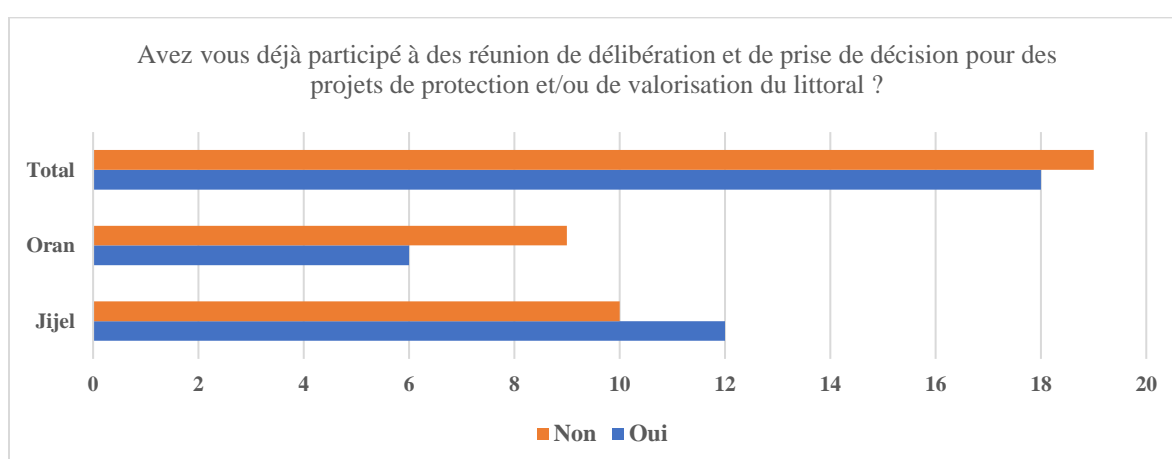
- **Commissariat National du Littoral (CNL)** : le CNL est un organisme public, à caractère administratif et à vocation « littoral », affectée sous la tutelle du ministère chargé de l'environnement. Il est chargé de veiller à la mise en œuvre de la politique nationale de la protection et de la mise en valeur du littoral en général et de la zone côtière en particulier, dont les missions sont fixées par le décret exécutif (n° 04-113) portant organisation, fonctionnement et missions du commissariat national du littoral. Il est représenté à l'échelle des wilayas côtières par des structures locales, qui assurent la mise en œuvre à une échelle locale. Néanmoins, cette structure ne dispose pas de toutes les attributions, qui ne lui permettent ni de coordonner l'action publique en matière de protection et de préservation de la zone côtière, ni de satisfaire ses missions techniques de suivi et d'évaluation de l'état du littoral (SN-GIZC, 2015).
- **Direction des services agricoles** : C'est un établissement public chargé de la valorisation du foncier agricole et de sa protection contre l'urbanisation et contre les pollutions dues à l'usage intensif des intrants chimiques. Au niveau des zones côtières, la direction des services agricoles se charge du développement durable de l'agriculture dans l'espace littoral. Elle joue un rôle important dans la prise de décision, en tant que membre du conseil de coordination côtière et de l'exécutif de la wilaya, en ce qui concerne la préservation de la bonne qualité agronomique des terres agricoles et la lutte contre l'érosion du sol et du couvert végétal dunaire.
- **Direction du tourisme** : C'est un établissement public chargé de l'élaboration et de la mise en œuvre du schéma directeur d'aménagement touristique au niveau des Wilayas. La direction du tourisme veille à l'intégration des plans d'aménagement touristique dans les instruments d'aménagement du territoire et d'urbanisme, pour une la valorisation effective des zones et des sites d'expansion touristique (ZEST).
- **Direction de l'urbanisme** : C'est une institution publique, à caractère administratif et technique, chargée de l'élaboration des instruments locaux d'aménagement et d'urbanisme, ainsi que le contrôle de leur conformité avec les instruments

d'aménagement et de développement territorial. Elle veille à l'intégration des dispositions de la loi littoral (n° 02-02) lors de l'élaboration des plans d'aménagement et d'urbanisme locaux (PDAU et POS).

- **Collectivités locales :** Elles disposent de plusieurs services techniques, notamment de l'aménagement et du développement territoriale, et d'une instance de délibération. Cette dernière représente le maillon fort de la prise de décision, car c'est à leur niveau que le processus de délibération et d'approbation des instruments d'aménagement et d'urbanisme locaux s'effectue.
- **Populations locales et usagers du cordon dunaire :** On peut distinguer parmi les usagers des cordons dunaires côtiers les agriculteurs et éleveurs et, dans certaines mesures, des promoteurs miniers pour l'extraction du sable. Concernant les agriculteurs, ils exercent leur activité dans des terrains agricoles privés et d'autres exploitations agricoles collectives et/ou individuelles.

## 2.2. Vision sectorielle et faiblesse des mécanismes de coordination entre les parties-prenantes de la gestion des cordons dunaires étudiés

Il est reconnu qu'une bonne gouvernance environnementale en zone côtière requiert une pleine participation de tous les acteurs afin d'améliorer la communication, les connaissances et d'optimiser les choix en matière de prise de décision (Chouinard et *al.*, 2011; Henocque, 2006). De ce fait, opter pour la coordination entre les acteurs et l'instauration des mécanismes appropriés de concertation et d'arbitrage pour aboutir à des compromis durables est à la fois une priorité et un défi à relever.

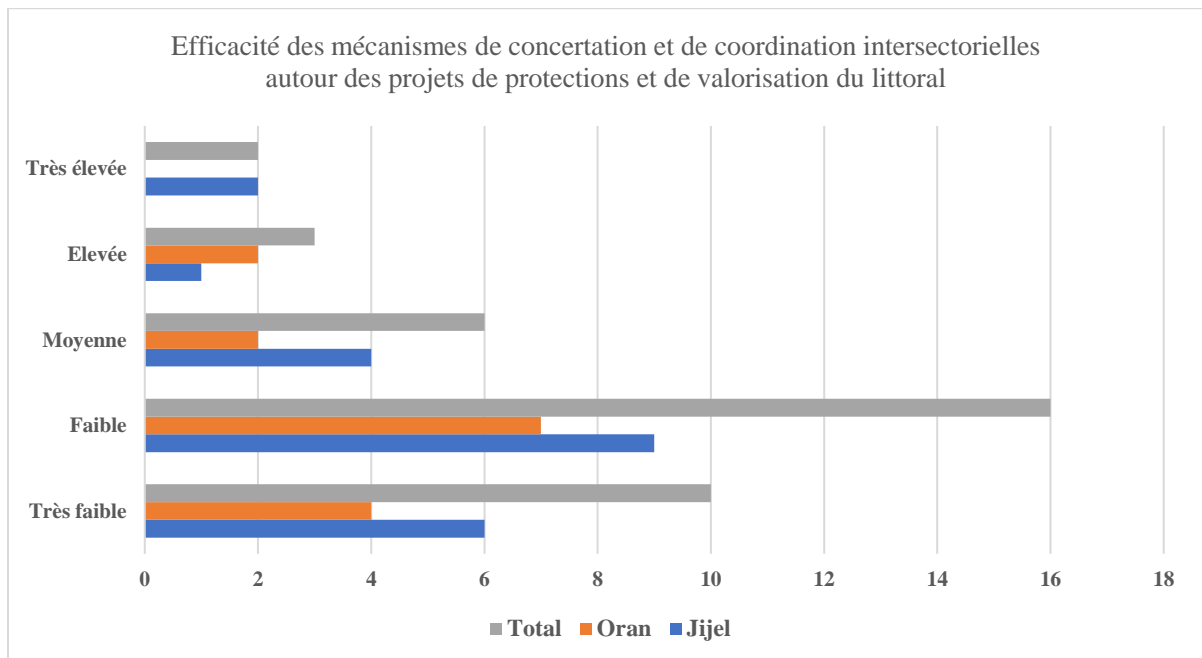


**Figure 61 :** Participation aux réunions de délibération et de prise de décision relatives aux projets de protection et/ou de valorisation du littoral.

Dans ce cadre, nous avons interrogé les acteurs institutionnels sur leur participation dans les réunions de délibération et de prises de décision, concernant l'élaboration et la mise en œuvre

des projets locaux de protections et de valorisation du littoral (Figure 61). En effet, environ 85% des enquêtés estiment que la participation des différents acteurs dans un processus de décision reste encore insuffisante.

De même, la mise en œuvre de ces mécanismes de coordinations intersectorielles est jugée difficile, selon plus de la moitié des acteurs enquêtés. Ces derniers relèvent la faiblesse des mécanismes de concertation et de coordination intersectorielles dans la mise en œuvre des projets de protection et de valorisation du littoral (Figure 62). Ceci relève non seulement de la faiblesse des dispositifs mis en place pour faciliter la coordination entre les différents secteurs, mais aussi l'aspect sectoriel de gestion enraciné dans le système administratif algérien, qui bloque toute tentative de collaboration horizontale à l'échelle du même territoire.



**Figure 62 :** Efficacité des mécanismes de concertation et de coordination intersectorielles autour des projets de protections et de valorisation du littoral.

Afin de vérifier ces résultats, nous allons nous focaliser sur le projet d'aménagement de la zone d'expansion touristique de Beni Belaïd et le programme de l'extension du périmètre urbanisable de Aïn el Turck vers Cap Falcon (POS de Mohamed el Ghriss), qui vont nous permettre d'appréhender les divergences d'intérêts sectoriels, le jeu d'acteurs et les perceptions qui en résultent.

*2.2.1. Faiblesse des mécanismes de coordination autour du projet d'aménagement de la ZET de Beni Belaïd : divergence d'intérêt, perception négative et contestation locale*

Le projet d'aménagement de la ZET de Beni Belaïd a été l'objet de concertation intersectorielle par un comité de pilotage et de suivi de la mise en œuvre du schéma directeur d'aménagement touristique (SDAT) au niveau de la wilaya de Jijel, en coordination avec l'Agence Nationale du Développement Touristique (ANDT) et le ministère chargé du tourisme. Ce comité de pilotage et de suivi du SDAT est composé de plusieurs acteurs institutionnels des services décentralisés de l'Etat et de la collectivité locale concernée.

Néanmoins, le projet d'aménagement de la ZET de Beni Belaïd a reçu une large contestation de la part des acteurs locaux. En effet, nos investigations de terrain ont relevé plusieurs formes d'opposition et d'adhésion des acteurs du territoire, selon la divergence ou la convergence des intérêts.

Les services de la direction de l'environnement (DE) et du commissariat national du littoral (CNL) contestent ce plan d'aménagement touristique, se situant ainsi dans une position de résistance. Ils trouvent que ce plan va à l'encontre de la réglementation relative à la protection du littoral et de son développement durable. Ils avancent l'argument que l'installations en dur des établissements touristiques et des équipements de loisir et de récréation prévus, ne sont pas tolérés sur les espaces dunaires et sur la bande inconstructible de 300m, fixée par la loi « littorale ».

Il en va de même pour la direction des services agricoles (DSA) de la wilaya de Jijel, qui s'oppose également à cette option d'aménagement, en raison de l'empiètement direct du projet sur les terrains agricoles utiles de la zone. Il revendique le statut de terrain agricole protégé, résultant de la qualité agronomique du sol et de la vocation agricole du site.

La conservation des forêts (CF) de la wilaya de Jijel, étant gestionnaire de la zone humide de Beni Belaïd, prend une position médiane et n'affiche pas d'opposition claire à ce projet. La position de la Conservation des Forêts (CF) vis-à-vis de ce projet paraît « paradoxale » à celle de la Direction des Services Agricoles (DSA), pourtant ils sont placés sous la même tutelle du Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural (MADR). Elle découle du fait que le périmètre d'intervention du Plan d'Aménagement Touristique (PAT) a été délimité de façon à implanter les aménagements touristiques au-delà des limites de la zone humide de Beni Belaïd, afin de réduire les impacts négatifs du tourisme sur le milieu naturel. Cet arrangement institutionnel répond à l'engagement de l'Etat pour la conservation des

zones humides. C'est une stratégie qui assure la pérennité de l'adhésion de l'Algérie à la convention de Ramsar, en 1982, dont le point focal est la direction générale des forêts (DGF). Les services du tourisme de la wilaya de Jijel, par contre, adhère totalement au projet d'aménagement de la ZET de Beni Belaïd, car selon leur vision territoriale ce projet contribue à la valorisation du patrimoine naturel du littoral et de la zone humide et participe fortement à répondre à une demande nationale croissante en matière de services touristiques. La direction du tourisme se base dans ses positions sur l'article n° 18 de la loi « littorale » et de l'article n° 45 de la loi de l'aménagement et de l'urbanisme, qui autorisent les constructions nécessitant la proximité de la mer, pour contourner les réserves arrêtées par la direction de l'environnement et le Commissariat National du Littoral. Ceci permet ainsi de justifier l'implantation du PAT à proximité de la mer. Cette démarche est confirmée aussi par les services techniques de la commune et les élus de son Assemblée Populaire Communale (APC), qui affichent un avis favorable à l'implantation de ce type d'intervention sur leur territoire. Ces derniers considèrent que ce projet touristique est un élément structurant, qui va non seulement dynamiser les activités économiques existantes, mais aussi générer dans un futur proche de nouvelles opportunités d'emplois directs et indirects. Ceci permettrait l'amélioration du cadre de vie local, par l'insertion professionnelle des jeunes travailleurs, ainsi que la fixation de la population locale et la lutte contre la pauvreté.

En revanche, lors de nos entretiens avec les agriculteurs locaux concernant le projet d'aménagement de la ZET de Beni Belaïd, nous avons enregistré une forte contestation, rejetant *de facto* tout type de plan d'aménagement touristique élaboré. Qu'ils soient propriétaires d'un terrain agricole ou concessionnaires agricoles du domaine privé de l'Etat (EAC / EAI), les agriculteurs rejettent toute action visant le contrôle et la régulation de leur activité agricole, voire de céder leurs terrains agricoles, qui constitue pour eux un moyen essentiel de subsistance. L'ensemble des agriculteurs locaux perçoivent les nouveaux investisseurs et promoteurs touristiques comme des envahisseurs. Plus loin encore ils considèrent la mise en réserve de la zone humide comme une forme d'instrumentalisation d'une approche environnementale pour répondre à des enjeux fonciers. Ils reprochent, entre autres, aux autorités locales d'être complice d'une opération visant la bétonisation de toute la côte au profit de promoteurs qui ne sont pas originaires de la région. Cette résistance vis-à-vis de l'implantation de projets de développement touristique, reflète la non-implication des agriculteurs dans tout processus de concertation et la prise de décision unilatérale en matière d'aménagement.

En effet, nous relevons une implication quasi-absente du tissu associatif et de la société civile dans ce projet de ZET. En revanche, la population locale est plus ou moins mitigée vis-à-vis du projet. En effet, selon notre sondage que nous avons lancé auprès des habitants de Beni Belaid : 16 % sont indifférent vis-à-vis du projet, 41 % sont contre et 43 % sont pour.

Les rapports de force que nous venons d'évoquer explique, l'inadaptation du PAT de Beni Belaïd au contexte socio-économique locale, mais aussi la faible coordination entre les différents acteurs du territoire autour du projet.

Malgré la divergence d'intérêts et la non-adhésion des acteurs locaux, notamment les agriculteurs, vis-à-vis du projet d'aménagement de la ZET de Beni Belaid, son plan d'aménagement (PAT) a été approuvé par le comité de pilotage et de suivi de la mise en œuvre du schéma directeur d'aménagement touristique (SDAT) de la wilaya. Ce dernier propose, au titre de l'article 21 de la loi (n° 03-03) relative aux zones d'expansion et sites touristiques, le transfert à l'ANDT les terrains domaniaux à l'intérieur des ZET, selon des modalités de cession de « gré à gré » et/ou en exerçant le droit de préemption de l'ANDT concernant les terrains privés, en valeur vénale.

#### *2.2.2. Une concertation difficile autour de l'extension du périmètre urbanisable de Aïn el Turck vers Cap Falcon : divergences d'intérêts et contestation locale*

L'extension du périmètre urbanisable entre Aïn el Turck et Cap Falcon, prévue par le POS de Mohamed el Ghris, s'est opérée au détriment des terrains agricoles (Cf. Sect. 3.3. Chap. VIII).

Ce programme a suscité une divergence de points de vue entre les acteurs locaux. En effet, il a eu une forte opposition de la part de la division agricole de la Daïra de Aïn el Turck<sup>47</sup>, qui trouve que ces terrains à vocation agricole font partie des dernières surfaces agricoles utiles de la région, qu'il faudrait protéger. Les services de la direction de l'environnement, qui rejoignent cette position, trouvent que cette extension va à l'encontre de la réglementation relative à la protection de l'environnement et le développement durable en particulier ceux réservés aux zones côtières. Le mouvement associatif<sup>48</sup> conteste fortement ce projet. L'association Sahel, que nous avons interviewé, nous indique : « *ce programme va sans doute porter préjudice aux équilibres écologiques du cordon dunaire, mais aussi il représente un moyen dont les élus vont se servir pour gagner la paix sociale, c'est plutôt une manœuvre électorale !* ». Les agriculteurs contestent aussi ce projet. Alors qu'ils n'ont pas

---

<sup>47</sup> Représentant de la direction des services agricoles de la wilaya d'Oran au niveau de la Daïra de Aïn el Turck.

<sup>48</sup> Le mouvement associatif se limite à une seule association, nommée « Sahel » qui signifie littoral en arabe.

pu régulariser leur situation foncière, pour accéder au droit de concession agricole, ce projet ne propose aucun plan d'expropriation ou d'indemnisation à leur égard.

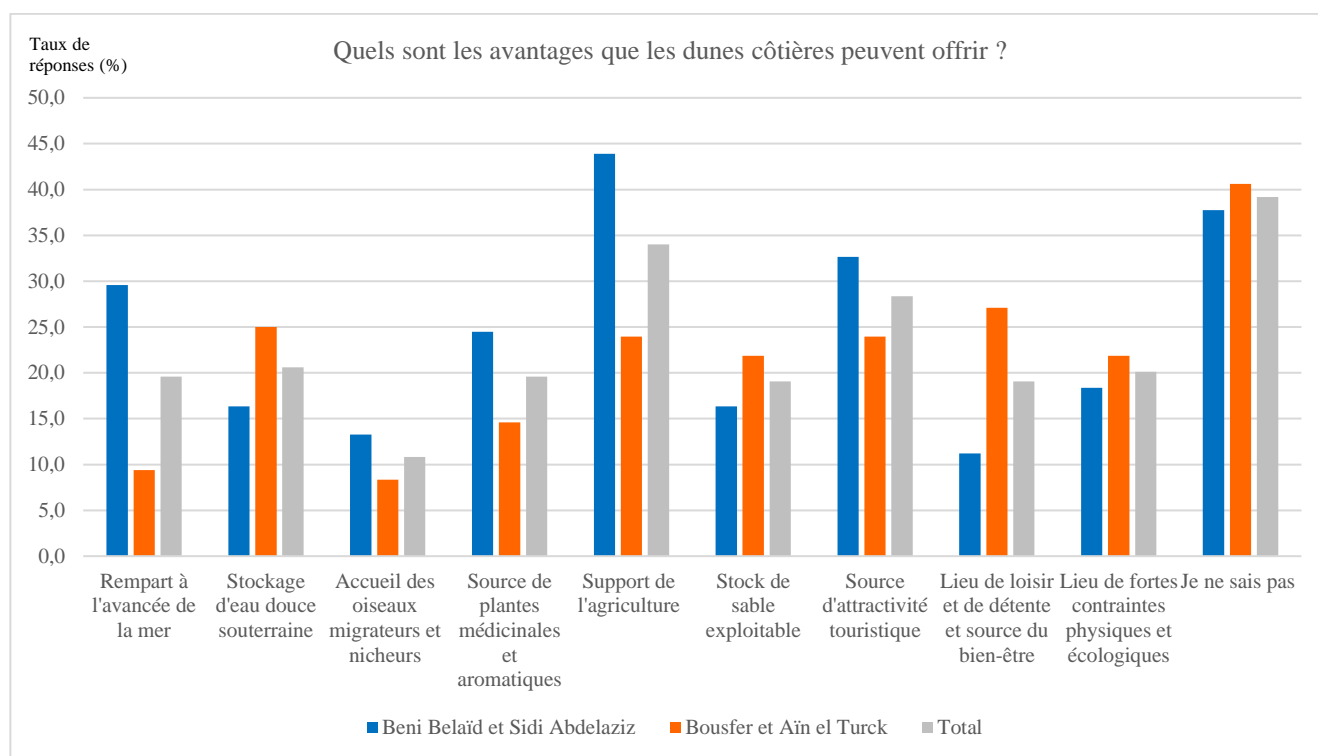
Alors que les contestations augmentent autour du POS de Mohamed el Ghris, les services d'urbanisme et les élus successifs de la commune de Aïn el Turck, maintiennent la position de mettre en œuvre ce projet. Ils justifient l'intérêt du programme par ses composantes à la fois sociales et économiques, dont une partie est destinée à la résorption des habitats précaires, qui se sont proliférés au niveau du village marocain, et l'autre à la promotion des résidences touristiques, afin d'améliorer la capacité d'accueil touristique de la région.

Dans des situations semblables, l'attention doit porter sur l'intégration transversale des secteurs considérés traditionnellement individuelle (Chouinard et *al.*, 2011; Henocque, 2006), ainsi que sur les collectivités locales concernées exerçant une influence sur la planification et la gestion des systèmes et ressources côtiers afin de développer des synergies entre les activités littorales (Khelil et *al.*, 2019; Larid, 2015). Aussi, associer davantage les populations locales aux premières phases d'un projet de conservation et de valorisation du littoral est nécessaire pour augmenter les chances de son appropriation à travers l'élaboration de compromis (Ghodhani & Amokrane, 2013b; Chakour & Dahou, 2009).

### *2.3. Sensibilisation des acteurs locaux aux enjeux de la protection des cordons dunaires côtiers : opportunité pour une gestion écosystémique adaptative et inclusive*

La capacité des acteurs et leur sensibilisation aux enjeux environnementaux du littoral sont des facteurs déterminants pour l'appropriation des actions visant la protection et le développement durable du littoral et de réduire les processus antagoniques. Sur la base de cette idée nous avons interrogé la population locale sur la représentation qu'ils font pour les cordons dunaires, leur valeur, et les pressions qui menacent leur équilibre.

En effet, par rapport à la représentation des avantages que les dunes côtières peuvent procurer à la société nous avons pu identifier, les services écosystémiques suivant (Figure 63) : support pour l'agriculture (34%), source d'attractivité touristique (28,4%), stockage et régulation de l'eau douce (20,6%), rempart face à l'avancée de la mer (19,6%), stock de sable à exploiter (19,1%) ... Ces résultats mettent en évidence le niveau de connaissance et de sensibilisation des populations locales à l'importance des cordons dunaires côtiers dans leur vécu. Néanmoins, on constate qu'une partie non moins importante des enquêtés ignore ces avantages, soit plus que le tiers (39,2%).



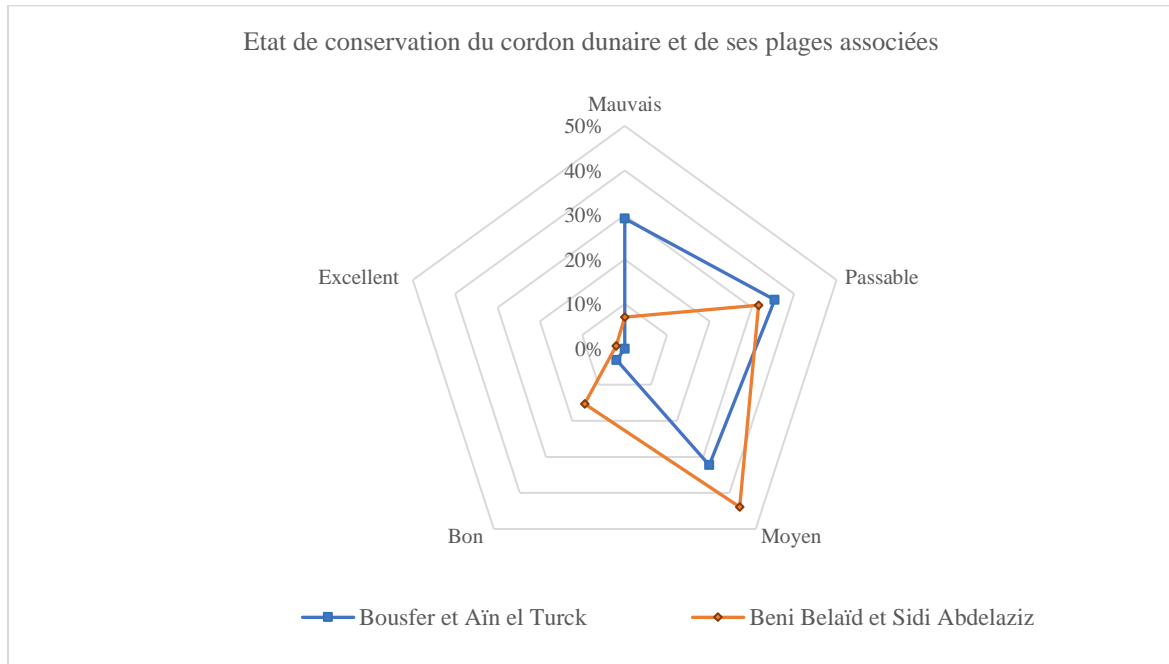
**Figure 63** : Représentation des services écosystémiques fournies par les cordons dunaires côtiers chez les populations locales.

En ce qui concerne la population enquêtée autour du cordon dunaire de Beni Belaïd et Sidi Abdelaziz, nous avons identifié une disparité dans les perceptions chez les groupes d'habitants locaux. Ce contraste dans la sensibilisation nous a permis d'identifier trois groupes sociaux ayant des degrés de perception écologique différencié au sein de la population locale. Il nous renseigne sur le degré de « littoralité », qui est considérée ici comme étant l'attachement de l'homme à l'espace littoral où il vit (Cadoret, 2017). En effet, on constate une prise de conscience chez les agriculteurs de la rive droite de l'oued El Kebir, autour de la réserve naturelle de Beni Belaid. Depuis son classement en 2003 comme zone humide dans le cadre de la convention de Ramsar, ils ont commencé à mettre en œuvre des techniques agricoles souples et moins dégradantes comme l'irrigation par goutte à goutte et l'amendement des terres par des fertilisants organiques, afin de réduire la consommation de l'eau et l'utilisation des engrais chimiques. Par contre, sur la rive gauche de l'oued El Kebir on constate un faible attachement au littoral et à son environnement qui se manifeste surtout chez les agriculteurs appartenant à une tribu nomade de Beni Hadjres<sup>49</sup>. Ces derniers considèrent le littoral comme un système de ressources à exploiter ; ils ont eu comme activité

<sup>49</sup> Un groupe des nomades originaire des wilayas intérieures. Il se sont sédentarisés, vers la fin des années 1970, au niveau de la commune de Sidi Abdelaziz et occupant sur la bande du littoral objet de non-aedificandi (300m), la partie Est de l'Agglomération Chef-Lieu.

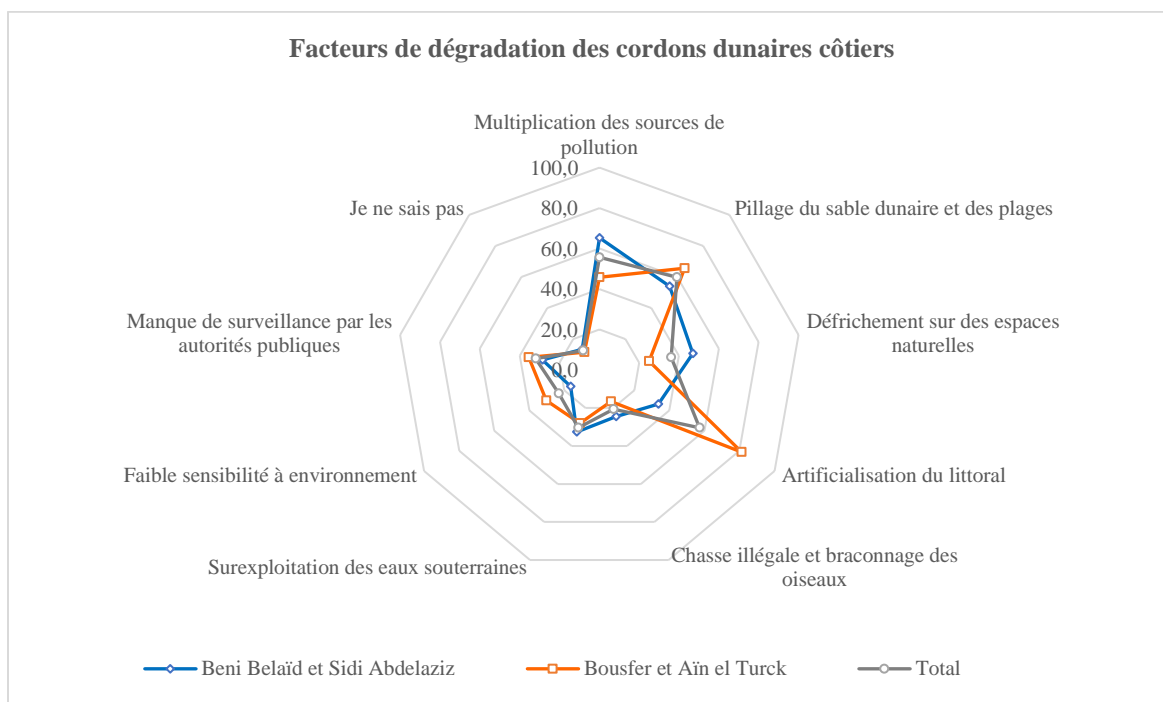
initiale le pâturage, ensuite l'extraction illicite du sable dunaire. Ce manque de sensibilisation a affaibli toute tentative de protection voire de valorisation durable du capital naturel de la région. Cet état de fait va de pair avec la qualité environnementale du littoral et les pratiques mises en œuvre par ces derniers à l'échelle communautaire.

En ce qui concerne l'état de conservation des cordons dunaires et de leurs plages associées (Figure 64), les populations locales estiment que ces milieux sont dans un état de dégradation pour 50% d'entre eux, dans un état acceptable pour 37% et en bon état pour à peine 10%.



**Figure 64 :** Représentation de l'état de conservation du cordon dunaire et de ses plages associées chez les populations locales.

La Figure 65 montre les facteurs de dégradation identifiés par les populations locales. Selon nos sondages, nous pouvons constater que la répartition hétérogène des impacts environnementaux et leur prise en charge inéquitable ont laissé émerger des inégalités environnementales. Ces dernières se traduisent par une exposition inégalitaire, des populations locales et des usagers, aux risques côtiers (érosions et submersions marines) et aux nuisances écologiques (les aérosols et la pollution par les eaux usées et les déchets ménagers). Elles se traduisent aussi par l'inégalité, entre les mêmes groupes d'acteurs locaux (population locale et usagers du cordon dunaire), dans les procédés d'accès aux ressources naturelles.



**Figure 65 :** Réponses avancées par les populations locales sur les causes de la dégradation de l'environnement (plusieurs réponses peuvent être données par personne enquêtée).

En revanche, la plupart des gestionnaires déclarent avoir reçu une formation fortement sectorielle. Les ressources humaines et leurs connaissances pluridisciplinaires s'avèrent insuffisantes. La majorité des interviewés se sentent dépassés par la complexité des problématiques de cette région, et considèrent qu'un mode de gestion sectorielle peut prendre en charge la diversité des enjeux littoraux, quoiqu'ils avouent sa défaillance actuelle. Ils tendent à cloisonner les enjeux environnementaux, économiques et sociaux. Seul 18% des réponses considèrent que le littoral est un espace où les enjeux sont multiples et leur prise en considération simultanée est une priorité.

En effet, la complexité liée à la multiplicité des enjeux, l'enchevêtrement des compétences et les différents niveaux de gouvernance s'imposent. Il s'avère nécessaire de renforcer les capacités des acteurs pour la formation d'équipes pluridisciplinaires capable d'appréhender le fonctionnement des écosystèmes côtiers, d'agir ensemble d'une manière proactive afin de résoudre et gérer les situations de conflits et travailler en étroite collaboration avec les acteurs locaux et les associations.

Il faut noter, également, que le mouvement associatif est quasi-absent. Sur les dizaines d'associations environnementales, répertoriées et agréées par la direction de l'environnement et les collectivités territoriales, seule une association est présente. L'effectif

des membres est limité au président dont le rôle est la simple présence lors des journées organisées par la direction de l'environnement.

## **Conclusion**

Ce dernier chapitre traite la question de la perception chez les acteurs locaux et ceux liés à la gestion des cordons dunaires côtiers. A travers une approche participative nous avons pu identifier les contraintes qui opposent la gestion intégrée des cordons dunaires étudiés et de formuler un ensemble d'orientations pour améliorer la gouvernance de ces écosystèmes convoités et fragiles.

En effet, les divergences d'intérêts combinées à l'absence de véritables mécanismes de coordination et de concertation ont favorisé l'établissement d'une vision sectorielle et entrave toute action visant le développement durable et la protection des zones côtières. La gestion des zones côtières, dont les enjeux sont forts et particuliers, doit s'adapter au contexte local pour pallier aux différentes problématiques inhérentes aux modes de gouvernance environnementale locale.

La protection des zones littorales sensibles en Algérie semble une tâche difficile, mais n'est pas impossible. Le renforcement de la capacité des acteurs, la sensibilisation des associations et de la population aux problématiques réelles du littoral ainsi qu'un travail de concertation pour permettre une intégration transversale des enjeux divers peuvent générer des changements aux niveaux des communautés et des autorités locales. Celle-ci ne sera efficace que si elle est simultanément soutenue par une approche descendante et un dialogue sérieux, entre acteurs, pour une valorisation durable des ressources offertes. La vision à double sens doit porter sur le renforcement de la capacité de gestion au niveau locale et par une révision et adaptation de la réglementation qui répondent au mieux au contexte algérien et l'aspiration de ses générations futures.

## Conclusion de la troisième partie

La volonté des pouvoirs publics, au niveau central, d'atténuer les pressions anthropiques et les conflits pour un développement durable des littoraux algériens, s'est concrétisée par la promulgation d'une loi littoral en 2002, qui propose un ensemble d'instruments de gestion et d'intervention spécifique aux espaces côtiers. Leur mise en œuvre s'est avérée insuffisante et souffre de plusieurs contraintes, dont la vision sectorielle et la mauvaise coordination des actions entre les différents acteurs.

L'analyse des pratiques d'aménagement et d'urbanisation le long des cordons dunaires étudiés a révélé diverses stratégies d'occupation des espaces parfois en contradiction avec la réglementation en place. En effet, l'extension actuelle de l'urbanisation côtière et des zones d'expansion touristique (ZET) mettent en évidence des pratiques d'aménagement incompatible et non-durables. En effet, l'analyse de la situation urbanistique au niveau de Sidi Abdelaziz et de Bousfer et Aïn el Turck a montré que la mise en œuvre des instruments d'aménagement et d'urbanisme (PDAU et POS) s'oppose aux dispositions de la loi « littorale » relatives aux règles d'aménagement. Elle met en évidence l'inefficacité des instruments de gestion du littoral à maîtriser le développement et l'étalement de l'urbanisation, vis-à-vis des principes de la protection et de la valorisation durable des ressources naturelles.

Cependant, l'analyse des options d'aménagement et d'urbanisation du cordon dunaire de Beni Belaïd a mis en évidence une volonté d'orienter vers l'intérieur les futurs projets d'aménagement et d'urbanisation, qui s'avère conforme aux dispositions de la loi « littorale », à savoir le principe d'aménagement en profondeur. Néanmoins, l'empiètement du plan d'aménagement touristique de la ZET de Beni Belaïd sur des terrains agricoles, majoritairement privé ou *Melk*, du domaine privé de l'Etat (EAC et EAI) et sur le périmètre urbanisé de l'agglomération de Beni Belaïd, pose de sérieux problèmes fonciers pour sa réalisation.

Dans l'objectifs de comprendre ces dysfonctionnements liés à la gestion des cordons dunaires étudiés, nous avons tenté d'examiner leur mode de gouvernance, en analysant les mécanismes de concertation et de coordination intersectorielles, ainsi que la capacité des acteurs à mettre en place des actions intégrées et adaptées aux spécificités locales. Cette analyse nous a permis de souligner de nombreuses contraintes à la mise en œuvre d'une GIZC, comme par exemple : la multiplication des acteurs intervenants sur les cordons dunaires côtiers, la vision sectorielle des parties-prenantes de la gestion des cordons dunaires étudiés, dont faiblesse des mécanismes de coordination à rapprocher les divergences d'intérêt et à concilier la contestation locale et la perception négative autour du projet

d'aménagement de la ZET de Beni Belaid, ainsi que les difficultés de concertation autour du projet de l'extension du périmètre urbanisable entre Aïn el Turck et Cap Falcon.

L'analyse de cet état de fait nous a permis d'identifier les défaillances du mode de gouvernance locale, ainsi de formuler un ensemble de recommandations afin de renverser les tendances. En effet, l'attention doit porter sur l'intégration transversal des secteurs considérés traditionnellement individuels, en constante coordination avec les collectivités locales, afin de développer des synergies dans l'action publique. Ainsi d'associer d'avantage les populations locales dès les premières phase de déroulement des projets de valorisation et de protection du littoral, afin d'augmenter l'adhésion locale et les chances leur appropriation. Par ailleurs, Le renforcement de la capacité des acteurs, la sensibilisation des associations et de la population aux problématiques réelles du littoral, ne seront pas efficaces sans une intégration verticale à différentes échelles de prise de décision, afin de générer des changements de paradigme au niveau locale.

---

*CONCLUSION GENERALE*

---

Les cordons dunaires côtiers constituent des éco-socio-systèmes complexes, dont leur évaluation requiert une vision holistique basée sur une approche systémique, qui traite les interactions complexes entre les composantes environnementales et socio-économiques d'une manière multidisciplinaire, afin d'appréhender leur fonctionnement et leur gestion.

Les cordons dunaires étudiés, se situant dans deux contextes géographiques différents, présentent plusieurs points de convergence et de divergence. Malgré leur genèse et leur configuration morphologique différenciée, ainsi que leur évolution dans des contextes hydrologiques et climatiques contrastés, les cordons dunaires étudiés affichent un niveau de fonctionnement élevé, sur un plan morpho-dynamique et écologique. En effet, le diagnostic territorial effectué nous a montré l'importance de leur patrimoine naturel, englobant des formations géomorphologiques exceptionnelles et une variété d'habitats dunaires riches en biodiversité. Par ailleurs, ces espaces à la fois riches et fragiles s'affrontent désormais à des enjeux socio-économiques croissant, liés notamment à la concentration des populations et à la multiplicité des activités humaines. Extraction de sable dunaire, démographie, urbanisation, agriculture et tourisme sont tous des éléments de littoralisation qui se manifestent avec des rythmes variables dans le temps et dans l'espace.

L'analyse spatio-temporelle des interactions Homme – Environnement au niveau des cordons dunaires étudiés a mis en évidence des transformations rapides et des dynamiques évolutives différenciées. En effet, l'évaluation de l'état de conservation des cordons dunaires étudiés, a révélé de multiples formes de dégradation et de vulnérabilité dues à la perturbation de leur équilibre écologique et de leur dynamique morpho-sédimentaire par les activités anthropiques.

Au niveau de Beni Belaïd, l'évolution des formations dunaires accuse une dynamique fluctuante entre des périodes de progression et de régression, avec un bilan surfacique légèrement déficitaire. L'agriculture a été le facteur de pression anthropique le plus important, qui pèse sur l'équilibre écologique du cordon dunaire. Elle a engendré une forte fragmentation interne, créant une transition brusque entre un cordon externe de dunes mobiles et un cordon interne de dunes fixées. De plus, la déstabilisation des dunes mobiles a entraîné la déflation du sable dunaire et, par conséquent, l'envahissement des espaces arrière-dunaires, notamment les dunes semi-fixées et les terrains agricoles.

De même, l'évolution des formations dunaires, au niveau de Sidi Abdelaziz, accuse une tendance régressive. Les formations dunaires mobiles et semi-fixées ont été fortement artificialisée et fractionnée par l'extension linéaire du tissu urbain. Par contre, les formations

dunaires fixées ont été stabilisées par des reboisement, induisant une fixation progressive du cordon dunaire interne et la colonisation des dunes mobiles et semi-fixées par les plantes ligneuses et arbustives allochtones (*Retama bovei*, *Pistacia lentiscus*, *Acacia cyanophylla*...).

En revanche, les formations dunaires au niveau de Bousfer et Aïn el Turck accusent une régénération significative, suite à l'abandon des terrains agricoles, qui témoigne de leur capacité de résilience. Néanmoins, l'artificialisation de la partie externe du cordon dunaire a engendré la rupture de la mobilité des dunes mobiles conjuguée à une fragmentation de la dynamique des formations dunaire par la fixation progressive de la partie interne du cordon dunaire.

Par ailleurs, l'interaction plage-dune est au cœur de notre approche diachronique. En effet, le suivi de l'évolution du trait de côte et le volume de la masse dunaire, couvrant une longue période, a permis d'identifier les périodes les plus critiques de la crise sédimentaire, mais aussi de comprendre la relation avec l'action anthropique multiple.

La perturbation de l'équilibre sédimentaire du système plage-dune le long du littoral de Sidi Abdelaziz à Beni Belaïd est principalement dû au déficit sédimentaire engendré par les prélèvements intensifs du sable des hauts de plage et des dunes bordières pour subvenir au besoin de l'urbanisation. A cela s'ajoute l'extraction de sédiments et granulats des oueds au niveau des bassins versants limitrophes et l'installation des barrages en amont de l'oued El Kebir, ce qui a réduit drastiquement les apports en sédiments terrigènes de l'amont vers l'aval.

Contrairement aux littoraux alimentés en matériaux terrigènes, le littoral dunaire de Bousfer et Aïn el Turck est dominé par des bassins versants endoréiques, dont les apports sédimentaires terrigènes sont quasi-nuls. L'équilibre de la dynamique morfo-sédimentaire de ce littoral est assurée principalement par les échanges transversaux de quantité de sable entre les différentes parties du système plage-dune, actionné par les vents et les vagues. Cette dynamique littorale a été fortement perturbée par l'urbanisation linéaire au trait de côte, qui a engendré le blocage des échanges sédimentaires entre les différentes parties du profil transversal du système plage-dune. De même, l'aménagement des ouvrages de protection, le long de la baie de Aïn el Turck, a perturbé la dynamique littorale longitudinale, en favorisant l'érosion des plages en aval de la dérive littorale.

Le constat d'une érosion côtière le long des cordons dunaires étudiés, qui sont censés constituer des côtes d'accumulation, vient confirmer l'idée de l'inversement de la tendance globale de l'évolution des côtes méditerranéennes et mondiales, propulsée par l'élévation du

niveau de la mer due au changement climatique. Dans ce contexte généralisé de pénurie sédimentaire, la préservation et l'entretien des cordons dunaires côtiers présentent un grand intérêt pour la protection des territoires littoraux contre les différents aléas côtiers, en particulier ceux de l'érosion côtière et de la submersion marine. En effet, plusieurs principes préalables sont à prendre en compte, pour une gestion raisonnable et fonctionnelle. Elle vise à favoriser la libre expression de la dynamique dunaire, protéger et restaurer des habitats à haute valeur patrimoniale et suivre régulièrement l'évolution des processus côtiers, des dynamiques morphologiques et écologiques. Pour ce faire, il est nécessaire de :

- Prendre en considération le contexte sédimentaire fonctionnel, à savoir la cellule hydro-sédimentaire, avec ses processus de transferts sédimentaires longitudinaux et transversaux.
- Évaluer la capacité de résilience des dunes côtières pour que l'usage de ces derniers ne dépassent pas les seuils de durabilité fonctionnelle, afin de profiter des phénomènes de réajustements naturels post-perturbations.
- Favoriser l'aménagement en profondeur, afin d'éviter l'artificialisation des cordons dunaires et des plages. Par ailleurs, de privilégier les méthodes d'intervention dites « douces » pour la réhabilitation des espaces dunaires et de leurs services écosystémiques, qui s'appuient sur les processus naturels, en opposition avec les interventions dites « lourdes », qui sont le plus souvent mises en échec, impossibles à maintenir dans la durée et coûteuses pour la société.

Néanmoins, les cordons dunes se trouvent parmi les formes côtières les plus menacées par les interventions anthropiques, puisque les programmes de planification territoriale et d'aménagement du littoral les ont toujours négligés. Les programmes d'aménagement du littoral doivent tenir compte le caractère mobile inhérent aux cordons dunaires, afin de favoriser le maintien des échanges sédimentaires entre les dunes et leurs plages associées. En effet, l'occupation des cordons dunaires étudiés et de leurs plages associées s'opère selon diverses stratégies, qui sont parfois à la limite de la légalité, mettant ainsi en évidence des pratiques d'aménagement mal-adaptées et non-durables voir anarchiques. Ainsi, l'extension de l'urbanisation côtière et des zones d'expansion touristique (ZET) ont engendré l'émergence de rapports conflictuels entre différents usagers, rendant ainsi difficile la conciliation entre les enjeux de l'aménagement et du développement et les défis de protection de l'environnement.

Face à la volonté de l'état à mettre en cohérence les instruments d'aménagement et les outils de gestion adoptés par la loi « littoral », des pratiques de non-respect du cadre législatif de protection de l'environnement et de l'urbanisation se sont développées et mettent ainsi en

évidence des contradictions dans l'action de préservation à plusieurs échelles. En effet, les divergences d'intérêts combinées à l'absence de véritables mécanismes de coordination et de concertation ont favorisé l'établissement d'une vision sectorielle et entrave toute action visant le développement durable et la protection des zones côtières. La gestion des zones côtières, dont les enjeux sont forts et particuliers, doit s'adapter au contexte local pour pallier aux différentes problématiques inhérentes aux modes de gouvernance environnementale locale.

La protection des cordons dunaires de la côte algérienne semble une tâche difficile. Le renforcement de la capacité des acteurs et la sensibilisation des associations et de la population locale aux problématiques réelles du littoral nous semble primordiale. Ainsi un travail de concertation entre les différents acteurs permettra sans doute une intégration transversale des divers enjeux à une échelle plus large ; allant du bassin versant au petit segment de plage. L'approche multi-échelle dans la gouvernance du territoire doit passer par la révision et l'adaptation de la réglementation qui régissent les littoraux algériens en général et les dunes côtières en particulier.

La recherche menée dans le cadre de cette thèse a pu aboutir à plusieurs conclusions, dont l'ouverture sur des axes de recherches connexes, comme la modélisation des données recueillis, l'étalement de la réflexion sur d'autres écosystèmes dunaires en Algérie et/ou en Méditerranée, la réflexion sur la conception d'un atlas dynamique et d'un guide de gestion adaptée pour les dunes côtières algériennes et enfin la révision de la place des dunes côtières dans la vision des politiques écologiques de l'Algérie, mis en œuvre à travers la SN-GIZC, actuellement en cours d'étude.

## Bibliographie

### Articles et ouvrages

- Aarde, R. J. van, Wassenaar, T. D., Niemand, L., Knowles, T., & Ferreira, S. (2008). Coastal Dune Forest Rehabilitation : A Case Study on Rodent and Bird Assemblages in Northern Kwazulu-Natal, South Africa. In D. M. L. Martínez & D. N. P. Psuty (Éds.), *Coastal Dunes* (p. 103-115). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-74002-5\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-540-74002-5_7)
- Abdelaziz, S. (2015). Enclavement montagnard et développement. Le cas de Jijel (Algérie). *Les Cahiers d'EMAM. Études sur le Monde Arabe et la Méditerranée*, 26, Article 26. <https://doi.org/10.4000/emam.1001>
- Aime, S., & Penven, M. J. (1982). Le complexe dunaire du Cap Falcon (Oran). Etude morphodynamique appliquée et perspectives d'aménagement. *Méditerranée*, 45(2), 3-13. <https://doi.org/10.3406/medit.1982.3395>
- Alberti, L., La Licata, I., & Cantone, M. (2017). Saltwater Intrusion and Freshwater Storage in Sand Sediments along the Coastline : Hydrogeological Investigations and Groundwater Modeling of Nauru Island. *Water*, 9(10), 788. <https://doi.org/10.3390/w9100788>
- Andreu-Boussut, V., & Choblet, C. (2006). Entre gouvernance locale et institutionnalisation des territoires. Le parc naturel régional, un modèle pour la gize ? *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*, Volume 7 Numéro 3, Article Volume 7 Numéro 3. <https://doi.org/10.4000/vertigo.9060>
- Andrews, Brian D., Gares, P. A., & Colby, J. D. (2002). Techniques for GIS modeling of coastal dunes. *Geomorphology*, 48(1), 289-308. [https://doi.org/10.1016/S0169-555X\(02\)00186-1](https://doi.org/10.1016/S0169-555X(02)00186-1)
- Antonellini, M., Mollema, P., Giambastiani, B., Bishop, K., Caruso, L., Minchio, A., Pellegrini, L., Sabia, M., Ulazzi, E., & Gabbianelli, G. (2008). Salt water intrusion in the coastal aquifer of the southern Po Plain, Italy. *Hydrogeology Journal*, 16(8), 1541. <https://doi.org/10.1007/s10040-008-0319-9>
- Arens, S. M., Jungerius, P. D., & Van der Meulen, F. (2001). Coastal dunes. In *Habitat conservation : Managing the physical environment* (p. 229-272). Wiley.
- Ayadi, K., Boutiba, M., Sabatier, F., & Guettouche, M. S. (2015). Detection and analysis of historical variations in the shoreline, using digital aerial photos, satellite images, and

- topographic surveys DGPS : Case of the Bejaia bay (East Algeria). *Arabian Journal of Geosciences*, 9(1), 26. <https://doi.org/10.1007/s12517-015-2043-9>
- Bartlett, D., & Smith, J. (Éds.). (2004). *GIS for Coastal Zone Management*. CRC Press.
- Bawedin, V. (2009). *Integrated Coastal Zone Management (AIZM) confronted to the territorial dynamics in the bassin of Arcachon on the coastline of Picardy* [Theses, Université de Nantes]. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00431534>
- Beltrame, C., Perennou, C., & Guelmami, A. (2015). Évolution de l'occupation du sol dans les zones humides littorales du Bassin méditerranéen de 1975 à 2005. *Méditerranée. Revue géographique des pays méditerranéens / Journal of Mediterranean geography*, 125, 97-111. <https://doi.org/10.4000/mediterranee.8046>
- Beuret, J.-E., Cadoret, A., & Rey-Valette, H. (2016). Développement durable en zones côtières : Comment territorialiser l'intérêt général environnemental ? Un cadre d'analyse. *Développement durable et territoires. Économie, géographie, politique, droit, sociologie*, Vol. 7, n°3, Article Vol. 7, n°3. <https://doi.org/10.4000/developpementdurable.11386>
- Billé, R. (2006). Gestion intégrée des zones côtières : Quatre illusions bien ancrées. *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement*, Volume 7 Numéro 3, Article Volume 7 Numéro 3. <https://doi.org/10.4000/vertigo.1555>
- Bodéré, J.-C., Cribb, R., Curr, R., Davies, P., Hallégouët, B., Meur-Férec, C., Piriou, N., Williams, A., & Yoni, C. (1991). La gestion des milieux dunaires littoraux. Evolution de leur vulnérabilité à partir d'une liste de contrôle. Etude de cas dans le sud du Pays de Galles et en Bretagne occidentale. *Noroi*, 151(1), 279-298. <https://doi.org/10.3406/noroi.1991.6371>
- Bouldjedri, M., de Bélair, G., Mayache, B., & Muller, S. D. (2011). Menaces et conservation des zones humides d'Afrique du Nord : Le cas du site Ramsar de Beni-Belaid (NE algérien). *Comptes Rendus Biologies*, 334(10), 757-772. <https://doi.org/10.1016/j.crvi.2011.06.009>
- Boumaour, A., Grimes, S., Brigand, L., & Larid, M. (2018). Integration process and stakeholders' interactions analysis around a protection project : Case of the National park of Gouraya, Algeria (South-western Mediterranean). *Ocean & Coastal Management*, 153, 215-230. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2017.12.031>
- Bourgou, M., & Miossec, J.-M. (2010). *Les littoraux, Enjeux et dynamiques*. PUF Presses universitaires de France.

- Bousquet, B. (1990). Le littoral des secteurs dunaires et son aménagement (The coasts of dune areas). *Bulletin de l'Association de géographes français*, 67(4), 297-306. <https://doi.org/10.3406/bagf.1990.1542>
- Boutiba, M. (2006). *Géomorphologie dynamique et mouvements des sédiments le long de la côte sableuse jijélienne (Est Algérie)* [Doctorat en Géomorphologie]. Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene (USTHB).
- Bouziane-Bensafir, Z. (1985). *Evolution et transformation de l'espace agricole à la périphérie d'Oran : La corniche oranaise et la plaine des Hassis*, [3ème cycle, Université des Sciences et Techniques de Lille 1]. <http://ori-nuxeo.univ-lille1.fr/nuxeo/site/esupversions/092b92a9-1f5f-40ce-b094-67e3b8f4c98b>
- Bouzidi, R. E. L., Labraimi, M., & Zourarah, B. (2004). Morphological evolution and spatio-temporal variability of the longshore drift system in the bay of Tangier (Morocco). *Journal of African Earth Sciences*, 39(3), 527-534. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2004.07.011>
- Boyer, T., & Polasky, S. (2004). Valuing urban wetlands : A review of non-market valuation studies. *Wetlands*, 24(4), 744-755. [https://doi.org/10.1672/0277-5212\(2004\)024\[0744:VUWARO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1672/0277-5212(2004)024[0744:VUWARO]2.0.CO;2)
- Bruneau, N. (2009). *Modélisation morphodynamique des plages sableuses* [Thèse de doctorat]. Université de Bordeaux I.
- Cadoret, A. (2009). Conflict dynamics in coastal zones : A perspective using the example of Languedoc-Rousillon (France). *Journal of Coastal Conservation*, 13(2), 151. <https://doi.org/10.1007/s11852-009-0048-9>
- Cadoret, A. (2017). L'attachement aux lieux dans les conflits liés à l'environnement sur le littoral : Une ressource pour leur régulation. *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*, Volume 17 Numéro 1, Article Volume 17 Numéro 1. <https://doi.org/10.4000/vertigo.18436>
- Carter, R. W. G. (1988). *Coastal Environments : An Introduction to the Physical, Ecological and Cultural Systems of Coastlines*. Academic Press.
- Carter, R. W. G., Curtis, T. G. F., & Sheehy-Skeffington, M. J. (1992). *Coastal dunes : Geomorphology, ecology and management for conservation: Proceedings of the 3rd European Dune Congress Galway, Ireland, 17-21 June 1992*. <http://www.vliz.be/en/imis?module=ref&refid=12581>

- Chaibi, M., Maanan, M., Sabatier, F., Charif, A., Ougougdal, M. A., & Malek, H. A. (2014). Modélisation du transport éolien dans le système plage-dune de la baie d'El Haouzia (côte atlantique marocaine). *Physio-Géo. Géographie physique et environnement, Volume 8*, 101-119. <https://doi.org/10.4000/physio-geo.3872>
- Chakour, S.-C., & Dahou, T. (2009). Gouverner une AMP, une affaire publique ? Exemples Sud-Méditerranéens. *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement, Hors série 6*. <https://doi.org/10.4000/vertigo.9156>
- Cheung, C. K., & Shi, W. (2004). Estimation of the Positional Uncertainty in Line Simplification in GIS. *The Cartographic Journal*, 41(1), 37-45. <https://doi.org/10.1179/000870404225019990>
- Chmura, G. L., Anisfeld, S. C., Cahoon, D. R., & Lynch, J. C. (2003). Global carbon sequestration in tidal, saline wetland soils. *Global Biogeochemical Cycles*, 17(4). <https://doi.org/10.1029/2002GB001917>
- Chouinard, O., Baztan, J., & Vanderlinden, J.-P. (2011). *Zones côtières et changement climatique : Le défi de la gestion intégrée*. Presses de l'Université du Québec.
- Ciccarelli, D. (2014). Mediterranean coastal sand dune vegetation : Influence of natural and anthropogenic factors. *Environmental Management*, 54(2), 194-204. <https://doi.org/10.1007/s00267-014-0290-2>
- Ciccarelli, D., Pinna, M. S., Alquini, F., Cogoni, D., Ruocco, M., Bacchetta, G., Sarti, G., & Fenu, G. (2017). Development of a coastal dune vulnerability index for Mediterranean ecosystems : A useful tool for coastal managers? *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 187, 84-95. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2016.12.008>
- Cicin-Sain, B., & Knecht, R. (1998). *Integrated Coastal and Ocean Management : Concepts And Practices* (1<sup>re</sup> éd.). Island Press.
- Clus-Auby, C. (2003). *La gestion de l'érosion des côtes : L'exemple aquitain*. Presses universitaires de Bordeaux.
- Corlay, J. P. (1995). Géographie sociale, géographie du littoral. *Noroi*, 165(1), 247-265. <https://doi.org/10.3406/noroi.1995.6623>
- Corlay, J.-P. (1999). La recherche scientifique et la gestion intégrée des zones côtières (The scientific research and integrated management of coastal zones). *Bulletin de l'Association de Géographes Français*, 76(2), 158-168. <https://doi.org/10.3406/bagf.1999.7987>

- Coudert, É., & Larid, M. (2006). IMAGINE : Un ensemble de méthodes et d'outils pour contribuer à la gestion intégrée des zones côtières en Méditerranée. *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement*, Volume 7 Numéro 3. <https://doi.org/10.4000/vertigo.9059>
- Debaine, F., & Robin, M. (2012). A new GIS modelling of coastal dune protection services against physical coastal hazards. *Ocean & Coastal Management*, 63, 43-54. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2012.03.012>
- Debaine, F., Robin, M., Roze, F., Favennec, J., Gouguet, L., & Prat, M.-C. (2007). *Aide à la gestion multifonctionnelle des dunes littorales atlantiques par l'évaluation cartographiée de leur état de conservation* (Programme « Multidune », p. 63) [Rapport final]. Université de Nantes – LETG - UMR 6554 / Géolittomer. <http://isidoredd.documentation.developpement-durable.gouv.fr/document.xsp?id=Temis-0078573>
- Deboudt, P. (Éd.). (2018). *Inégalités écologiques, territoires littoraux & développement durable*. Presses universitaires du Septentrion. <http://books.openedition.org/septentrion/15030>
- Defourny, P., Hecquet, G., & Philippart, T. (1999). *Digital Terrain Modelling : Accuracy Assessment and Hydrological Simulation Sensitivity*. <https://dial.uclouvain.be/pr/boreal/object/boreal:85327>
- Doody (auth.), J. P. (2013). *Sand Dune Conservation, Management and Restoration* (1<sup>re</sup> éd.). Springer Netherlands.
- Doody, J. P. (2013a). Human Occupation, Use and Abuse. In *Sand Dune Conservation, Management and Restoration* (p. 37-63). Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-4731-9\\_2](https://doi.org/10.1007/978-94-007-4731-9_2)
- Doody, J. P. (2013b). Introduction. In *Sand Dune Conservation, Management and Restoration* (p. 1-36). Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-4731-9\\_1](https://doi.org/10.1007/978-94-007-4731-9_1)
- Doody, J. P. (2013c). Trends and Trade-offs – Beach/Foredune. In *Sand Dune Conservation, Management and Restoration* (p. 127-148). Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-4731-9\\_6](https://doi.org/10.1007/978-94-007-4731-9_6)

- Doody, J. P. (2013d). Trends and Trade-offs – Inland Vegetated Dune. In *Sand Dune Conservation, Management and Restoration* (p. 149-176). Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-4731-9\\_7](https://doi.org/10.1007/978-94-007-4731-9_7)
- Doody, J. P. (2013e). Vegetated States and Values – Inland Dune. In *Sand Dune Conservation, Management and Restoration* (p. 101-125). Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-4731-9\\_5](https://doi.org/10.1007/978-94-007-4731-9_5)
- Drius, M., Carranza, M. L., Stanisci, A., & Jones, L. (2016). The role of Italian coastal dunes as carbon sinks and diversity sources. A multi-service perspective. *Applied Geography*, 75, 127-136. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2016.08.007>
- Drius, M., Jones, L., Marzialetti, F., de Francesco, M. C., Stanisci, A., & Carranza, M. L. (2019). Not just a sandy beach. The multi-service value of Mediterranean coastal dunes. *Science of The Total Environment*, 668, 1139-1155. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.364>
- Durand, P. (1998). Cinématique d'un littoral sableux à partir de photographies aériennes et de cartes topographiques. Exemple du littoral d'Argelès-Plage à Saint-Cyprien (Roussillon, France)/Kinematics of a sandy shoreline deduced from the analysis of aerial photographs and topographic maps. Example of the beach extending from Argelès-Plage to Saint-Cyprien (Roussillon, France). *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 4(2), 155-166. <https://doi.org/10.3406/morfo.1998.952>
- Durand-Delga, M. (1955). *Étude géologique de l'Ouest de la Chaîne numidique* [Thèse de doctorat]. Service de carte géologique, Bulletin du Service de la Carte géologique de l'Algérie.
- Elkhrachy, I. (2018). Vertical accuracy assessment for SRTM and ASTER Digital Elevation Models : A case study of Najran city, Saudi Arabia. *Ain Shams Engineering Journal*, 9(4), 1807-1817. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2017.01.007>
- Everard, M., Jones, L., & Watts, B. (2010). Have we neglected the societal importance of sand dunes? An ecosystem services perspective. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 20(4), 476-487. <https://doi.org/10.1002/aqc.1114>
- Favennec, J. (2002). *Connaissance et gestion durable des dunes de la côte atlantique : Manuel récapitulatif des enseignements du projet Européen LIFE-ENVIRONNEMENT de « réhabilitation et gestion durable de quatre dunes françaises »*. Office National de Forêts (ONF). <http://www.onf.fr/outils/medias/20120125-100554-135885/++files++/1>

- Favennec, J. (2014). Quelques pistes pour une gestion raisonnable des dunes littorales. *Coastal dunes management strategies and practices : Perspectives and case studies*, 32, 109-114.
- Favennec, J., & Battiau-Queney, Y. (2014). *Coastal dunes management strategies and practices : Perspectives and case studies* (Vol. 32). Presses universitaires de Bordeaux. <http://www.pub-editions.fr/index.php/coastal-dunes-management-strategies-and-practices-perspectives-and-case-studies-dynamiques-environnementales-501.html>
- Feagin, R. (2013). Foredune Restoration Before and After Hurricanes: Inevitable Destruction, Certain Reconstruction. In M. L. Martínez, J. B. Gallego-Fernández, & P. A. Hesp (Éds.), *Restoration of Coastal Dunes* (p. 93-103). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-33445-0\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-642-33445-0_6)
- Ford, M. (2013). Shoreline changes interpreted from multi-temporal aerial photographs and high resolution satellite images: Wotje Atoll, Marshall Islands. *Remote Sensing of Environment*, 135, 130-140. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2013.03.027>
- Foury, N. F. (2017). *L'effectivité des instruments de protection et d'aménagement du littoral méditerranéen : Cas de l'Algérie* [Doctorat en droit public, Aix-Marseille]. <http://www.theses.fr/2017AIXM0220>
- Furmańczyk, K., & Kawińska, M. (1995). Coast changes of the Hel Spit over the last 40 years. *Journal of Coastal Research*, 193-196.
- Garnier, E. (2018). Les dunes et les hommes : Du vide au trop-plein ! In *Guide de gestion des dunes et des plages associées* (p. 97-102). Quae.
- Ghodbani, T. (2005). Rechgoun, un espace à protéger sur le littoral ouest de l'Algérie. *Méditerranée. Revue géographique des pays méditerranéens / Journal of Mediterranean geography*, 105, 87-94. <https://doi.org/10.4000/mediterranee.350>
- Ghodbani, T. (2010). Environnement et littoralisation de l'Ouest algérien. *Insaniyat / إنسانيات. Revue algérienne d'anthropologie et de sciences sociales*, 50, 53-60.
- Ghodbani, T., & Amokrane, K. (2013a). La zone humide de la Macta : Un espace à protéger sur le littoral ouest de l'Algérie. *Physio-Géo. Géographie physique et environnement, Volume 7*, 139-155. <https://doi.org/10.4000/physio-geo.3228>
- Ghodbani, T., & Amokrane, K. (2013b). La zone humide de la Macta : Un espace à protéger sur le littoral ouest de l'Algérie. *Physio-Géo. Géographie physique et environnement, Volume 7*, 139-155. <https://doi.org/10.4000/physio-geo.3228>

- Ghodbani, T., & Berrahi-Midoun, F. (2013). La littoralisation dans l'Ouest algérien : Analyse multiscalaire des interactions hommes-espaces-écosystèmes. *Espace populations sociétés. Space populations societies*, 2013/1-2, 231-243. <https://doi.org/10.4000/eps.5488>
- Ghodbani, T., Kansab, O., & Kouti, A. (2016). Développement du tourisme balnéaire en Algérie face à la problématique de protection des espaces littoraux. Le cas des côtes mostaganemoises. *Études caribéennes*, 33-34. <https://doi.org/10.4000/etudescaribeennes.9305>
- Ghodbani, T., Milewski, A., & Bellal, S. A. (2015). Un écosystème littoral fragile menacé sur la rive sud de la Méditerranée. *Méditerranée. Revue géographique des pays méditerranéens / Journal of Mediterranean geography*, 125, 153-164. <https://doi.org/10.4000/mediterranee.8104>
- Ghodbani, T., & Semmoud, B. (2010). Urbanisation côtière en Algérie, Processus et impacts sur l'environnement : Le cas de la baie d'Aïn el Turck. *Études caribéennes*, 15. <https://doi.org/10.4000/etudescaribeennes.4431>
- Gouguet, L. (2018). *Guide de gestion des dunes et des plages associées* (1ère édition). Quae.
- Gouguet, L., & Roche, A. (2014). Evolution de la gestion des dunes domaniales : Les nouvelles stratégies. *Coastal dunes management strategies and practices : Perspectives and case studies*, 32, 117-122.
- Gourmelon, F., & Robin, M. (2005). *SIG et littoral* (LAVOISIER). Hermès. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00071087>
- Grootjans, A. P., Adema, E. B., Bekker, R. M., & Lammerts, E. J. (2008). Why Coastal Dune Slacks Sustain a High Biodiversity. In D. M. L. Martínez & D. N. P. Psuty (Éds.), *Coastal Dunes* (p. 85-101). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-74002-5\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-540-74002-5_6)
- Hallegouet, B., Bodéré, J.-C., & Piriou, N. (1986). La gestion des dunes littorales dans le Finistère. *Noroi*, 132(1), 517-535. <https://doi.org/10.3406/noroi.1986.4350>
- Hanifi, N., Kadik, L., & Guittonneau, G.-G. (2007). Analyse de la végétation des dunes littorales de Zemmouri (Boumerdès, Algérie). *Acta Botanica Gallica*, 154(2), 235-249. <https://doi.org/10.1080/12538078.2007.10516054>

- Hapke, C. J., Kratzmann, M. G., & Himmelstoss, E. A. (2013). Geomorphic and human influence on large-scale coastal change. *Geomorphology*, 199, 160-170. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.11.025>
- Henocque, Y. (2006). Leçons et futur de la gestion intégrée des zones côtières dans le monde. *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement*, Volume 7 Numéro 3. <https://doi.org/10.4000/vertigo.2490>
- Heslenfeld, P., Jungerius, P. D., & Klijn, J. A. (2008). European Coastal Dunes : Ecological Values, Threats, Opportunities and Policy Development. In D. M. L. Martínez & D. N. P. Psuty (Éds.), *Coastal Dunes* (p. 335-351). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-74002-5\\_20](https://doi.org/10.1007/978-3-540-74002-5_20)
- Hesp, P. A. (2008). Coastal Dunes in the Tropics and Temperate Regions : Location, Formation, Morphology and Vegetation Processes. In D. M. L. Martínez & D. N. P. Psuty (Éds.), *Coastal Dunes* (p. 29-49). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-74002-5\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-540-74002-5_3)
- Hopkins, T., Bailly, D., & Støttrup, J. (2011). A Systems Approach Framework for Coastal Zones. *Ecology and Society*, 16(4). <https://doi.org/10.5751/ES-04553-160425>
- James, L. A., Hodgson, M. E., Ghoshal, S., & Latiolais, M. M. (2012). Geomorphic change detection using historic maps and DEM differencing : The temporal dimension of geospatial analysis. *Geomorphology*, 137(1), 181-198. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2010.10.039>
- Jensen, J. R. (2014). *Remote sensing of the environment : An earth resource perspective* (2nd ed, Pearson new international edition). Pearson Education Limited. <http://gen.lib.rus.ec/book/index.php?md5=185ee9f1eb3947b29de31d96cef61b6d>
- Jones, M. L. M., Sowerby, A., Williams, D. L., & Jones, R. E. (2008). Factors controlling soil development in sand dunes : Evidence from a coastal dune soil chronosequence. *Plant and Soil*, 307(1), 219-234. <https://doi.org/10.1007/s11104-008-9601-9>
- Juigner, M., Robin, M., Fattal, P., Maanan, M. N., Debaine, F., Le Guern, C., Gouguet, L., & Baudouin, V. (2012). Cinématique d'un trait de côte sableux en Vendée entre 1920 et 2010. Méthode et analyse. *Dynamiques Environnementales - Journal international des géosciences et de l'environnement*, 30, 29-39.
- Kacemi, M. (2010). Protection du littoral en Algérie entre gestion et législation. *Droit et société*, 73, 687-701.

- Kacemi, M. (2013). Protection et valorisation du littoral en Algérie : Législation et instruments : Le cas des communes littorales d'Oran. *Études caribéennes*, 20. <https://doi.org/10.4000/etudescaribeennes.5959>
- Keijsers, J. G. S., De Groot, A. V., & Riksen, M. J. P. M. (2015). Vegetation and sedimentation on coastal foredunes. *Geomorphology*, 228, 723-734. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2014.10.027>
- Kermani, S. (2016). *Les dunes littorales de la baie de Jijel : Origine, mise en place et impacts des activités humaines* [DOCTORAT 3ème Cycle]. USTHB.
- Kermani, S., Boutiba, M., Boutaleb, A., & Fagel, N. (2015). Distribution of heavy and clay minerals in coastal sediment of Jijel, East of Algeria : Indicators of sediment sources and transport and deposition environments. *Arabian Journal of Geosciences*, 9(1), 36. <https://doi.org/10.1007/s12517-015-2155-2>
- Kermani, S., Boutiba, M., Guendouz, M., Guettouche, M. S., & Khelfani, D. (2016). Detection and analysis of shoreline changes using geospatial tools and automatic computation : Case of jijelian sandy coast (East Algeria). *Ocean & Coastal Management*, 132, 46-58. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2016.08.010>
- Khelil, N., Larid, M., Grimes, S., Le Berre, I., & Peuziat, I. (2019). Challenges and opportunities in promoting integrated coastal zone management in Algeria : Demonstration from the Algiers coast. *Ocean & Coastal Management*, 168, 185-196. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2018.11.001>
- Khenouf, H., Chefrour, A., Corcket, E., Alard, D., & Vela, E. (2018). La végétation dunaire du littoral de Jijel (Algérie) : Proposition d'une nouvelle zone importante pour les plantes. *Revue d'Ecologie*, 73(3), 344-361.
- Kidd, R. (2001). *Coastal Dune Management : A Manual of Coastal Dune Management and Rehabilitation Techniques*. <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3A1a71a728-87cf-461e-9db1-e4f5a92ac2ff>
- Kumar, A., Narayana, A. C., & Jayappa, K. S. (2010). Shoreline changes and morphology of spits along southern Karnataka, west coast of India : A remote sensing and statistics-based approach. *Geomorphology*, 120(3), 133-152. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2010.02.023>

- Łabuz, T. A. (2015). Coastal Dunes : Changes of Their Perception and Environmental Management. In C. W. Finkl & C. Makowski (Éds.), *Environmental Management and Governance : Advances in Coastal and Marine Resources* (p. 323-410). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-06305-8\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-319-06305-8_14)
- Laffoley, D., & Grimsditch, G. D. (2009). *The Management of Natural Coastal Carbon Sinks*. IUCN. <https://www.oceanfdn.org/sites/default/files/Laffoley%20The%20Management%20of%20Natural%20Coastal%20Carbon%20Sinks-.pdf>
- Larid, M. (2015). L'apport du retour d'expérience au processus de gestion intégrée des zones côtières. Application à la zone humide littorale de Réghaia (Algérois). *Méditerranée. Revue géographique des pays méditerranéens / Journal of Mediterranean geography*, 125, 141-152. <https://doi.org/10.4000/mediterranee.8091>
- Larroque, B., & Favennec, J. (2016). *Guide de la flore du littoral sableux méditerranéen*. Editions Sud Ouest.
- Leatherman, S. P. (1978). A new aeolian sand trap design. *Sedimentology*, 25(2), 303-306. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3091.1978.tb00315.x>
- Leclaire, L. (1972). *La sédimentation holocène sur le versant méridional du bassin algéro-baléares, précontinent algérien*. Muséum national d'histoire naturelle.
- Lefebvre, C. (2011). La gestion intégrée côtière et marine : Nouvelles perspectives. *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement, Hors-série 9*. <https://doi.org/10.4000/vertigo.10985>
- Ley de la Vega, C., Favennec, J., Gallego-Fernández, J., & Pascual Vidal, C. (2012). *Conservation des dunes côtières : Restauration et gestion durables en Méditerranée occidentale*. UICN. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2012-082.pdf>
- Louche, B., Bracq, P., Crampon, N., & Colbeaux, J. (1995). Reconnaissance et fonctionnement des hydrosystèmes souterrains dans les dunes et les Bas-Champs de Merlimont (Pas-de-Calais). *Hommes et Terres du Nord*, 1(1), 31-39. <https://doi.org/10.3406/htn.1995.2488>
- Lozachmeur, O. (2009). Rappel des principes de la «gestion intégrée des zones côtières» et des axes de la Recommandation du 30 Mai 2002. *VertigO - la revue électronique en*

- Lubke, R. A. (2008). Vegetation Dynamics and Succession on Sand Dunes of the Eastern Coasts of Africa. In D. M. L. Martínez & D. N. P. Psuty (Éds.), *Coastal Dunes* (p. 67-84). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-74002-5\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-540-74002-5_5)
- Martínez, M. L., Gallego-Fernández, J. B., & Hesp, P. A. (Éds.). (2013). *Restoration of Coastal Dunes*. Springer Berlin Heidelberg. <http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-33445-0>
- Martínez, M. L., Hesp, P. A., & Gallego-Fernández, J. B. (2013). Coastal Dunes : Human Impact and Need for Restoration. In M. L. Martínez, J. B. Gallego-Fernández, & P. A. Hesp (Éds.), *Restoration of Coastal Dunes* (p. 1-14). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-33445-0\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-642-33445-0_1)
- Martínez, M. L., Maun, M. A., & Psuty, N. P. (2008). The Fragility and Conservation of the World's Coastal Dunes : Geomorphological, Ecological and Socioeconomic Perspectives. In D. M. L. Martínez & D. N. P. Psuty (Éds.), *Coastal Dunes* (p. 355-369). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-74002-5\\_21](https://doi.org/10.1007/978-3-540-74002-5_21)
- Martínez, M. L., & Psuty, N. P. (2004). *Coastal Dunes : Ecology and Conservation*. (1<sup>re</sup> éd.). Springer-Verlag Berlin Heidelberg. <http://www.springer.com/gp/book/9783540408291>
- Martínez, M. L., Psuty, N. P., Lubke (auth.), R. A., Martínez, D. M. L., & Psuty (eds.), D. N. P. (2008). *Coastal Dunes : Ecology and Conservation* (1<sup>re</sup> éd.). Springer-Verlag Berlin Heidelberg.  
<http://gen.lib.rus.ec/book/index.php?md5=624cb467319fd2d3b212133460dabb02>
- Martínez, M. L., Psuty, N. P., & Lubke, R. A. (2008). A Perspective on Coastal Dunes. In D. M. L. Martínez & D. N. P. Psuty (Éds.), *Coastal Dunes* (p. 3-10). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-74002-5\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-540-74002-5_1)
- Martínez-Casasnovas, J. A., Antón-Fernández, C., & Ramos, M. C. (2003). Sediment production in large gullies of the Mediterranean area (NE Spain) from high-resolution digital elevation models and geographical information systems analysis. *Earth Surface Processes and Landforms*, 28(5), 443-456. <https://doi.org/10.1002/esp.451>
- Martínez-Casasnovas, J. A., Ramos, M. C., & Poesen, J. (2004). Assessment of sidewall erosion in large gullies using multi-temporal DEMs and logistic regression analysis. *Geomorphology*, 58(1), 305-321. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2003.08.005>

- Marzougui, W., & Oueslati, A. (2017). Les plages de la côte d'Ejjehmi-Soliman (golfe de Tunis, Tunisie): Exemple d'accélération de l'érosion marine dans une cellule sédimentaire artificiellement tronçonnée. *Physio-Géo. Géographie physique et environnement, Volume 11*, 21-41. <https://doi.org/10.4000/physio-geo.5152>
- McKee, E. D. (1979). *A study of global sand seas* (Professional Paper N° 1052). U.S. Govt. Print. Off., <https://pubs.er.usgs.gov/publication/pp1052>
- Médail, F., & Quézel, P. (1999). Biodiversity Hotspots in the Mediterranean Basin : Setting Global Conservation Priorities. *Conservation Biology*, 13(6), 1510-1513. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1999.98467.x>
- MEEDDM. (2010). *La gestion du trait de côte*. Quae, (Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer).
- Messahel, A., & Ghodbani, T. (2012). Les terres agricoles et les espaces naturels face à la ville : Le cas d'Oran, Algérie. *Cahiers thématiques*, 11, 153-166.
- Meur, C., Hallégouët, B., & Bodéré, J.-C. (1992). *Coastal dune management policies in France : The example of Brittany*. <http://www.vliz.be/en/imis?module=ref&refid=12702>
- Meur-Ferec, C. (2006). *De la dynamique naturelle à la gestion intégrée de l'espace littoral : un itinéraire de géographe [HDR]*. LETG - Nantes - Littoral, Environnement, Télédétection, Géomatique.
- Meur-Ferec, C. (2007). La GIZC à l'épreuve du terrain : Premier enseignements d'une expérience française. *Développement durable et territoires. Économie, géographie, politique, droit, sociologie*. <https://doi.org/10.4000/developpementdurable.4471>
- Meur-Férec, C., Deboudt, P., Dauvin, J.-C., & Lozachmeur, O. (2018). Chapitre 4. Inégalités écologiques et gestion intégrée des zones côtières. In *Inégalités écologiques, territoires littoraux & développement durable* (p. 349-370). Presses universitaires du Septentrion. <http://books.openedition.org/septentrion/15079>
- Michelot, A. (2011). Synthèse et conclusions sur la gestion durable des zones côtières et marines. Au-delà des discours, des enjeux opérationnels pour le développement durable ? *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement, Hors-série 9*. <https://doi.org/10.4000/vertigo.10978>
- Milani, G. (2014). *Pic2Map : Intégration de photographies dans QGIS* [Master en ingénierie de l'environnement, École Polytechnique Fédérale de Lausanne]. <https://documents.epfl.ch/groups/l/la/lasig-unit/www/pic2map/documentation/>

- Millennium Ecosystem Assessment, A. M. E. (2005). *Ecosystems and Human Well-being : Our Human Planet - Summary for Decision-makers*. <https://stg-wedocs-new.unep.org/handle/20.500.11822/28979>
- Miossec, A. (1990). Restauration et protection des massifs dunaires : Une approche méthodologique (Protection and rehabilitation of dunes along french coasts: a methodological approach). *Bulletin de l'Association de géographes français*, 67(4), 307-319. <https://doi.org/10.3406/bagf.1990.1543>
- Miossec, A. (2004). *Les littoraux, entre nature et aménagement* (3eme éd.). Armand Colin.
- Miossec, A. (2016). De la gestion intégrée des zones côtières à la stratégie nationale pour la mer et le littoral, les lents glissements de l'approche française. *Les Cahiers Nantais*, 2, 63-74.
- Missoumi, M.-A., Hadeid, M., & Desponds, D. (2019). Jeux d'acteurs et fragilisation de l'agriculture périurbaine dans l'agglomération d'Oran (Algérie). *Études caribéennes*, 43-44, Article 43-44. <https://doi.org/10.4000/etudescaribeennes.16745>
- Mitasova, H., Overton, M., & Harmon, R. S. (2005). Geospatial analysis of a coastal sand dune field evolution : Jockey's Ridge, North Carolina. *Geomorphology*, 72(1), 204-221. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2005.06.001>
- Muraz, J., Durrieu, S., Labbe, S., Andreassian, V., & Tangara, M. (1999). Comment valoriser les photos aériennes dans les SIG ? *Ingénieries - E A T*, 20, 39-58.
- Nakhli, S. (2010). Pressions environnementales et nouvelles stratégies de gestion sur le littoral marocain. *Méditerranée. Revue géographique des pays méditerranéens / Journal of Mediterranean geography*, 115, 31-42. <https://doi.org/10.4000/mediterranee.4996>
- Nellemann, C., Corcoran, E., Duarte, C. M., Valdés, L., De Young, C., Fonseca, L., & Grimsditch, G. (2009). *Blue carbon : The role of healthy oceans in binding carbon*. UNEP. <https://wedocs.unep.org/xmlui/handle/20.500.11822/7772>
- Neugarten, R. A., Langhammer, P. F., Osipova, E., Bagstad, K. J., Bhagabati, N., Butchart, S. H. M., Dudley, N., Elliott, V., Gerber, L. R., Gutierrez Arrellano, C., Ivanić, K.-Z., Kettunen, M., Mandle, L., Merriman, J. C., Mulligan, M., Peh, K. S.-H., Raudsepp-Hearne, C., Semmens, D. J., Stolton, S., & Willcock, S. (2018). *Tools for measuring, modelling, and valuing ecosystem services*. IUCN. <https://portals.iucn.org/library/node/47778>

- Nordstrom, K. F. (2008). *Beach and Dune Restoration*. Cambridge University Press.  
<http://gen.lib.rus.ec/book/index.php?md5=B7C60DF7A37474FA28F69F32166851AE>
- Nordstrom, K. F., Gamper, U., Fontolan, G., Bezzi, A., & Jackson, N. L. (2009). Characteristics of Coastal Dune Topography and Vegetation in Environments Recently Modified Using Beach Fill and Vegetation Plantings, Veneto, Italy. *Environmental Management*, 44(6), 1121. <https://doi.org/10.1007/s00267-009-9388-3>
- Olf, H., Huisman, J., & Van Tooren, B. F. (1993). Species Dynamics and Nutrient Accumulation During Early Primary Succession in Coastal Sand Dunes. *Journal of Ecology*, 81(4), 693-706. <https://doi.org/10.2307/2261667>
- Oropeza-Orozco, O., Sommer-Cervantes, I., Carlos-Gómez, J., Preciado-López, J. C., Ortiz-Pérez, M. A., & Lopez-Portillo, J. (2011a). Assessment of Vulnerability and Integrated Management of Coastal Dunes in Veracruz, Mexico. *Coastal Management*, 39(5), 492-514. <https://doi.org/10.1080/08920753.2011.598817>
- Oropeza-Orozco, O., Sommer-Cervantes, I., Carlos-Gómez, J., Preciado-López, J. C., Ortiz-Pérez, M. A., & Lopez-Portillo, J. (2011b). Assessment of Vulnerability and Integrated Management of Coastal Dunes in Veracruz, Mexico. *Coastal Management*, 39(5), 492-514. <https://doi.org/10.1080/08920753.2011.598817>
- Oueslati, A. (2004). *Littoral et aménagement en Tunisie : Des enseignements de l'expérience du vingtième siècle et de l'approche géoarchéologique à l'enquête prospective*. Publications de la Faculté des Sciences Humaines et Sociales.
- Oueslati, A. (2014). Editorial : Coastal dunes management strategies and practices. *management strategies and practices Perspectives and case studies*, 32, 5-8.
- Paskoff, R. (1993). *Les littoraux, impacts des aménagements sur leur évolution*. Masson.
- Paskoff, R. (1998). *La crise des plages : Pénurie de sédiments*. 52(4), 11-15.
- Paskoff, R. (2004). Les littoraux sableux et dunaires : De l'abondance à la pénurie en sédiments (Sandy shorelines and coastal dunes : from plenty to scarcity of sediments). *Bulletin de l'Association de Géographes Français*, 81(3), 373-382. <https://doi.org/10.3406/bagf.2004.2401>
- Paskoff, R. (2005). Caractérisation et gestion d'un type de dune littorale : Les avant-dunes. *Science et changements planétaires / Sécheresse*, 16(4), 247-253.
- Penven, M. J., & Remaoun, K. (1980). *Un exemple de la Néotectonique quaternaire sur le littoral oranais : La région des Andalouses*. 403-418.

- Peterson, C. D., Stock, E., Price, D. M., Hart, R., Reckendorf, F., Erlandson, J. M., & Hostetler, S. W. (2007). Ages, distributions, and origins of upland coastal dune sheets in Oregon, USA. *Geomorphology*, 91(1), 80-102. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2007.02.005>
- Petit-Berghem, Y. (2012). Forêt et conservation des dunes littorales : Le cas exemplaire de la Réserve biologique domaniale de la Côte d'Opale (Pas-de-Calais). *EchoGéo*, 19. <https://doi.org/10.4000/echogeo.12766>
- Pike, R. J., Evans, I. S., & Hengl, T. (2009). Chapter 1 Geomorphometry : A Brief Guide. In T. Hengl & H. I. Reuter (Éds.), *Developments in Soil Science* (Vol. 33, p. 3-30). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0166-2481\(08\)00001-9](https://doi.org/10.1016/S0166-2481(08)00001-9)
- Pinot, J.-P. (1998). *La gestion du littoral, Tome 1—Littoraux tempérés : Côtes rocheuses et sableuses*. (Vol. 1). Institut océanographique.
- Plan Bleu. (2020). *Etat de l'environnement marin et côtier de la Méditerranée* (Résumé pour les décideurs : Rapport d'évaluation N° 3; p. 100). PNUE, Plan d'Action Méditerranéen - Convention de Barcelone.
- Prieur, M. (2011). Le Protocole de Madrid à la Convention de Barcelone relatif à la gestion intégrée des zones côtières de la Méditerranée. *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement, Hors-série 9*. <https://doi.org/10.4000/vertigo.10933>
- Pye, K. (1983). Coastal dunes. *Progress in Physical Geography*, 7(4), 531-557. <https://doi.org/10.1177/030913338300700403>
- Pye, K., & Tsoar, H. (2009). Mechanics of Aeolian Sand Transport. In *Aeolian Sand and Sand Dunes* (p. 99-139). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-85910-9\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-540-85910-9_4)
- Queffelec, B., & Kervarec, F. (2010). Les conflits de temporalités dans la gestion du littoral à l'épreuve de la GIZC. *Développement durable et territoires. Économie, géographie, politique, droit, sociologie, Vol. 1, n° 2, Article Vol. 1, n° 2*. <https://doi.org/10.4000/developpementdurable.8487>
- Remaoun, K. (1981). *Le littoral oranais : D'Oran aux andalouses, Recherches géomorphologiques*. [Doctorat en Géomorphologie]. Université des sciences et techniques de Lille.
- Rey-Valette, H., & Roussel, S. (2006). L'évaluation des dimensions territoriale et institutionnelle du développement durable. Le cas des politiques de Gestion Intégrée des

- Zones Côtières. *Développement durable et territoires. Économie, géographie, politique, droit, sociologie, Dossier 8*. <https://doi.org/10.4000/developpementdurable.3311>
- Roussel, S., Rey-Valette, H., Henichart, L.-M., & Alperin, M.-N. P. (2009). Perception des risques côtiers et gestion intégrée des zones côtières (GIZC). *La Houille Blanche*, 2, 67-74. <https://doi.org/10.1051/lhb/2009016>
- Sallaye, M., Mezouar, K., Salem Cherif, Y., & Dahmani, A. E. A. (2018). Morphological evolution of center Boumerdes in Zemmouri Bay (Algeria) from 1922 to 2017. *Arabian Journal of Geosciences*, 11(19), 602. <https://doi.org/10.1007/s12517-018-3950-3>
- Saye, S. E., van der Wal, D., Pye, K., & Blott, S. J. (2005). Beach–dune morphological relationships and erosion/accretion : An investigation at five sites in England and Wales using LIDAR data. *Geomorphology*, 72(1), 128-155. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2005.05.007>
- Sciandrello, S., Tomaselli, G., & Minissale, P. (2015). The role of natural vegetation in the analysis of the spatio-temporal changes of coastal dune system : A case study in Sicily. *Journal of Coastal Conservation*, 19(2), 199-212. <https://doi.org/10.1007/s11852-015-0381-0>
- Semmoud, B., & Ladhém, A. (2015). L’agriculture périurbaine face aux vulnérabilités foncières en Algérie. *Territoire en mouvement Revue de géographie et aménagement. Territory in movement Journal of geography and planning*, 25-26. <https://doi.org/10.4000/tem.2845>
- Shanmugam, S., & Barnsley, M. (2002). Quantifying landscape-ecological succession in a coastal dune system using sequential aerial photography and GIS. *Journal of Coastal Conservation*, 8(1), 61. [https://doi.org/10.1652/1400-0350\(2002\)008\[0061:QLSIAC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1652/1400-0350(2002)008[0061:QLSIAC]2.0.CO;2)
- Sorensen, J. (2002). Baseline 2000 Background Report : The Status of Integrated Coastal Management as an International Practice (Second Iteration). *Urban Harbors Institute Publications*. [https://scholarworks.umb.edu/uhi\\_pubs/31](https://scholarworks.umb.edu/uhi_pubs/31)
- Stevens, A., & Collins, L. (2011). Development and application of GIS datasets for assessing and managing coastal impacts and future change on the central coast of Western Australia. *Journal of Coastal Conservation*, 15(4), 671. <https://doi.org/10.1007/s11852-011-0160-5>

- Temmerman, S., & Kirwan, M. L. (2015). Building land with a rising sea. *Science*, 349(6248), 588-589. <https://doi.org/10.1126/science.aac8312>
- Temmerman, S., Meire, P., Bouma, T. J., Herman, P. M. J., Ysebaert, T., & De Vriend, H. J. (2013). Ecosystem-based coastal defence in the face of global change. *Nature*, 504(7478), 79-83. <https://doi.org/10.1038/nature12859>
- ten Harkel, M. J., van Boxel, J. H., & Verstraten, J. M. (1998). Water and solute fluxes in dry coastal dune grasslands : The effects of grazing and increased nitrogen deposition. *Plant and Soil*, 202(1), 1-13.
- Thieler, E. R., & Danforth, W. W. (1994). Historical Shoreline Mapping (I) : Improving Techniques and Reducing Positioning Errors. *Journal of Coastal Research*, 10(3), 549-563. <https://doi.org/10.2307/4298252>
- 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* (USGS Numbered Series N° 2008-1278; Open-File Report). U.S. Geological Survey. <http://pubs.er.usgs.gov/publication/ofr20081278>
- Thomas, J. P. (1968). Ecologie et dynamisme de la vegetation de la dune littorale dans la region de Djidjelli. *Soc Hist Natur Afr Nord Bull.* <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201301199806>
- Toumi, O., & Remini, B. (2018). Perte de la capacité de stockage d'eau au barrage de Beni Haroun, Algérie Loss of water storage capacity at the Beni Haroun dam, Algeria. *Systèmes Agraires et Environnement*, 2(1), 80-97.
- Turner, R. K., & Schaafsma, M. (Éds.). (2015). *Coastal Zones Ecosystem Services : From Science to Values and Decision Making*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-17214-9>
- UICN. (2020). *Les littoraux méditerranéens de France métropolitaine : Dunes côtières et rivages sableux* (Vol. 1).
- UICN-France. (2014). *Panorama des services écologiques fournis par les écosystèmes français – étude de cas : Les écosystèmes marins et côtiers d'Aquitaine* (Vol. 2).
- UNESCO-COI, & MAB-France (Éds.). (1997). *Guide méthodologique d'aide à la gestion intégrée de la zone côtière*. Commission océanographique intergouvernementale.

- Urbis, A., Povilanskas, R., & Newton, A. (2019). Valuation of aesthetic ecosystem services of protected coastal dunes and forests. *Ocean & Coastal Management*, 179, 104832. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.104832>
- Van der Biest, K., De Nocker, L., Provoost, S., Boerema, A., Staes, J., & Meire, P. (2017). Dune dynamics safeguard ecosystem services. *Ocean & Coastal Management*, 149, 148-158. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2017.10.005>
- van der Meulen, F., Bakker, T. W. M., & Houston, J. A. (2008). The Costs of our Coasts : Examples of Dynamic Dune Management from Western Europe. In D. M. L. Martínez & D. N. P. Psuty (Éds.), *Coastal Dunes* (p. 259-277). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-74002-5\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-540-74002-5_16)
- van der Meulen, F., & Salman, A. H. P. M. (1996). Management of Mediterranean coastal dunes. *Ocean & Coastal Management*, 30(2), 177-195. [https://doi.org/10.1016/0964-5691\(95\)00060-7](https://doi.org/10.1016/0964-5691(95)00060-7)
- Verburg, P. H., Erb, K.-H., Mertz, O., & Espindola, G. (2013). Land System Science : Between global challenges and local realities. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 5(5), 433-437. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2013.08.001>
- Wheaton, J. M., Brasington, J., Darby, S. E., & Sear, D. A. (2010). Accounting for uncertainty in DEMs from repeat topographic surveys : Improved sediment budgets. *Earth Surface Processes and Landforms*, 35(2), 136-156. <https://doi.org/10.1002/esp.1886>
- Williams, A. T., Alveirinho-Dias, J., Garcia Novo, F., García-Mora, M. R., Curr, R., & Pereira, A. (2001). Integrated coastal dune management : Checklists. *Continental Shelf Research*, 21, 1937-1960. [https://doi.org/10.1016/S0278-4343\(01\)00036-X](https://doi.org/10.1016/S0278-4343(01)00036-X)

### **Rapport et donnée statistique**

- ANAAT (2016). Plan d'Aménagement Intégré par Aire de Planification. *Plan d'Aménagement du Territoire de la Wilaya d'Oran*, Agence Nationale à l'Aménagement et à l'Attractivité des Territoires. Phase III, 104 p.
- A.N.B.T. (2005). Fiche technique du barrage de Beni Haroun (B.B.H) / Service d'exploitation du barrage. Agence Nationale des barrages et transferts (A.N.B.T.).
- A.N.B.T. (2010). Fiche technique du barrage de Boussiaba / Service d'exploitation du barrage. Agence Nationale des barrages et transferts (A.N.B.T.).

- A.N.R.H., (2009). Carte des ressources en eaux souterraines du nord de l'Algérie. Feuille NJ-32-SO de Constantine, échelle 1/500 000. Agence Nationale des Ressources Hydriques, Alger.
- A.N.R.H. (2005). Carte du réseau hydro-climatologique et de la surveillance de la qualité des eaux. Nord de l'Algérie, échelle 1/500 000. Agence Nationale des Ressources Hydriques, Alger.
- A.N.R.H., (1999). Base de données numériques sur les conditions climatiques et hydrologiques de la station d'El Ancer à Jijel de 1979 à 1998. Agence Nationale des Ressources Hydriques, Alger.
- Direction des domaines - Jijel, 2018. Données statistiques de l'exploitation de sables des plages et des dunes et des granulats des oueds. Archive : direction des domaines de la wilaya de Jijel.
- D.G.F., (2003). Fiche descriptive sur les zones humides Ramsar : Réserve naturelle du lac de Béni Bélaïd, Wilaya de Jijel, Direction Générale des Forêts, Alger. 7 p.
- D.T.P-W.J., (2018). Données statistiques de l'exploitation du sable sur le domaine public maritime. Archive : Subdivision maritime, Direction des Travaux Publics de la wilaya de Jijel.
- M.A.T.E., (2015). Etude diagnostique sur la Biodiversité et les changements climatiques en Algérie. Projet MATE-PNUD-FEM : « Planification nationale sur la diversité biologique et mise en œuvre en Algérie du plan stratégique de la convention sur la diversité biologique 2011-2020 et des objectifs d'Aichi ».
- O.N.M., (2019). Base de données numériques sur le climat de la station Achouat à Jijel de 1996 à 2018, (document nonpublié), Office National de la Météorologie, Alger.
- O.N.M., (2019). Base de données numériques sur le climat de la station Cap Falcon de Bousfer à Oran de 1996 à 2018, (document nonpublié), Office National de la Météorologie, Alger.
- P.A.T-W.J., (2013). Le plan d'aménagement du territoire de la wilaya de Jijel. Rapport d'étude (document non-publié), Phase 4 : mise en œuvre et suivi, Jijel, 168 p.
- P.A.T-W.O., (2014). Le plan d'aménagement du territoire de la wilaya d'Oran. Rapport d'étude (document non-publié), Phase 1 : Evaluation territoriale et diagnostic, Oran, 199 p.

S.D.A.T-W.J., (2012). Schéma Directeur d'Aménagement Touristique de la Wilaya de Jijel. Direction du Tourisme et de l'Artisanat (DTA-WJ), Rapport de mission (document non-publié), Phase 2 : Etat des lieux – Partie diagnostic, Bureau d'étude technique en urbanisme, aménagement urbain, et environnement, Jijel, 334 p.

S.D.A.T-W.O., (2015). Schéma Directeur d'Aménagement Touristique de la Wilaya d'Oran. Direction du Tourisme et de l'Artisanat (DTA-WO), Rapport de mission (document non-publié), Phase 3 : Perspectives de développement et stratégies d'aménagement touristique. Oran, 111 p.

## ANNEXES

*Annexe 1 : Questionnaire de l'enquête réalisée auprès de la population local et les usagers du cordon dunaire de Bousfer et Ain el Turck.*

### Informations générales

*Nous avons repris pour chaque questionnaire le positionnement des résidences des personnes enquêtés.*

1. Quel est votre âge ?

1. < 18 ans     2. 18-24 ans     3. 25-34 ans  
 4. 35-45 ans     5. > 45 ans

2. Genre (sexe) ?

1. MALE     2. FEMELLE

3. Lieu de naissance ?

1. Oran                       2. Senia  
 3. Sidi Belabes             4. Ain Temouchent  
 5. Mostaganem             6. Relizen  
 7. Mascara                 8. Autre

4. Si 'Autre', précisez :

5. Quel est votre profession ?

1. Commerçant             2. Fonctionnaire  
 3. Artisan                     4. Agriculteur  
 5. Retraité                    6. Emploi balnéaire  
 7. Sans emploi             8. Etudiant  
 9. Autre

6. Si 'Autre', précisez :

7. Quel est votre niveau éducatif ?

1. Primaire                 2. Moyen     3. Secondaire  
 4. Universitaire         5. Aucun     6. Autre

8. Si 'Autre', précisez :

9. Etes-vous membre d'une association ?

1. OUI     2. NON

10. Si oui, quel est son caractère ?

1. Environnemental     2. Culturel     3. Sportif  
 4. Caritatif                 5. Autre

11. Si 'Autre', précisez :

12. Où habitez vous ?

1. Coralès                     2. Bousfer Plage  
 3. Ain el-Turck             4. Cap Falcon  
 5. Bousfer Village         6. Autre  
 7. Village Marocain       8. Bouisseville

13. Si 'Autre', précisez :

14. Depuis quand ?

1. Moins 05 ans     2. 05-10 ans     3. 10-20 ans  
 4. 20-40 ans         5. Plus 40 ans

### Informations sur l'habitat

15. Quel est le type de votre logement ?

1. Villa                       2. Collectif     3. Individuel  
 4. Abri rudimentaire     5. Autre

16. Quel est l'état de votre résidence ?

1. Bon     2. Moyen     3. Mauvais

17. Quel est le mode de résidence ?

1. Principale     2. Secondaire     3. Location

18. Si 'Secondaire', quelle est la période de votre séjour ?

1. été     2. hiver     3. printemps     4. automne

*Vous pouvez cocher plusieurs cases (3 au maximum).*

19. Location de la résidence

1. Oui     2. Non

20. Si 'OUI', Si oui, le loyer sera :

1. Partielle     2. Intégrale     3. Autre

21. D'où vient la majorité des touristes ?

## Activité touristique de la région

22. Quels sont les potentialités touristiques de la région ?

- 1. Plages
- 2. Dunes littorales
- 3. Unités hôtelières
- 4. Auberges et Dortoirs
- 5. Colonies de Vacances
- 6. Restaurants
- 7. Aménagements touristiques
- 8. Autres

*Vous pouvez cocher plusieurs cases (7 au maximum).*

23. Si 'Autres', précisez :

24. Quels sont les obstacles au développement du tourisme dans la région?

- 1. Manque d'équipement touristique
- 2. Dégradation du paysage naturel des plages et des dunes littorales
- 3. Absence de planification touristique
- 4. Faible organisation de la saison estivale
- 5. Non implication de la société civile dans la prise de décision
- 6. Faible capacité d'accueil
- 7. Monopolisation des activités touristiques par les promoteurs économiques
- 8. Autre

*Vous pouvez cocher plusieurs cases (7 au maximum).*

25. Êtes-vous au courant de l'extension de la Zone d'Expansion Touristique de Cap Falcon jusqu'au Bousfer-Plage passant par Coralès et Boumou-Plages?

- 1. OUI
- 2. NON

26. Quel est votre avis de l'extension de la ZET Cap Falcon ?

- 1. POUR
- 2. CONTRE

27. Si 'POUR' ou 'CONTRE', Pourquoi ?

28. Selon vous, l'activité touristique dans la région a un impact économique:

- 1. Positif
- 2. Négatif
- 3. Autre
- 4. Positif & Négatif
- 5. Je ne sais pas

29. Précisez pourquoi ?

30. Selon vous, l'activité touristique dans la région a un impact social:

- 1. Positif
- 2. Négatif
- 3. Autre
- 4. Positif & Négatif
- 5. Je ne sais pas

31. Précisez pourquoi ?

32. Selon vous, l'activité touristique dans la région a un impact environnemental:

- 1. Positif
- 2. Négatif
- 3. Autre
- 4. Je ne sais pas
- 5. Positif & Négatif

33. Précisez pourquoi ?

34. Quelles sont vos suggestions pour développer un tourisme durable ?

## Dunes littorales : Pressions, conservation et perception

35. Comment évaluez-vous la situation environnementale générale de la zone côtière d'Ain al-Turk jusqu'au Busfer-plage, y compris les dunes littorales ?

- 1. Mauvais
- 2. Passable
- 3. Moyen
- 4. Bon
- 5. Excellent

36. A votre avis, quels sont les formes de pression sur l'environnement de cette région?

- 1. Urbanisation linéaire du littoral dunaire
- 2. Pillage du sable dunaire
- 3. Défrichage
- 4. Aire de décharge
- 5. Faible sensibilité environnementale
- 6. Faible engagement de l'APC dans la protection de l'environnement
- 7. Rejet des eaux usées
- 8. Autre

*Vous pouvez cocher plusieurs cases.*

37. Si 'Autre', précisez :

38. Selon vous, quelles sont les mesures à mettre en oeuvre pour la protection durable de cette zone côtière?

- 1. Création d'une aire protégée
- 2. Atténuation des pressions sur les ressources naturelles
- 3. Restauration écologique des zones dégradées
- 4. Maîtrise de la capacité d'accueil de la bande littoral
- 5. Maîtrise la pollution
- 6. Eradiquer les aires de décharge
- 7. Amélioration de la collecte et de la gestion des déchets
- 8. Autre
- 9. Exploitation raisonnable des ressources naturelles

*Vous pouvez cocher plusieurs cases (8 au maximum).*

39. Si 'Autres', précisez :

40. Êtes-vous informés du projet de classification du cordon dunaire côtier en Aire Côtière Protégée ?

- 1. OUI
- 2. NON

41. Quel est votre avis concernant ce projet d'aire protégée ?

- 1. Pour
- 2. Contre

42. La protection de l'environnement côtier joue-t-elle un rôle dans le développement de la région?

1. OUI  2. NON

43. Comment la protection de l'environnement peut aider le développement local ?

1. Assurer la pérennité des ressources naturelles  
 2. Maintenir l'attractivité du paysage naturel  
 3. Participer au bien-être humain  
 4. Respecter la capacité d'accueil du site  
 5. Autre

*Vous pouvez cocher plusieurs cases.*

44. Si 'Autre' précisez :

*La question n'est pertinente que si Environnement & Développement = "Autre"*

45. Quels facteurs déterminant l'avancé du projet de création d'Aire Protégée au niveau du Cordon dunaire côtier ?

1. Implication de la société civile  
 2. participation de tous les secteurs  
 3. L'expertise scientifique  
 4. Financement  
 5. Communication et sensibilisation du public  
 6. Autre

*Vous pouvez cocher plusieurs cases.*

46. Si 'Autre', précisez :

*Annexe 2 : Questionnaire de l'enquête réalisée auprès de la population local et les usagers du cordon dunaire de Beni Belaid et Sidi Abdelaziz.*

Informations générales	
<p><b>1. Catégorie d'âge</b></p> <p><input type="radio"/> 1. &lt; 24   <input type="radio"/> 2. 25-34   <input type="radio"/> 3. 35-49   <input type="radio"/> 4. 50-64   <input type="radio"/> 5. &gt; 65</p>	<p><b>6. Lieu de résidence</b></p> <p><input type="checkbox"/> 1. Beni Belaid Est   <input type="checkbox"/> 2. Beni Belaid ouest  <input type="checkbox"/> 3. Aidem   <input type="checkbox"/> 4. Sidi Abdelaziz  <input type="checkbox"/> 5. Djenah   <input type="checkbox"/> 6. Rocher aux Moules  <input type="checkbox"/> 7. Autre</p> <p><i>Vous pouvez cocher plusieurs cases.</i></p>
<p><b>2. Genre</b></p> <p><input type="radio"/> 1. Homme   <input type="radio"/> 2. Femme</p>	<p><b>7. Si 'Autre', précisez :</b> <input type="text"/></p>
<p><b>3. Niveau d'éducation</b></p> <p><input type="radio"/> 1. Primaire   <input type="radio"/> 2. Moyenne   <input type="radio"/> 3. Secondaire  <input type="radio"/> 4. Universitaire   <input type="radio"/> 5. Autre</p>	<p><b>8. Depuis quelle date êtes-vous installé ici ?</b></p> <p><input type="radio"/> 1. &lt; 10   <input type="radio"/> 2. 10-24   <input type="radio"/> 3. 25-34   <input type="radio"/> 4. 35-49   <input type="radio"/> 5. &gt; 50</p>
<p><b>4. Profession</b></p> <p>1. Fonctionnaire   2. Agriculteur  3. Commerçant   4. Retraité  5. Artisan   6. Ouvrier de plage  7. Location immobilière   8. Etudiant  9. Sans Emploi   10. Autre</p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p> <p><i>Ordonnez 10 réponses.</i></p>	<p><b>9. Êtes-vous membre d'une association ?</b></p> <p><input type="radio"/> 1. Non   <input type="radio"/> 2. Oui</p>
<p><b>5. Si 'Autre', précisez :</b> <input type="text"/></p>	<p><b>10. Si 'Oui', précisez :</b></p> <p><input type="checkbox"/> 1. Culturelle   <input type="checkbox"/> 2. Environnementale   <input type="checkbox"/> 3. Caritative  <input type="checkbox"/> 4. Autre</p> <p><i>Vous pouvez cocher plusieurs cases (2 au maximum).</i></p>
Information sur la résidence (Habitat)	
<p><b>11. Quel est le type de d'habitat ?</b></p> <p><input type="radio"/> 1. Habitat Collectif   <input type="radio"/> 2. Habitat semi-collectif  <input type="radio"/> 3. Logement individuel</p>	<p><b>13. Quel est le type de résidence ?</b></p> <p><input type="checkbox"/> 1. Principale   <input type="checkbox"/> 2. Secondaire   <input type="checkbox"/> 3. Locataire</p> <p><i>Vous pouvez cocher plusieurs cases (2 au maximum).</i></p>
<p><b>12. Equipement du quartier</b></p> <p><input type="checkbox"/> 1. Eau potable   <input type="checkbox"/> 2. électricité   <input type="checkbox"/> 3. gaz  <input type="checkbox"/> 4. assainissement   <input type="checkbox"/> 5. téléphone   <input type="checkbox"/> 6. Autre</p> <p><i>Vous pouvez cocher plusieurs cases.</i></p>	
Information sur l'activité touristique dans la région	
<p><b>14. Quels sont les potentialités touristiques de cette région ?</b></p> <p><input type="checkbox"/> 1. Plage  <input type="checkbox"/> 2. Dune littorale  <input type="checkbox"/> 3. Zone humide  <input type="checkbox"/> 4. Forêts récréatives  <input type="checkbox"/> 5. Hôtellerie  <input type="checkbox"/> 6. Restauration  <input type="checkbox"/> 7. Dortoir  <input type="checkbox"/> 8. Colonie de vacance  <input type="checkbox"/> 9. Location des maisons de vacances  <input type="checkbox"/> 10. Sécurité  <input type="checkbox"/> 11. Autre  <input type="checkbox"/> 12. Je ne sais pas</p> <p><i>Vous pouvez cocher plusieurs cases (8 au maximum).</i></p>	<p><b>16. Quels sont les contraintes au développement touristique dans la région ?</b></p> <p><input type="checkbox"/> 1. Le manque d'installations touristiques  <input type="checkbox"/> 2. le manque de planification touristique  <input type="checkbox"/> 3. La détérioration de l'état naturel du littoral  <input type="checkbox"/> 4. le manque du foncier et de l'immobilier touristique  <input type="checkbox"/> 5. la mauvaise organisation de la saison estivale  <input type="checkbox"/> 6. La monopolisation des activités touristiques  <input type="checkbox"/> 7. Faible capacité d'accueil  <input type="checkbox"/> 8. Le manque de culture touristique  <input type="checkbox"/> 9. Je ne sais pas  <input type="checkbox"/> 10. Faible implication des habitants locaux  <input type="checkbox"/> 11. Autre</p> <p><i>Vous pouvez cocher plusieurs cases (10 au maximum).</i></p>
<p><b>15. Si 'Autre', précisez :</b> <input type="text"/></p>	<p><b>17. Si 'Autre', précisez :</b> <input type="text"/></p>

18. Comment contribuez-vous à l'activité touristique de la région ?

- 1. Exploitation touristique des plages
- 2. Location immobilière
- 3. Aucune
- 4. Autre

*Vous pouvez cocher plusieurs cases.*

19. Quel est le type d'immobilier vous louez ?

- 1. Appartement entier
- 2. Appartement partiel
- 3. Studio
- 4. Autre

20. Quel est l'impact du développement touristique sur l'économie ?

- 1. Positif
- 2. Négatif
- 3. Je ne sais pas

*Vous pouvez cocher plusieurs cases (2 au maximum).*

21. Comment le tourisme se répercute sur l'économie ?

- 1. Animer les activités de transport
- 2. Animer les activités de commerce
- 3. Valoriser les produits du terroir
- 4. Diversifier les sources de revenu
- 5. Augmenter les revenus
- 6. Hausse des prix
- 7. Exclusion des locaux de l'investissement
- 8. Mutation socio-économique brusque
- 9. Autre

*Vous pouvez cocher plusieurs cases (7 au maximum).*

22. Si 'Autre', précisez :

23. Quel est l'impact du tourisme sur la société ?

- 1. Positif
- 2. Négatif
- 3. Je ne sais pas

*Vous pouvez cocher plusieurs cases (2 au maximum).*

24. Comment le tourisme se répercute sur la société ?

- 1. Création de l'emploi
- 2. Amélioration du bien être et du cadre de vie
- 3. Valorisation du patrimoine socio-culturelle local
- 4. Favoriser un échange socio-culturelle
- 5. Inculquer une culture du tourisme
- 6. Atteindre l'intimité public et des familles
- 7. Emergence des inégalités socio-professionnelles
- 8. Incompatibilité socio-culturelle
- 9. Cherté de la vie
- 10. Autre

*Vous pouvez cocher plusieurs cases.*

25. Si 'Autre', précisez :

26. Quel est l'impact du développement touristique sur l'environnement ?

- 1. Positif
- 2. Négatif
- 3. Je ne sais pas

*Vous pouvez cocher plusieurs cases (2 au maximum).*

27. Comment le tourisme se répercute sur l'environnement ?

- 1. Valoriser le capital naturel
- 2. Pollution par les déchets solides
- 3. Multiplication des décharges
- 4. Intensification des rejets des eaux usées
- 5. Faible capacité de charge
- 6. Dégradation de la qualité paysagère
- 7. Investir dans le tourisme environnemental
- 8. Autre

*Vous pouvez cocher plusieurs cases (7 au maximum).*

28. Si 'Autre', précisez :

29. Quels sont vos propositions :

- 1. Mettre en place un plan d'action de développement touristique durable
- 2. Installation des services et des équipements du tourisme
- 3. Optimiser les moyens de sensibilisation et de communication
- 4. Optimiser le rôle des collectivités locales dans le développement des activités touristiques et du développement local
- 5. Implication des habitants dans les projets de développement local
- 6. Mettre en place un modèle de développement touristique adapté aux spécificités locales (Culturelle, sociale et environnementale)
- 7. Optimiser la gestion des déchets
- 8. Lutter contre les constructions illicites
- 9. Préservation du foncier touristique
- 10. Respecter les règles d'aménagement et de protection du littoral
- 11. Favoriser la protection de l'environnement
- 12. Instauration du principe "pollueur-payeur"
- 13. Améliorer la qualité des services
- 14. Lutter contre les pratiques de spéculation sur le tourisme
- 15. Aménager des espaces de récréation et de loisir
- 16. Prioriser le développement local puis promouvoir un développement touristique adéquat à l'identité locale
- 17. Optimiser l'investissement touristique
- 18. Diversifier l'offre touristique
- 19. Je ne sais pas
- 20. Autre

*Vous pouvez cocher plusieurs cases (18 au maximum).*

30. Si 'Autre', précisez :

31. Existe-il une ZEST dans votre région ?

- 1. Oui
- 2. Non

32. Quel est votre avis de l'éventuelle mise en place d'un PAT (ZEST) ?

- 1. Pour
- 2. Contre
- 3. Indifférent

## Perception de la protection de l'environnement côtier

33. Quels sont les facteurs qui ont le plus dégradé le cadre environnemental du littoral ?

- 1. Etalement urbain
- 2. Pillage du sable
- 3. Utilisation des produits chimiques dans l'agriculture
- 4. Multiplication des sources de pollution industrielle
- 5. Mauvaise gestion des déchets
- 6. Faible engagement des collectivités locales dans la protection de l'environnement
- 7. Faible sensibilisation à l'environnement
- 8. Absence des associations environnementales
- 9. Je ne sais pas
- 10. Autre

*Vous pouvez cocher plusieurs cases (9 au maximum).*

34. Si 'Autre', précisez :

35. Comment vous estimez l'état de conservation environnementale du littoral ?

- 1. Mauvais
- 2. Passable
- 3. Moyen
- 4. Bon
- 5. Excellent

36. Quelle mesure proposiez-vous pour améliorer la qualité environnementale de cette partie du littoral (DDL) ?

- 1. Inscription des espaces naturels en Aire Protégée
- 2. Lutter contre la pollution (mettre en place un dispositif de surveillance)
- 3. Rationalisation de l'exploitation des ressources naturelles
- 4. Réduire les pressions sur le littoral
- 5. Améliorer la collecte et la gestion des déchets
- 6. Réhabilitation écologique des zones naturelles dégradées
- 7. Sensibilisation du public
- 8. Opérationnaliser le mouvement associatif
- 9. Je ne sais pas
- 10. Autre

*Vous pouvez cocher plusieurs cases (9 au maximum).*

37. Si 'Autre', précisez :

38. Saviez-vous que les cordons dunaires côtiers sont des écosystèmes à forte valeur patrimoniale (Aire protégée) ?

- 1. Non
- 2. Oui

39. Que pensez-vous de leur protection ?

- 1. Pour
- 2. Contre
- 3. Indifférent
- 4. Je ne sais pas

40. Pourquoi cette position ?

41. Citez quelques valeurs que les dunes littorales pourraient nous rendre (services écosystémiques) ?

- 1. Protection contre les tempêtes marines
- 2. Protection contre les inondations
- 3. Régulation des ressources en eau souterraines
- 4. Accueil des oiseaux migrateurs et nicheurs
- 5. Fournir des plantes médicinales et aromatiques
- 6. Support à l'agriculture
- 7. Support de recherche scientifique
- 8. Attractivité touristique
- 9. Améliorer le bien-être et le cadre vie des habitats
- 10. Protection contre l'érosion marine
- 11. Je ne sais pas
- 12. Autre

*Vous pouvez cocher plusieurs cases (11 au maximum).*

## Annexe 3 : Guide de l'enquête réalisée auprès des acteurs institutionnels des cordons dunaires étudiés

### Questionnaire aux acteurs gestionnaires et parties prenantes des dunes côtières

**\*Obligatoire**

Passer à la question 1 Passer à la question 7

#### Informations générales

1. Nom & Prénom (facultatif)

\_\_\_\_\_

2. Genre \*

Une seule réponse possible.

- Mâle  
 Femme

3. Catégorie d'âge \*

Une seule réponse possible.

- 25 ans  
 25 - 35 ans  
 35 - 45 ans  
 + 45 ans

4. Vous habitez à \*

Une seule réponse possible.

- Jijel  
 Autre : \_\_\_\_\_

10. Quel service écosystémique peut rendre ces écosystèmes ?

Plusieurs réponses possibles.

	Services de régulation	Services d'approvisionnement	Services esthétiques et culturels	Services de protection	Accueil du public
Lac	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Marée	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Embouchure	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Plaine littorale	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cordon dunaire	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Plage sableuse	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

#### Dégradation environnementale & proposition de solutions

11. Comment évaluez-vous l'état environnementale globale de la zone côtière de la base vallée de l'oued El-Kébir ? \*

Une seule réponse possible.

- Très bon état de conservation  
 Bon état de conservation  
 Moyen état de conservation  
 Mauvais état de conservation  
 Très mauvais état de conservation  
 Préservé dans une partie et dégradé dans une autre  
 Autre : \_\_\_\_\_

5. Institution \*

\_\_\_\_\_

6. Poste occupé \*

\_\_\_\_\_

7. Année d'occupation du poste \*

\_\_\_\_\_

#### Perception environnementale du littoral

8. Sélectionnez les écosystèmes rencontrés sur la zone côtière de la base vallée de l'oued El-Kébir ? \*

Plusieurs réponses possibles.

- Lacustre  
 Marécageux  
 Embouchure  
 Plaine littorale  
 Cordon dunaire  
 Plage sableuse  
 Plage rocheuse  
Autre :  \_\_\_\_\_

9. Que représentent ces écosystèmes littoraux pour vous ? \*

Plusieurs réponses possibles.

- Des espaces à protéger  
 Milieu et ressources à valoriser durablement  
 Des ressources à exploiter  
 Espaces sans utilité  
Autre :  \_\_\_\_\_

12. Quel sont les formes de pression existantes au niveau de cette zone côtière ? \*

Plusieurs réponses possibles.

	Surexploitation de la nappe phréatique	Pompage de l'eau du Lac	Pillage du sable	Artificialisation du littoral (fixation de sa dynamique)	Pâturage	Défrichement
Zone humide de Beni Belaid	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cordon dunaire	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Plage sableuse	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Plaines littorales	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Embouchure de l'oued El-Kébir	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

13. S'il y a d'autres formes de pressions citez les :

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

14. Dans une telle situation, estimez-vous qu'il faudra des mesures de protection ? \*

Une seule réponse possible.

- Oui  
 Non

15. Si oui ?

Une seule réponse possible.

- Urgence de protection  
 Pas d'urgence

16. Quel mesure(s) de protection ou intervention(s) proposez-vous pour une protection durable de cette zone côtière ? \*

Plusieurs réponses possibles.

- Mise en réserve et bornage des zones sensibles  
 Maîtrise des sources de pollution  
 Atténuation des formes de pressions sur le littoral  
 Exploitation raisonnable des ressources  
 Travaux de restauration écologique des zones les plus dégradées  
 Sensibilisation

Autre :  \_\_\_\_\_

17. Selon vous quelles activités doivent être tolérées dans cette portion du littoral ? \*

Plusieurs réponses possibles.

- Agriculture  
 Tourisme balnéaire  
 Randonnée et activités récréatives  
 Activité cynégétique  
 Education environnementale

Autre :  \_\_\_\_\_

#### Développement et protection durable du littoral

22. Etes-vous au courant de l'existence des dispositifs réglementaires de l'aménagement, de la protection et de la valorisation du littoral ? \*

Une seule réponse possible.

- Oui  
 Non  
Autre :  \_\_\_\_\_

23. Si oui, lesquels ?

Plusieurs réponses possibles.

- Utilisation et d'exploitation touristiques des plages  
 Urbanisation et occupation de la bande littoral et des parties naturelles  
 Mise en réserve, classement en zone critique ou en aires protégées des zones sensibles  
 Exploitation minière du sable des plages et du granulat des oueds

Autre :  \_\_\_\_\_

24. Estimez-vous qu'ils sont mis en œuvre et respectés ? \*

Une seule réponse possible.

- Oui  
 Non  
Autre :  \_\_\_\_\_

25. Si non, pourquoi ?

Plusieurs réponses possibles.

- Manque de sensibilisation  
 Méconnaissance de ces dispositifs réglementaires  
 Manque de moyens

Autre :  \_\_\_\_\_

18. Avez-vous mis en place un système d'information géographique concernant votre secteur d'activité ? \*

Une seule réponse possible.

- Oui  
 Non

19. Si oui, précisez la date :

\_\_\_\_\_

20. Si oui, à quel point il était utile pour votre secteur ?

Plusieurs réponses possibles.

- Comprendre les enjeux de la préservation et l'intérêt des espaces naturels  
 Retracer les limites du champ d'intervention  
 Suivre l'évolution des habitats côtiers  
 Évaluer l'état de conservation des écosystèmes côtiers  
 Mesurer les pressions et estimer les dégâts causés  
 Orienter la prise de décision concernant la protection et/ou la valorisation du littoral

Autre :  \_\_\_\_\_

21. Estimez-vous que le statut foncier du cordon dunaire, qui longe le littoral de Sidi Abdelaziz jusqu'au Beni Belaid, permet la mise en place d'une protection durable de cette dernière partie du littoral ? \*

Plusieurs réponses possibles.

- oui  
 Non  
 Le permet dans un endroit et non dans un autre

Autre :  \_\_\_\_\_

26. Quelle est votre position vis-à-vis le classement en aire protégée du littoral oriental de la baie de Jijel et de sa zone humide ? \*

Plusieurs réponses possibles.

- Entièrement favorable  
 Favorable avec réserves  
 Indifférent  
 Défavorable

Autre :  \_\_\_\_\_

27. Pour quoi vous avez opté pour ce choix ?

\_\_\_\_\_

28. Êtiez ou êtes-vous membre d'une commission de coordination inter-secteur chargée de la mise en place des programmes d'aménagement et de protection du littoral ? \*

Une seule réponse possible.

- Oui  
 Non  
Autre :  \_\_\_\_\_

29. Si oui, quels sont les actions, programmes... entrepris et auxquels vous avez pris part pour la protection et préservation de ce même littoral ?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

30. Quel était votre rôle/miission dans ces programmes ?

\_\_\_\_\_

31. Quels sont les moyens mobilisés, dans votre secteur, pour permettre la communication avec les autres acteurs ? \*

Plusieurs réponses possibles.

- Site Web
- Courrier électronique
- Rencontre/Atelier de travail

Autre :  \_\_\_\_\_

32. Selon vous, quel est (sont) le(s) facteur(s) qui détermine la réussite ou l'échec d'un projet de protection ou de valorisation de cette zone littorale ? \*

Plusieurs réponses possibles.

- Participation
- Sensibilisation
- Communication
- Financement
- Expertise scientifique
- Partenariat

Autre :  \_\_\_\_\_

#### Conflit d'usage et Jeux d'acteurs

33. Quel sorte d'usages existant des ressources naturelles et de l'espace littoral ? \*

Plusieurs réponses possibles.

- Concurrence Spatiale (fonciers)
- Concurrence sur les ressources
- Divergence d'intérêts

Autre :  \_\_\_\_\_

34. Quels nature de conflits sont en jeux ?

Plusieurs réponses possibles.

	Touristique - Agricole	Agricole - Environnemental	Environnemental - Touristique	Touristique - Urbanistique	Urbanistique - Environnemental
Beni Belaid	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
el-Djenah	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sidi Abdelaziz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

35. Comment peuvent ces conflits être résolus ? \*

Plusieurs réponses possibles.

- Mettre en place des plans et des programmes intégrés
- Implémenter une stratégie de cogestion basée sur la participation de toutes les parties prenantes
- Promouvoir une gestion intégrée du littoral et de ces ressources
- Optimiser la coordination et la concertation
- Renforcement de la capacités des acteurs
- Optimiser les moyens de communication

Autre :  \_\_\_\_\_

De contenu libre et rédigé, ni cautionné par Google.

Google Forms



## Contemporary geomorphic evolution of Falcon Cape sandy coastline (Oran, Algeria): geographical information system (GIS)-based approach

Abdeldjalil Bougherira<sup>1</sup> · Tarik Ghodbani<sup>2</sup> · Abdelaziz Kouti<sup>2</sup>

Received: 15 February 2019 / Accepted: 3 September 2020  
© Saudi Society for Geosciences 2020

### Abstract

This study focuses on the quantification and analysis of geomorphic changes along the sandy coast of Falcon Cape (north-west of Algeria) over a long period. This analysis concerns the processing of aerial photographs and satellite imagery from 1959 to 2018 (i.e., 59 years) and the topographic maps and digital elevation model (DEM) from 1934 to 2014 (i.e., 80 years). The evolution of this coast is particularly complex due to the interaction of several natural factors such as wind, drift currents, tides, and waves, as well as anthropogenic factors such as urbanization, shore protection, and sand extraction that have led to major geomorphological and sedimentary disturbances, manifested by the degradation of coastal dunes, and accelerated beach erosion, exposing human stakes to coastal hazards. In order to assess and map these changes, we followed a methodological approach that relies on a geographical information system (GIS). The evolution of the shoreline position was studied by aerial photographs of different missions (1959, 1980 and 2003) and a *Google Earth Pro* scene (2018), to highlight erosion, progradation, and/or stability from the shoreline. Also, the evolution of the dune-system morphology was based on the comparison of different topographic surveys (1934, 1959, 1985, and 2014), which were interpolated by Kriging. The result shows that the study area is in a state of erosion, with a rate of  $-15.43$  m on the Ain El-Turck bay and  $-12.67$  m at Bousfer-Andalous bay, from 1959 to 2018, also, a massive decrease in the dune volume, with a deficit sedimentary balance of  $-28.56$  million  $m^3$  from 1934 to 2014.

**Keywords** Sandy coastline · Geomorphic evolution · Anthropogenic pressure · Falcon Cape · GIS

### Introduction

The coastal zone is in perpetual morphological evolution, which results from natural factors (swell, wind, current ...) and anthropogenic factors (defense structure, urbanization, tourism ...)

Responsible Editor: Abdullah M. Al-Amri

✉ Abdeldjalil Bougherira  
[abdeldjalilbougherira@gmail.com](mailto:abdeldjalilbougherira@gmail.com); [abdeldjalil.bougherira@univ-mosta.dz](mailto:abdeldjalil.bougherira@univ-mosta.dz)

<sup>1</sup> Laboratoire Espace Géographique et Aménagement du Territoire, Département des Sciences de la Mer et de l'Aquaculture, Faculté des Sciences de la Nature et de la vie, Université de Abdelhamid Ibn Badis, Mostaganem, Algeria

<sup>2</sup> Laboratoire Espace Géographique et Aménagement du Territoire, Département de Géographie et de l'Aménagement du Territoire, Faculté des Sciences de la Terre et de l'Univers, Université d'Oran 2 - Mohamed Ben Ahmed, Oran, Algeria

(Carter 1988; Paskoff 1993; Clus-Auby 2003). These variations result in coastal erosion and accretion.

Coastal erosion is one of the main environmental problems affecting coastlines around the world. The extension of this phenomenon to sandy coasts, which are forms of accumulation, suggested a reversal of trend in the evolution of coasts (Carter 1988; Paskoff 1998; Oueslati 2004; Bourgou and Miossec 2010). In fact, about 70% of sandy coastlines are in retreat, 20% are stable, and only 10% in progradation (Carter 1988; Paskoff 1998).

The Algerian coastline, which extends over 1600 km, does not escape to this erosive trend. The phenomenon of coastal erosion and the disruption of coastal dynamics have recently received particular attention and been raised by decision-makers through several documents and strategic reports such as the National Climate Plan (Meer GIZ 2018) and the National Strategy for Integrated Coastal Zone Management (MEER, PAM (CAR / PAP) 2015). However, studies on this subject are still few and fragmentary (Boutiba et al. 2009; Ayadi et al. 2015;

Kermani et al. 2016; Bouhmadouche and Hemdane 2016; Sallaye et al. 2018). It would never have been important if it had not begun to endanger the various stakes on the seashore and the coastal natural spaces.

The sandy coastline of Falcon Cape, located about 20 km west of the metropolitan city of Oran, is a remarkable site because not only of its geographical location but also to the importance of the touristic potential that is exposed to the advanced sea.

Understanding changing coastal trends is a necessary step for environmental control and management of coastal areas (Clus-Auby 2003; MEEDDM 2010). Several methods and techniques have been developed in coastal engineering and geoscience to understand the coastal dynamics of sandy coasts and their geomorphic evolution. There are two main and complementary methods that are the most used. The first is experimental, known as “coastal engineering” (Leatherman 1978; U.S. Army Corps of Engineers 2002; Dean and Dalrymple 2004; Bouzidi et al. 2004), based on periodic in situ measurements of sedimentary and morphological surveys as well as continuous recordings of marine meteorological phenomena, in order to understand the morpho-sedimentary behavior of the coastline to the meteorological and marine hazards for each littoral sedimentary cell. The second is “applied coastal geosciences,” based on the use of GIS and remote sensing tools (Thieler and Danforth 1994; Bartlett and Smith 2004; Laporte-Fauret et al. 2019) to detect and spatialize environmental changes, including geomorphic changes. Combining the two methods can lead to a more understanding of sandy coastlines and the phenomena that influence their coastal evolution.

Most studies of coastal geomorphic evolution have focused on reduced temporal scales, based on seasonal topographic or bathymetric surveys. The reconstruction of geomorphic changes over a long period has more importance for studies of global changes and anthropogenic impacts on the coastal environment. This has led us to follow the evolution of the sandy coastline of Falcon Cape over a long period of time ranging from 59 to 80 years.

This work aims to analyze the geomorphic spatiotemporal evolution of this part of the Oran’s coastline as well as to identify the factors which disturb its equilibrium. It is based essentially on the diachronic study of the shoreline evolution, from the processing of aerial photographs and satellite imagery from 1959 to 2018 (i.e., 59 years), and differentiation of digital elevation models (DEM) from the processing of topographic maps and digital elevation model (DEM) from 1934 to 2014 (i.e., 80 years). The results may therefore be useful for decision-making in the field of coastal risk management in relation to the phenomenon of erosion and marine submersion.

## Study area

The coastline of Falcon Cape is located in the north-west of Algeria about 20 km west of the metropolitan city of Oran,

and covers 15 km of coast (Fig. 1). This part of the Oran’s coastline is dominated by an important Quaternary sandy dune, extending over an area of 1581 ha which is oriented WSW – ENE and rises up to 120 m above sea level. It is protected in its northern part by a small rocky massif, carved in metamorphic rocks, which constitutes abrupt cliffs with a height between 30 and 70 m. The boundary constitutes a recent fault line, cutting the two littoral massifs in *horst* and *graben*, which testifies to a neo-tectonic activity of the Upper Pliocene (Penven and Remaoun 1980; Remaoun 1981). In the southeast, there is the extension of the plain of Bousfer-Andalouses, which is bordered to the south by the foothills of the Murdjadjo mountain range (575 m). The study area opens on the Mediterranean Sea, in the eastern side by the Ain El-Turck bay and in the western side by the Bousfer-Andalouses bay, with a succession of sandy beaches of a very variable width and interrupted by sandstone dune cliffs.

Also, the monthly rainfall average over 22 years (from 1996 to 2018) shows that the study area is characterized by relatively low annual rainfall, with an annual accumulation of 364.47 mm (Table 1). The Falcon Cape region has a semi-arid Mediterranean climate, characterized by a dry season expanding approximately 7 months from March to October, with an average annual temperature of 18.36 °C (Table 1).

The terrigenous sedimentary inputs that are flowing into the sea are insufficient. The hydrographic network of the Oran coastal zone is mainly endorheic; there is only one Wadi of Sidi Hammadi, at the extreme west of Bousfer-Andalouses bay, and some temporary gullies that flow into the sea. The terrigenous sediment supply is mainly ensured by eolian exchanges between the dune system and its associated beaches (Remaoun 1981; Aime and Penven 1982).

There are three predominant sectors of the wind (Fig. 2): west, south-west, and north-east. The first two have a high frequency throughout the year and intensify in winter. On the other hand, the north-east winds acquire a dominant frequency only in summer. Figure 2 shows that the winds from the west sector are the most effective and violent; the morphology and arrangement of the coastal dunes confirm this. In fact, they reach an annual frequency of 29% and high speeds which exceed 5° on the Beaufort scale (more than 29 km/h), generally considered the speed limit for setting sand in motion (Gouguet 2018).

According to Leclaire (1972), the seasonal regime of swells, at the Algerian west coast, shows two predominant directions: WNW (300°) and NNE (20–40°), whose swells in the WNW sector acquire a predominance during the winter. The orientation of Ain El-Turck Bay (SE-NW) and Bousfer-Andalouses Bay (NE-SW) favors perpendicular incidence of the two predominant swell sectors: NNE and WNW, respectively. The latter, having a most frequent average amplitude of 2 to 3 m and swells of 3 to 5 m, are also abundant. It can exceed 5 m during the great storms.

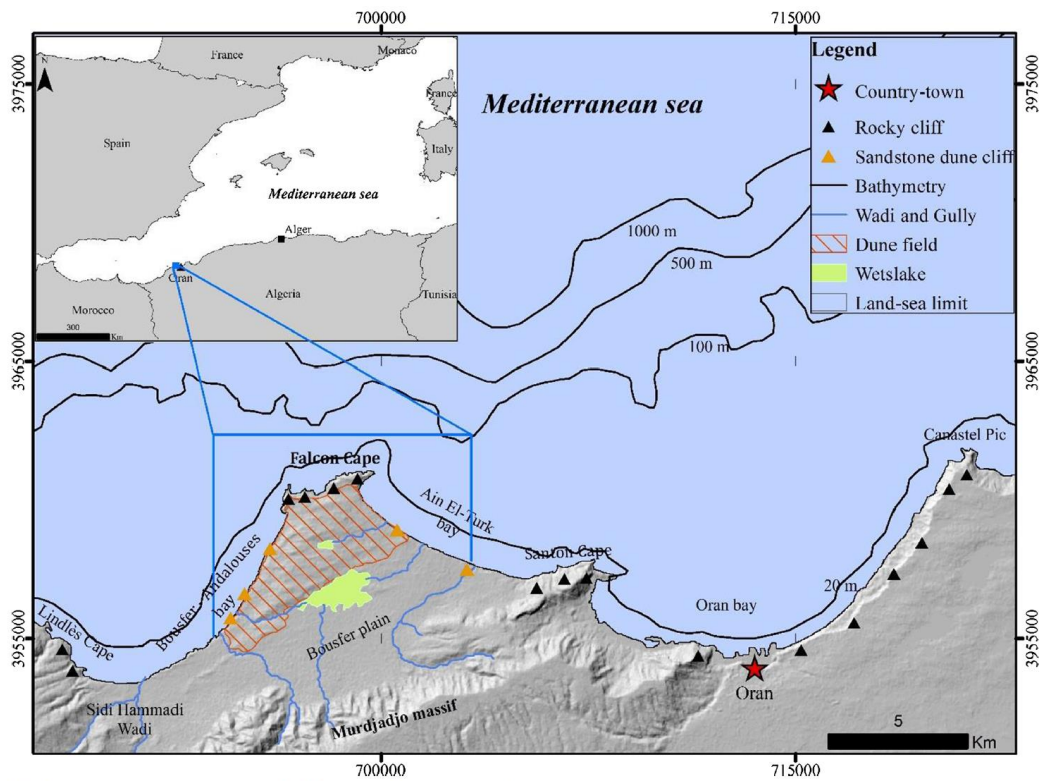


Fig. 1 Geographical location and main landscape units forming the study area

The data in Table 2 show the major storms and marine submersions that occurred on the Oran coasts between 1886 and 2012. There is an irregularity in the period between storms, the incidence directions, and the time of year when these phenomena occurred. They also show a variation in the duration of each storm, which varies between 24 and 72 h. In the absence of a complete set of statistical data of marine hydrodynamics, indicating the occurrence of sea storms, we have used the data in Table 3 to estimate the approximate return period of sea storms. To do this, we divided the number of years, in which the storms were recorded, by the number of storms; this represents the return period (around 9 and 10 years). These marine storms and floods cause, each time they

occur, the erosion of huge quantities of sand on the beaches, the overflow of water masses, and the destruction of some buildings that occupy the beaches and foredunes (Ghodbani and Semmoud 2010).

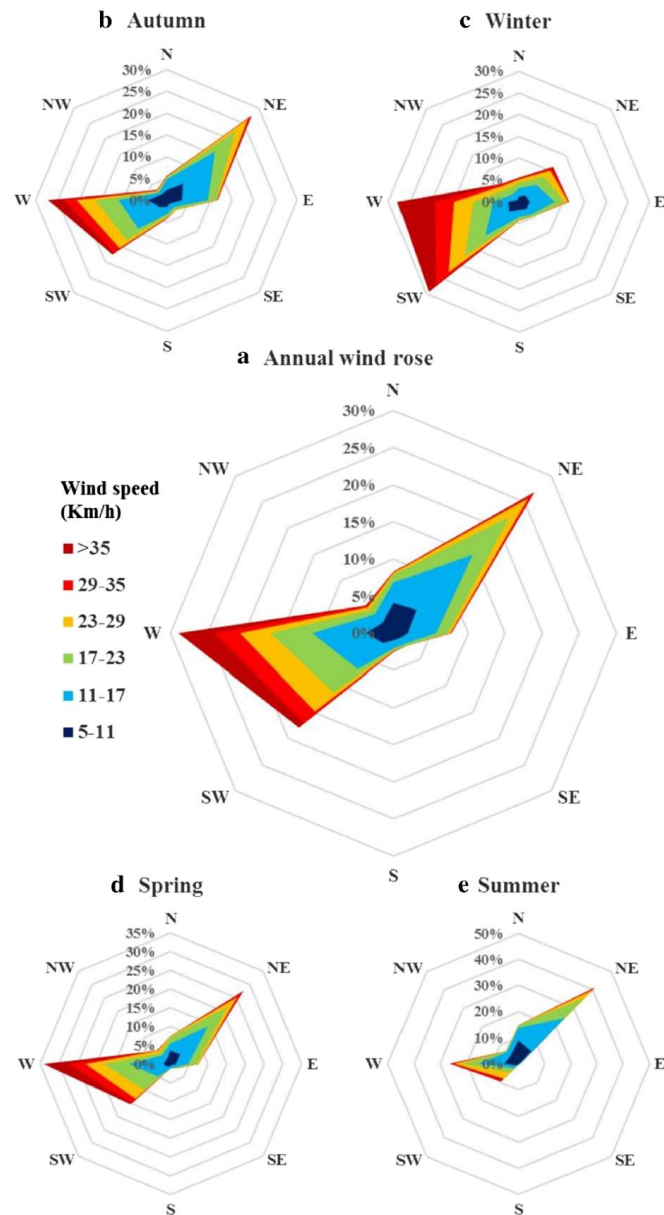
**Material and methods**

The detection of environmental change includes a wide range of geoscience techniques, including planimetric (two-dimensional) and elevation (three-dimensional) modification (Jensen 2014).

Table 1 Monthly average of rainfall and temperature at Bousfer station from 1996 to 2018 (Source: O.N.M. 2019)

Month	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Mean
Temperature (°C)	11.78	12.37	14.37	16.37	19.17	22.85	25.50	26.17	23.62	20.14	15.44	12.90	18.36
Rainfall (mm)	51.53	41.44	32.74	35.6	21.05	2.89	0.85	2.19	20.5	32.42	72	51.26	364.47

**Fig. 2** Wind rose presenting the direction, speed, and frequency of the wind recorded at the Bousfer station (Oran) from 1996 to 2018. **a** Annual wind rose. **b** Autumn wind rose. **c** Winter wind rose. **d** Spring wind rose. **e** Summer wind rose (Source: O.N.M. 2019)



In this study, the diachronic approach was used to characterize the coastal geomorphic evolution. To do this, we combined two techniques: The first consists in monitoring the horizontal movements of the shoreline (Thieler and Danforth 1994; Durand 1998; Juigner et al. 2012; Ford 2013; Moussaid et al. 2015; Ayadi et al.

2015; Kermani et al. 2016; Marzougui and Oueslati 2017; Danladi et al. 2017). This technique has been used to evaluate beach losses and gains. The second technique is based on the volumetric Geomorphic Change Detection (GCD) by differencing of sequential DEM to create a DEM of difference (DoD)

**Table 2** Storm history on the coast of Oran (Source: LEM, 1980 in Ghodbani and Semmoud 2010, and updated by the authors)

Days	Months	Years	Time (h)	Direction (wind, waves)	Period between storms (years)
08–10	February	1886	72	N.N.E	
01	February	1894	24	N.N.W	08
20	November	1900	24	N.N.W	06
06	February	1922	24	N.N.W	22
28	January	1928	24	N.N.E	06
03	February	1934	24	N.N.E	06
26–27	February	1936	48	N.N.W	02
18–19	February	1943	48	N.N.W	07
05–06	January	1965	48	N.N.E	22
11–12	December	1967	48	N.N.E	02
21–22	December	1980	48	N.N.E	13
10–11	November	2001	48	N.N.E	21
12–13	November	2012	48	N.N.W	11

(Martinez-Casasnovas et al. 2004; Wheaton et al. 2010; James et al. 2012; Laporte-Fauret et al. 2019) in order to estimate the sedimentary balance of the dune system. This aims also to identify the geographic locations of geomorphic changes and to measure rates of change over an 80-year period. This technique is commonly used in the field of geoscience, because of its ability to establish quantitative geomorphic measurements at different spatial scales (Pike et al. 2009).

#### Data sources and their treatment

Geomorphic changes in coastal systems can be quantified with geospatial analysis of data from aerial photographs, satellite imagery, and topographic data from maps and digital elevation models (DEM). The basic data used in this study are summarized in Tables 3 and 4.

As for the monitoring of the shoreline, we obtained three series of aerial photographs of the different missions (1959, 1980, and 2003) and a satellite scene of Google Earth Pro (2018). We have corrected geometrically the different Raster images with ground control points (about twenty points for the 1/10000 photographs and thirty points for the 1/25000 photographs) then we georeferenced them. These corrections were made to reduce the geometric distortions in the aerial photographs, mainly due to the relief and the shooting position, to

make an assembly of correcting and georeferenced Raster (Muraz et al. 1999). The treatment of the photographs was carried out on the software QGIS 2.8 (Milani 2014).

In order to be able to extract the shorelines, in a homogeneous way, the limit between the dry beach and the wet beach (foreshore humidification lines) was chosen as a reference line (Juigner et al. 2012), due to the low tidal range on the Algerian coast ( $\pm 40$  cm) (Ayadi et al. 2015; Kermani et al. 2016).

To quantify the sedimentary balance, we generated four digital elevation model (DEM), of the Dune-Beach system, using three topographic maps (1934, 1960, and 1988) and a DEM of Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) (2014) from the US Geological Survey (USGS) database. A sampling of 5745 at 8615 altitude points was made, on an area of 1581 ha, to extract the contour lines of each Raster.

#### Data analyzing and assessing the error margin

##### Digitization of the shorelines and determining the error margin

We used the photo-interpretation technique on ArcMap to digitize shorelines. But there are a number of errors and uncertainties related to the pixel resolution (Ep) (quality of data used), georeferencing of images (ERMs), digitization of

**Table 3** Data used in the monitoring of the Falcon Cape shoreline

Data	Year	Scale/spatial resolution	Source
Aerial photo	1959	1/25000	National Geographic Institute (IGN)
Aerial photo	1980	1/10000	National Institute of Cartography and Remote Sensing (INCT)
Aerial photo	2003	1/10000	INCT
Satellite scene	2018	0.7 m	Google Earth Pro

**Table 4** Data used in the quantification of the sedimentary balance in the Falcon Cape sandy coastline

Data	Year	Survey year	Type of survey	Scale/spatial resolution	Source
Topographic map	1934	1934	Topographic survey	1/50000	Geographic Service of the Army (SGA)
Topographic map	1960	1959	Aerial stereo-topographic survey	1/25000	National Geographic Institute (IGN)
Topographic map	1988	1985	Aerial photogrammetric survey completed on ground	1/25000	National Institute of Cartography and Remote Sensing (INCT)
Digital Elevation Model	2014	2014	Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)	30 m	United Survey Geological System (USGS)

shorelines ( $E_d$ ), and the uncertainty related to the fluctuation of the tide ( $E_v$ ) (Table 5). Their combination, in the formula below (Eq. (1)), allowed us to appreciate the total errors ( $E_t$ ) (Thieler et al. 2009; Kermani et al. 2016).

$$E_t = \sqrt{E_p^2 + E_d^2 + E_v^2 + ERMS^2} \quad (1)$$

Digitized shorelines have been integrated into the Digital Shoreline Analysis System (Thieler et al. 2009) (DSAS, ArcGIS software extension) which allowed us to compute erosion and/or accretion statistics along the Falcon Cape shoreline in three time intervals: 1959–1980, 1980–2003, and 2003–2018. To run this operation, DSAS requires the creation of a database containing the various digitized shorelines, a baseline drawn parallel to the oldest shoreline. Then, we generate perpendicular transects from the baseline according to its “flow” direction, from right to left. After that, we oriented them towards the right side of the baseline, to record the position of the intersection between the transect and each shoreline (Fig. 3).

The analysis of the evolution of the coastline using the DSAS tool allowed us to automatically generate several statistical parameters (Thieler et al. 2009). In this study, we used the following parameters:

Firstly, the net shoreline movement (NSM) indicates the distance (in meter) between the recent and old shoreline positions for each transect (Eq. (2)); secondly, the end point rate (EPR) is calculated by dividing the distance (in meter) between two sequential shorelines by the number of years elapsed between the dates of this two shorelines positions (Eq. (3)); and thirdly, the linear rate regression (LRR) allowed us to evaluate a correlated rate of shoreline change positions along each transect, by plotting a least-squares regression line for all period (from 1959 to 2018). The linear regression rate (LRR) is the slope of the line (Eq. (4)).

$$NSM = D1 - D0 \quad (2)$$

$$EPR = \frac{D1 - D0}{t1 - t0} \quad (3)$$

$$Y = aX + b \quad (4)$$

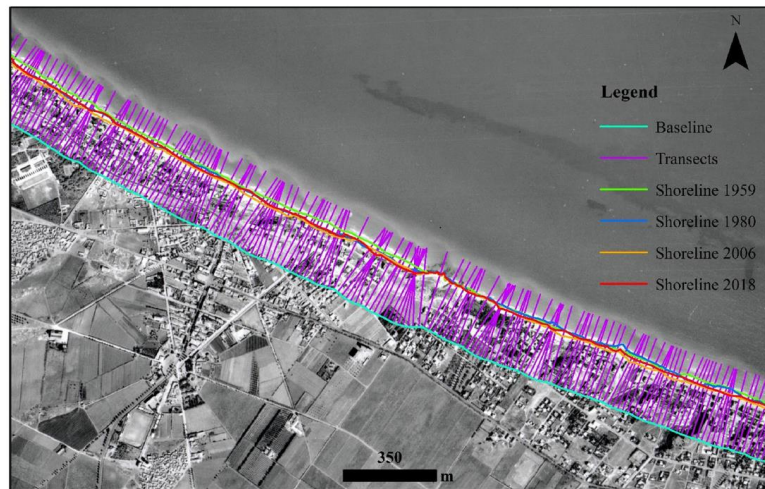
where:

- (D1 and D0) distance separating the shoreline and baseline, and (t0 and t1) the dates of the two shoreline positions.
- $Y$  represents the distance (meters) from the baseline;  $X$  shoreline dates (years).
- $a$  represents the shoreline change rate, and  $b$  is the  $y$ -intercept.

**Table 5** Error estimation for shoreline evolution measurement

Years	1959	1980	2003	2018
Error pixel ( $E_p$ )	0.61	0.25	0.23	0.93
Error in georeferencing images (ERMs)	3.5	3.5	3.5	3
Digitalizing error ( $E_d$ )	3	2.5	2.4	3.5
Error related to the tidal range ( $E_v$ )	0.4	0.4	0.4	0.4
Total error $E_t$ (m)	4.68	4.34	4.27	4.73
Annualized total error (m/year)	0.16			
Periods	1959–1980	1980–2003	2003–2018	1959–2018
Annualized partial error (m/year)	0.30	0.23	0.53	0.11

**Fig. 3** Shorelines, baseline in 300 m backside the oldest shoreline and 20 m between transects drawn for analysis of shoreline movement



### Geomorphic change detection and determining the error margin

The method of developing digital elevation models (DEM) generates static data layers. But, differentiation and comparison, by subtracting at least two sequential DEM, is a form of dynamic geomorphological analysis distributed in space (James et al. 2012).

The Vector data obtained from the extraction of the altitude points were interpolated on the ArcGis 10.3 software to produce DEM with the same grid tessellation ( $1 \times 1$  m) (Martínez-Casasnovas et al. 2003) (Fig. 4). The interpolation method chosen in this study is Kriging. It is considered to be the most appropriate method in geoscience (Defoumy et al. 1999; James et al. 2012; Sallaye et al. 2018). The comparison between DEM interpolations found that vertical errors in DEM interpolated by Kriging were consistently small (Defoumy et al. 1999). Unlike other interpolation methods used in geographical information systems (GIS), Kriging interpolation deduces the values between existing surveys not only by the weighting with respect to the forecast location but also on the spatial organization of the points recorded while basing, at the same time, on geostatistical models including autocorrelation.

The interpolation surface has been delimited, in order to be able to quantify the sedimentary balance, by the shoreline on the sea side and the limit of the dune formation which overhangs the coastline, where the sedimentary exchanges take place essentially.

The assessment of the error margin of the DEM obtained is necessary, because they can be incorporated into the change detection analysis and misinterpreted as a geomorphic change

(Martínez-Casasnovas et al. 2004; Wheaton et al. 2010; James et al. 2012). There are two kinds of errors: horizontal and vertical error (Table 6).

For DEM from topographic maps, the horizontal error ( $E_h$ ) was estimated through the combination, in the formula below (Eq. (5)) (Cheung and Shi 2004; Thieler et al. 2009; James et al. 2012), of the following three parameters: error relating to the spatial resolution of the map ( $E_p$ ), error relating to the georeferencing of the maps (ERMs), and the error in digitalizing of the contours ( $E_d$ ).

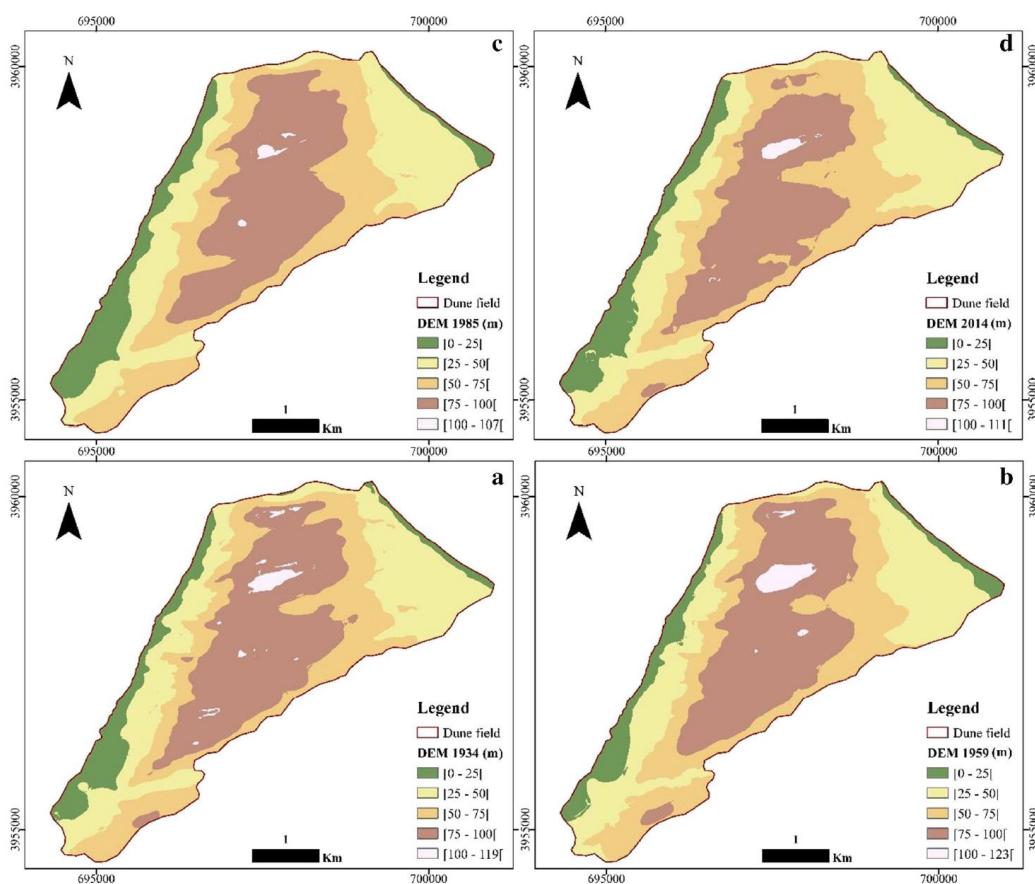
$$E_h = \sqrt{E_p^2 + E_d^2 + ERMs^2} \quad (5)$$

On the other hand, the vertical error corresponds to the equidistance of the interleaf contours of each map, which correspond to 5 m. For the SRTM DEM from the USGS database, we reduce the horizontal error margin to 1 m with Kriging interpolation, and the vertical error margin has been estimated at 5.94 m (Elkhrachy 2018). The interpolation of different surveys allowed us not only to reduce the error margin but also to develop and register to the same grid tessellation in order to create a DEM of difference (DoD).

## Results

### Diachronic analysis of the shoreline kinematics

The parameters obtained, namely NSM, EPR, and LRR, illustrate the evolution of the shoreline: from Paradise



**Fig. 4** DEM obtained from Kriging interpolation of different surveys. **a** DEM 1934. **b** DEM 1959. **c** DEM 1985. **d** DEM 2014

beach to Falcon beach, along the bay of Ain El-Turck in the east, and from the Madrague beach to Bousfer, along the Bousfer-Andalous Bay in the west (Figs. 5, 6, 7, and 8), according to the following time intervals: 1959–1980, 1980–2003, 2003–2018, and 1959–2018 (Table 7).

#### Period from 1959 to 1980

The statistical results obtained (Table 7) during this period, 21 years, show an average range retreat that varies between  $-5.04$  to  $-17.38$  m on the bay of Ain El-Turck. However, there is some stability and slight progradation in some segments of this bay, like the Falcon and Paradis beaches. On the other hand, at Bousfer-Andalous Bay, there is an average beach progression of  $14.89$  m at Etoile beach. At the same time, there was a retreat of  $-3.40$  m of the Madrague beach and relative stability at Bomou Plage (Fig. 5).

#### Period from 1980 to 2003

During this period, of 23 years, the shoreline shows an erosive trend over the whole study area (Fig. 6). The results indicate negative values, in the evolution of the shoreline, which vary from  $-4.55$  to  $-17.87$  m. The erosion phenomenon accelerated during this period, on the two bays of Ain El-Turck and Bousfer-Andalous, with rates of retreat reaching  $-0.77$  and  $-0.69$  m/year, respectively (Table 7). However, there is some relative stability of the shoreline at Bomou and Madrague beaches.

#### Period from 2003 to 2018

This period, of 15 years, is characterized by a reversal of the evolutionary trend (Fig. 7). There is widespread accretion along the Ain El-Turck Bay, with a net shoreline movement value ranging from  $7.36$  to  $13.87$  m; except at Falcon Beach,

**Table 6** Error estimation for DEM and DoD

DEM	1934	1959	1985	2014
Horizontal error (Eh) (± m)	1.23	1.13	1.08	1
Vertical error (Ev) (± m)	5	5	5	5.94
DEM error (± m <sup>3</sup> )	7.56	6.38	5.83	5.94
Period (year)	1934–1959	1959–1985	1985–2014	1934–2014
DoD error (± m <sup>3</sup> )	6.97	6.11	5.89	6.75

there is some stability. On the other hand, along the bay of Bousfer-Andalouses, there is an erosive tendency which continues to follow a sustained rhythm of  $-0.42$  to  $-0.68$  m/year, with values of retreat varying between  $-5.74$  and  $-9.37$  m (Table 7). However, there is a slight progradation located between Bousfer and Etoile beach.

**Period from 1959 to 2018**

The results of the coastline kinematics analysis over the last half-century (1959–2018) have shown that the study area is submitted to a general retreat, with 86.63% of the shoreline are in erosion state, 11.59% are stable, and only 1.78% are in progradation (Fig. 8). This erosive trend follows a rhythm of approximately  $-0.30$  m/year, reaching in some segments of the coast extreme negative values of NSM, including the beaches of Bomou, Madrague, and Falcon, where they can exceed  $-45$  m.

This regressive dynamic of the shoreline position is accompanied by a strong artificialization of the coastline and a fixation of the dune-beach mobility. Currently, this artificialization is estimated around 87% and 46%, over a 300-m coastal strip, along Ain El-Turck and Bousfer-Andalouses coasts, respectively.

**Geomorphic Change Detection**

The analysis of the different DEM generated (Fig. 4) shows an asymmetric topography of the dune system. Its morphology on the eastern side, dominating the Ain El-Turck bay, is different from the western side, dominating the Bousfer-Andalouses bay. In fact, on the western side, the dunes are larger and more developed, with foredunes and semi-fixed dunes that culminate up to 123 m. However, on the eastern side, the topography of the dune system decreases, with undeveloped foredunes and semi-fixed dunes.

The results allow us to identify the accumulation, erosion, and/or stability zones of the dune system. Also, the analysis of the results allows to apprehend the relation between morphological dynamics and the sedimentary balance of the study area.

Figure 9 shows the geomorphic evolution of the overall dune system of the Falcon Cape region between 1934 and 2014. The volumetric modifications characterize the geomorphic changes over 80 years (Table 8), where volumetric gain represent areas of accumulation (net gain) and loss represent areas of erosion (net loss). Stable areas (unchanged areas) are those where the values of the volumetric change are included within the error margins of the DEM of difference (DoD).

**Table 7** Summary of the shoreline evolution results of the study area

Sector	Beaches	Ain El-Turck bay				Bousfer-Andalouses bay			
		Falcon	Bretonne	Ain El-Turck	Paradis	Madrague	Bomou	Etoile	Bousfer
1959–1980	NSM (m)	-5.04	-14.69	-17.38	-2.55	-3.40	1.46	14.89	6.63
	EPR (m/an)	-0.24	-0.70	-0.82	-0.12	-0.16	0.07	0.71	0.31
1980–2003	NSM (m)	-10.27	-17.87	-7.74	-13.25	-4.55	-6.50	-15.92	-15.87
	EPR (m/an)	-0.44	-0.77	-0.33	-0.57	-0.20	-0.28	-0.69	-0.69
2003–2018	NSM (m)	0.06	13.87	8.00	7.36	-5.94	-9.37	-6.55	-5.74
	EPR (m/an)	0.004	0.96	0.55	0.51	-0.43	-0.68	-0.48	-0.42
1959–2018	NSM (m)	-19.63	-12.22	-14.94	-14.93	-13.82	-14.42	-7.59	-14.86
	LRR (m/an)	-0.36	-0.30	-0.28	-0.30	-0.23	-0.24	-0.19	-0.30

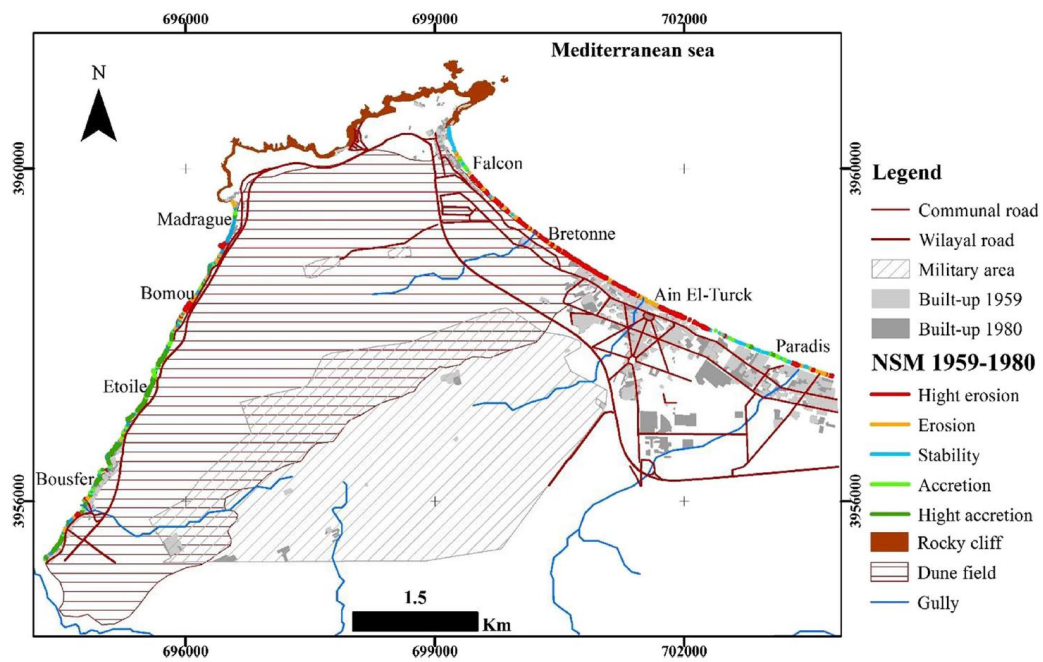


Fig. 5 Shoreline evolution in the overall of study area from 1959 to 1980 (land cover 1959 and 1980)

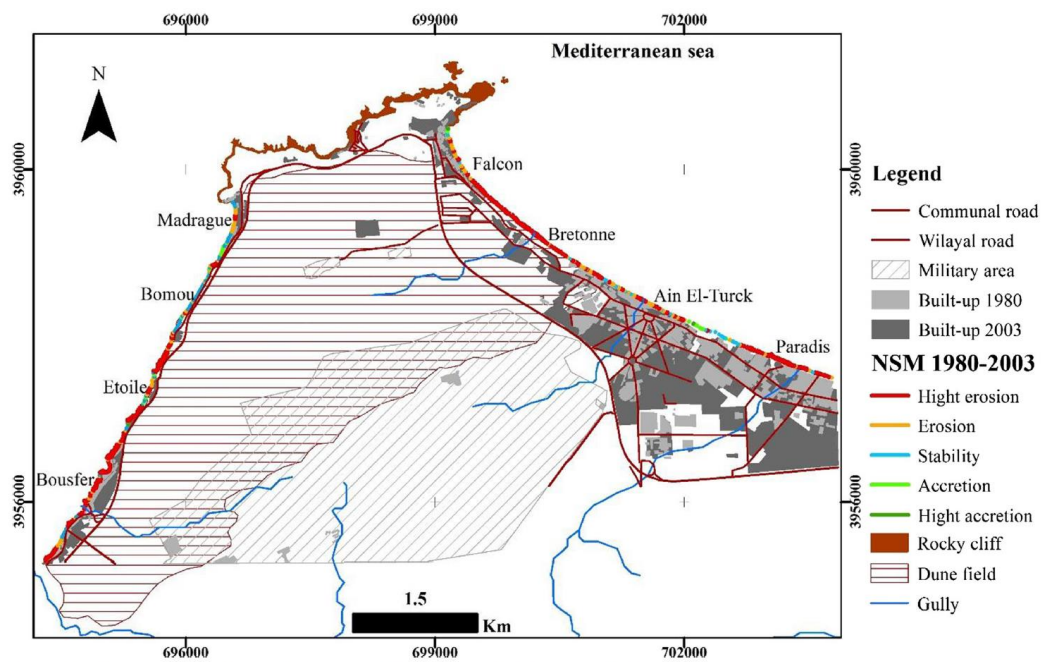


Fig. 6 Shoreline evolution in the overall of study area from 1980 to 2003 (land cover 1980 and 2003)

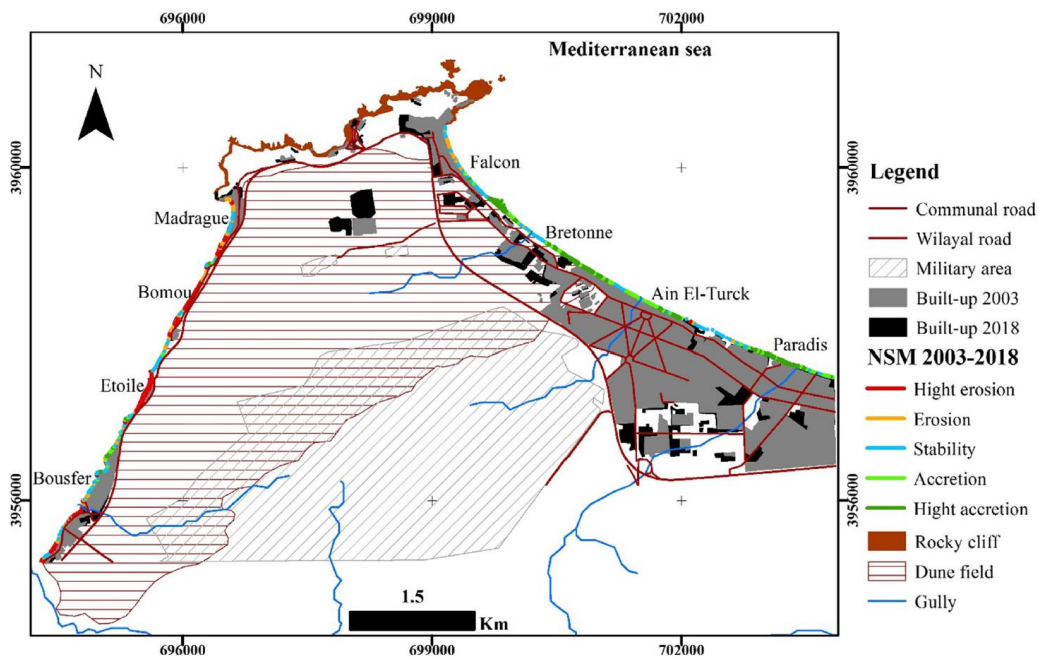


Fig. 7 Shoreline evolution in the overall of study area from 2003 to 2018 (land cover 2003 and 2018)

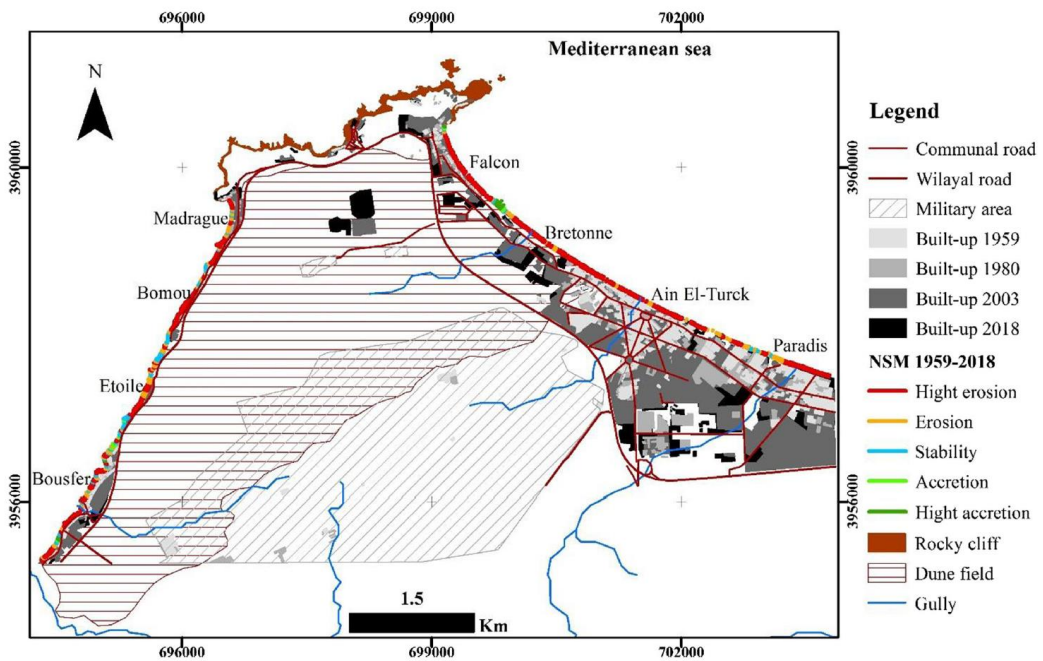


Fig. 8 Shoreline evolution in the overall of study area from 1959 to 2018 (land cover 1959, 1980, 2003, and 2018)

#### Period from 1934 to 1959

During this 25-year period, there is a positive sediment balance, with approximately 8.58 million m<sup>3</sup> of sediment accumulation. Thus, the areas in erosion are less important than accumulating areas (Fig. 9a), and their surface balance is positively estimated at 109.590 ha. On the other hand, we record important stable areas, which extend over 265.880 ha (Table 8).

#### Period from 1959 to 1985

During this 26-year period, the evolutionary trend has reversed. It is characterized by a net volumetric decrease of the dune system. The sediment balance is in deficit, with a net change of - 43.45 million m<sup>3</sup> (Table 8), indicating an increased erosive trend.

The eroding surfaces are larger than those in accumulation. They mainly occupy the western part of the dune system (Fig. 9b). Consequently, a negative surface balance of - 522.953 ha is calculated. In parallel, there is a decrease of stable areas, compared with the previous period, limited at 197.762 ha (Table 8).

#### Period from 1985 to 2014

During this 29-year period, there is a contrast in the distribution of accumulation and erosion zones, which divides the dune system into two segments. A high erosion predominates in the eastern part opposing the western part in accretion (Fig. 9c). Globally, the dune system shows a positive sediment balance, with 6.31 million m<sup>3</sup> of net gain, but spatially, the erosion zones (i.e., 797.224 ha) cover more surfaces than the accumulation zones (i.e., 738.49 ha) (Table 8).

#### Period from 1934 to 2014

During the entire previous periods, which run from 1934 to 2014 (i.e., 80 years), there is a fluctuation between periods of gain (accumulation) and loss (erosion) of sediment on the whole dune system (Fig. 9). However, the evolutionary trend that marks this period is erosive (Fig. 9d), with a deficit sediment balance of - 28.56 million m<sup>3</sup>. The erosion zones are much larger than the accumulation zones, with a surface balance of - 442.288 ha (Table 8).

### Discussion

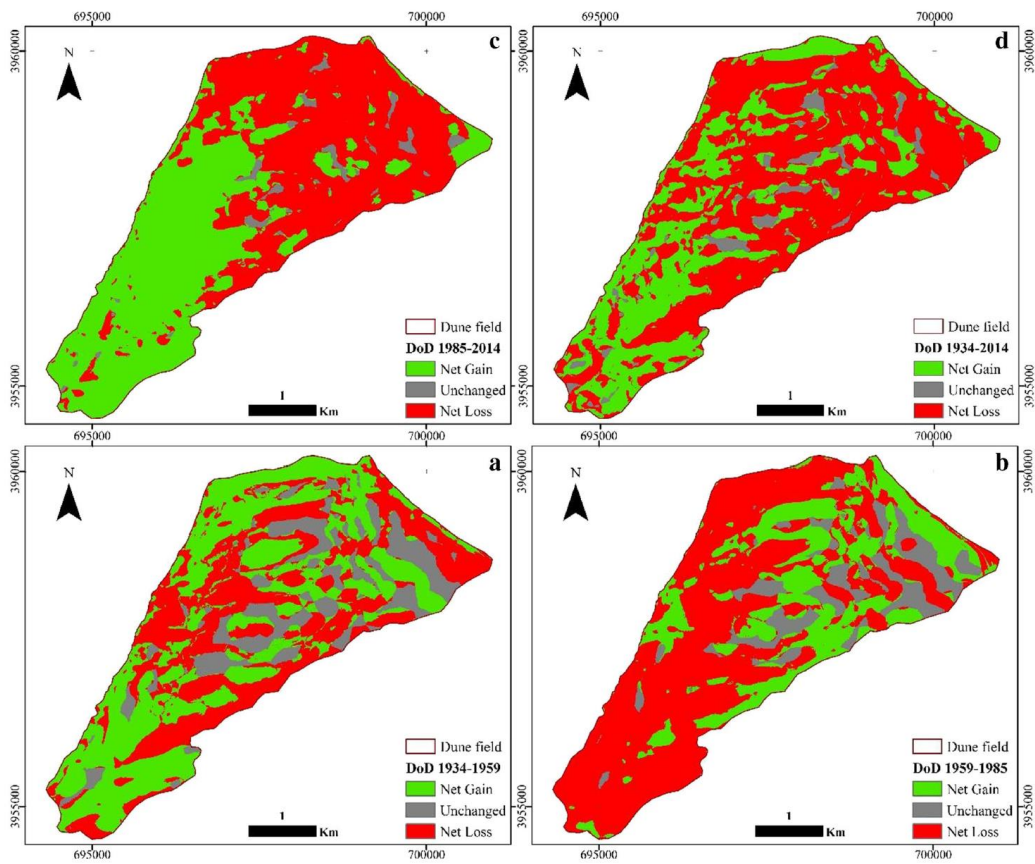
The sandy coastline of Falcon Cape is shaped into two bays dominated by coastal dunes; it should be favorable to accumulation. However, the result analysis of the shoreline kinematics and geomorphic changes of the dune system show that it is characterized by a generalized erosion and a deficit of sediment balance. This regressive trend led to the degradation of the coastal environment, the partial and occasionally total loss of beaches, and the destruction of beach buildings, notably at Falcon, Madrague, Bomou, and Bousfer (Fig. 10f). Also, human intervention on Falcon Cape's sandy coastline takes currently many forms, and it is having a significant impact on its evolution.

#### Anthropogenic impacts on the geomorphic evolution of the coastline

Various human interventions lead to the artificialization of the coastline, which is characterized by the urban sprawl, road network growth, touristic installation and development, sand extraction, and the setting up of shore protection structures (Fig. 10). This caused the disruption of sediment dynamic,

**Table 8** Statistics of geomorphic changes by differentiation of sequential DEM

	1934–2014		1934–1959		1959–1985		1985–2014	
	Volume m <sup>3</sup>	Area ha	Volume m <sup>3</sup>	Area ha	Volume m <sup>3</sup>	Area ha	Volume m <sup>3</sup>	Area ha
Net gain	14.18 × 10 <sup>6</sup>	530.636	35.32 × 10 <sup>6</sup>	712.214	14.26 × 10 <sup>6</sup>	430.001	36.79 × 10 <sup>6</sup>	738.490
Unchanged	-	77.467	-	265.880	-	197.762	-	45.311
Net loss	- 42.74 × 10 <sup>6</sup>	972.923	- 26.73 × 10 <sup>6</sup>	602.624	- 57.71 × 10 <sup>6</sup>	952.954	- 30.48 × 10 <sup>6</sup>	797.224
Balance	- 28.56 × 10 <sup>6</sup>	442.288	8.58 × 10 <sup>6</sup>	109.590	- 43.45 × 10 <sup>6</sup>	522.953	6.31 × 10 <sup>6</sup>	58.734
Dune field ha	1581.025							



**Fig. 9** Geomorphic Change Detection (GCD) by differentiation of DEM (DoD) from the coastal dune system of the study area. **a** DoD 1934–1959. **b** DoD 1959–1985. **c** DoD 1985–2014. **d** DoD 1934–2014

the reduction of sediment storage, and the lowering of the topographic profile of the dune-beach system. These geomorphic disturbances, essentially anthropogenic, induce a disequilibrium coastal dynamic and accentuate the regressive evolution of the shoreline.

#### Disturbance of eolian dynamics of coastal dune

The geomorphic evolution of sandy coastlines is essentially conditioned by the equilibrium distribution of the sediment stock. The Cape Falcon dune formations represent the main sediment source for the associated beaches. However, they show a decline in sediment stock, accentuated by intense wind erosion.

Three periods can be identified; each of them is characterized by eolian dynamics specific to the existing forms of anthropic pressures.

Before 1959, the dune system remained relatively in equilibrium, with a slight accumulation. Under the wind's action, the sand moves with more or less open sediment dynamics between the dunes system's segments. However, a certain stability can be observed in the internal parts of the dune system, corresponding to vineyard cultivated areas (Bouziane-Bensafir 1985), fixed and semi-fixed dunes (of about 260 ha). On the other hand, the mobile sandy areas occupy the parts of the dune system bordering the seashore, along the beaches from Bretonne to Falcon, on the eastern side, and from Bomou to Madrague, on the western side. These segments correspond to accumulation zones, where wind-break fences are used to limit the movement of mobile sand dunes towards the cultivated areas (Aime and Penven 1982).

On the other hand, during the second period (between 1959 and 1985), the trend was reversed for a significant decrease of



**Fig. 10** Human impacts on the sandy coastline of Falcon Cape. **a** Sand extraction (Sandpit). **b** Accosting quay and breakwater. **c** Road network and groins. **d** and **e** Urbanization of the dune-beach system. **f** Coastal erosion, wave damages, and building destructions

the sediment balance. The fixed and semi-fixed dunes have been under intensive and uncontrolled grazing, and the maintenance of the windbreak fences has been abandoned (Aime and Penven 1982). According to Semmoud and Ladhemi (2015), this period was also marked by the abandonment of wine crops and the systematic uprooting of vines that uncovered large areas of the dune system, especially in its western part, from Bousfer to Bomou and Madrague. The combination of these factors with the western winds, most efficient and strongest (Fig. 2), triggered significant eolian erosion, following blowouts and dune deflation. The sand mobilized by the wind supplies the accumulating eastern part, and on the other hand, it wastes away outside the dune system, which reduces the sedimentary stock.

Recently, from 1985 to 2014, several sandpits have been opened in the study area (Fig. 10a); seven are distributed between the dunes of the Bretonne up to Falcon; with reduced areas (i.e., 4 to 5 ha), and one at the dunes bordering the Etoile beach; with a larger area (i.e., more than 12 ha). They follow an accelerated extraction rhythm, ranging from 100,000 to 220,000 m<sup>3</sup>/year. They have certainly disturbed the eolian dynamics, but the dune system's sediment balance is slightly increasing. Sand extraction has accentuated the eolian erosion on the eastern part of the dune system, which registers sediment losses, while the western part registers gains (Fig. 9c). Thus, the resulting sediment transport follows the same wind direction of the northeast sector, which is more dominant during the dry period of the year (Fig. 2).

#### Accelerated coastal erosion

Previously, we have exposed the extreme dune system dynamics under the combined action of wind and anthropogenic pressures. They have also impacted the evolution of the shoreline. Anthropogenic pressures are important and take many forms, varying from a site to another.

From Paradise to Falcon beach, the linear urbanization had kept a distance from the sea of more than hundreds of meters, but its spreading to the detriment of the foredunes had caused the fixation of the beach-dune complex mobility and the erosion of the foreshore.

However, the beach of Bretonne has recently registered a shoreline progradation, due to the installation of an accosting quay and a breakwater. The latter created a sedimentation zone and favored the creation of a *tombolo* (Fig. 10b). Also, the installation of five groins, one at Paradis, two at Ain El-Turck, and two at Etoile, have slowed down coastal erosion and even accretion of the protected segments. These shore protection structures have certainly provided local solutions to the coastal erosion problem, but in reality, they have moved the phenomenon to adjacent beaches; for instance, Falcon beach is eroding while the adjacent beach in Bretonne is accumulating.

On the western side, the extension of the road network (less than 200 m from the sea) (Fig. 10c), bypassing the dune system, caused the road network silting up and coastal erosion, due to the blocking of the eolian transfers between dunes and their associated beaches.

Currently, tourist and residential infrastructures, constructed below the limits of the public maritime domain (100 m coastal strip), are beginning to be directly damaged by the waves (Fig. 10d and e). The beaches of Bousfer, Etoile, and Ain El-Turck, which are carved out within sandstone dune cliffs, collapse easily under the action of storm waves. Thus, the infrastructures are exposed to the risk of cliff slides (Fig. 10f).

## Conclusion

The study of the geomorphic evolution of the sandy coastline of Falcon Cape, which aims to identify areas of high erosion, is based on a GIS approach. The combination of the shoreline evolution and morphological changes of the dune system results allowed us to understand the evolutionary trend of Falcon Cape's sandy coastline.

The main results show that the study area is in a state of erosion. The shoreline shows an average retreat of  $-15.43$  m along Ain El-Turck Bay and  $-12.67$  m along Bousfer-Andalouses Bay, between 1959 and 2018. In parallel, there is a significant decrease in the sedimentary stock of the dune system to  $-28.56$  million  $m^3$ , between 1934 and 2014.

This regressive trend has accelerated since the end of the 1980s, when the anthropogenic pressures increased. In fact, the excessive sand extraction, the agricultural activity evolution, and the linear extension of urbanization are the main causes of dune system degradation and coastal erosion along the sandy coastline of Falcon Cape.

In the current situation, the value of the coastal dunes is so important. They are considered as coastal protected area in the terms of the law 02-02 of "littoral"; a coastal management plan is, therefore, initiated in order to ensure the restoration and protection of the Falcon Cap's coastal dunes. However, land-use planning and development, along the Falcon Cap coastline, have always neglected this particularity. It is necessary to accept the mobile nature inherent to the sandy coastal dunes and to favor the sediment exchanges, between the dunes and their associated beaches, in the coastal management and development.

The results of this study revealed the need for further complementary works to improve our understanding of the natural process involved in coastal dynamics. Several perspectives are opening up, such as the study of coastal hydrodynamics and sediment transport, which could shed more light on the morpho-sedimentary behavior of sandy coastlines. Their combination with climatic projections of sea level rise will provide a better understanding of coastal hazards. The mapping of coastal vulnerability is also an important tool to help decision-making in coastal management.

**Acknowledgments** The authors are extremely grateful to the reviewers, for their very pertinent remarks and questions, which greatly helped us to

improve the quality of this paper. Our acknowledgments also go to Professor Mr Nasr-Eddine TAIBI, responsible for the doctoral training "Valorization and Management of Marine and Coastal Resources" in the Faculty of Sciences of Nature and Life of the University of Abdelhamid Ibn Badis of Mostaganem (Algeria), for his valuable assistance.

## References

- Aime S, Penven MJ (1982) Le complexe dunaire du Cap Falcon (Oran). Etude morphodynamique appliquée et perspectives d'aménagement. *Méditerranée* 45:3–13. <https://doi.org/10.3406/medit.1982.3395>
- Ayadi K, Boutiba M, Sabatier F, Guettouche MS (2015) Detection and analysis of historical variations in the shoreline, using digital aerial photos, satellite images, and topographic surveys DGPS: case of the Bejaia bay (East Algeria). *Arab J Geosci* 9:26. <https://doi.org/10.1007/s12517-015-2043-9>
- Bartlett D, Smith J (eds) (2004) GIS for coastal zone management. CRC Press, United States of America
- Bouhmadouche M, Hemdane Y (2016) Erosion of a sandy coast: continuous follow-up of the coastal groynes of protection in Boumerdes (Algeria). *Environ Earth Sci* 75:866. <https://doi.org/10.1007/s12665-016-5665-7>
- Bourgou M, Miossec J-M (2010) Les littoraux, Enjeux et dynamiques. PUF Presses universitaires de France, Paris-France
- Boutiba M, Zaourar N, Guettouche MS, Briquieu L (2009) Analyse par ondelettes des variations historiques de la ligne de rivage entre l'oued Réghaïa et l'oued Mazafran (Wilaya d'Alger). *Bull Serv Géologique Natl* 20:124–134
- Bouziane-Bensafir Z (1985) Evolution et transformation de l'espace agricole à la périphérie d'Oran: la comiche oranaise et la plaine des Hassis. 3ème cycle, Université des Sciences et Techniques de Lille 1
- Bouzidi REL, Labraimi M, Zourarah B (2004) Morphological evolution and spatio-temporal variability of the longshore drift system in the bay of Tangier (Morocco). *J Afr Earth Sci* 39:527–534. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2004.07.011>
- Carter RWG (1988) Coastal environments: an introduction to the physical, ecological and cultural systems of coastlines. Academic Press
- Cheung CK, Shi W (2004) Estimation of the positional uncertainty in line simplification in GIS. *Cartogr J* 41:37–45. <https://doi.org/10.1179/000870404225019990>
- Clus-Auby C (2003) La gestion de l'érosion des côtes: l'exemple aquitain. Presses universitaires de Bordeaux, Pessac, France
- Danladi IB, Kore BM, Gül M (2017) Vulnerability of the Nigerian coast: an insight into sea level rise owing to climate change and anthropogenic activities. *J Afr Earth Sci* 134:493–503. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2017.07.019>
- Dean GR, Dalrymple AR (2004) Coastal processes with engineering applications. Cambridge University Press, United Kingdom
- Defoumy P, Hecquet G, Philippart T (1999) Digital terrain modelling: accuracy assessment and hydrological simulation sensitivity
- Durand P (1998) Cinématique d'un littoral sableux à partir de photographies aériennes et de cartes topographiques. Exemple du littoral d'Argelès-Plage à Saint-Cyprien (Roussillon, France)/Kinematics of a sandy shoreline deduced from the analysis of aerial photographs and topographic maps. Example of the beach extending from Argelès-Plage to Saint-Cyprien (Roussillon, France). *Géomorphologie Relief Process Environ* 4:155–166. <https://doi.org/10.3406/morfo.1998.952>
- Elkhrachy I (2018) Vertical accuracy assessment for SRTM and ASTER digital elevation models: a case study of Najran city, Saudi Arabia. *Ain Shams Eng J* 9:1807–1817. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2017.01.007>

- Ford M (2013) Shoreline changes interpreted from multi-temporal aerial photographs and high resolution satellite images: Wotje Atoll, Marshall Islands. *Remote Sens Environ* 135:130–140. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2013.03.027>
- Ghodbani T, Semmoud B (2010) Urbanisation côtière en Algérie, Processus et impacts sur l'environnement: Le cas de la baie d'Aïn el Turck. *Études Caribéennes*. <https://doi.org/10.4000/etudescaribeennes.4431>
- Gouguet L (2018) Guide de gestion des dunes et des plages associées, 1ère édition. Quae
- James LA, Hodgson ME, Ghoshal S, Latiolais MM (2012) Geomorphic change detection using historic maps and DEM differencing: the temporal dimension of geospatial analysis. *Geomorphology* 137: 181–198. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2010.10.039>
- Jensen JR (2014) Remote sensing of the environment: an earth resource perspective, 2nd ed, Pearson new international edition. Pearson Education Limited, United States of America
- Juigner M, Robin M, Fattal P et al (2012) Cinématique d'un trait de côte sableux en Vendée entre 1920 et 2010. Méthode et analyse. *Dyn Environnementales - J Int Géosciences Environ*:29–39
- Kermani S, Boutiba M, Guendouz M, Guettouche MS, Khelfani D (2016) Detection and analysis of shoreline changes using geospatial tools and automatic computation: case of jijelian sandy coast (East Algeria). *Ocean Coast Manag* 132:46–58. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2016.08.010>
- Laporte-Fauret Q, Marieu V, Castelle B, Michalet R, Bujan S, Rosebery D (2019) Low-cost UAV for high-resolution and large-scale coastal dune change monitoring using photogrammetry. *J Mar Sci Eng* 7: 63. <https://doi.org/10.3390/jmse7030063>
- Leatherman SP (1978) A new aeolian sand trap design. *Sedimentology* 25:303–306. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3091.1978.tb00315.x>
- Leclaire L (1972) La sédimentation holocène sur le versant méridional du bassin algéro-baléares, précontinent algérien. Muséum national d'histoire naturelle, Paris
- Martínez-Casasnovas JA, Antón-Fernández C, Ramos MC (2003) Sediment production in large gullies of the Mediterranean area (NE Spain) from high-resolution digital elevation models and geographical information systems analysis. *Earth Surf Process Landf* 28:443–456. <https://doi.org/10.1002/esp.451>
- Martínez-Casasnovas JA, Ramos MC, Poesen J (2004) Assessment of sidewall erosion in large gullies using multi-temporal DEMs and logistic regression analysis. *Geomorphology* 58:305–321. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2003.08.005>
- Marzougui W, Oueslati A (2017) Les plages de la côte d'Ejehmi-Soliman (golfe de Tunis, Tunisie): exemple d'accélération de l'érosion marine dans une cellule sédimentaire artificiellement tronçonnée. *Physio-Géo Géographie Phys Environ*:21–41. <https://doi.org/10.4000/physio-geo.5152>
- MEEDDM (2010) La gestion du trait de côte. Quae, (Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer), Versailles Cedex, France
- Meer GIZ (2018) Plan National Climat (Algérie). Ministère de l'Environnement et des Energies Renouvelables, Alger
- MEER, PAM (CAR / PAP) (2015) Stratégie nationale de gestion intégrée des zones côtières en Algérie. Ministère chargé de l'environnement (MEER)
- Milani G (2014) Pic2Map: intégration de photographies dans QGIS. Master en ingénierie de l'environnement, École Polytechnique Fédérale de Lausanne
- Moussaid J, Fora AA, Zourarah B, Maanan M, Maanan M (2015) Using automatic computation to analyze the rate of shoreline change on the Kenitra coast, Morocco. *Ocean Eng* 102:71–77. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2015.04.044>
- Muraz J, Durrieu S, Labbe S et al (1999) Comment valoriser les photos aériennes dans les SIG? *Ingénieries - E T*:39–58
- Oueslati A (2004) Littoral et aménagement en Tunisie: des enseignements de l'expérience du vingtième siècle et de l'approche géoarchéologique à l'enquête prospective. Publications de la Faculté des Sciences Humaines et Sociales, Tunis, Tunisie
- Paskoff R (1993) Les littoraux, impacts des aménagements sur leur évolution. Masson, Paris-France
- Paskoff R (1998) La crise des plages: pénurie de sédiments. 52:11–15
- Penven MJ, Remaoun K (1980) Un exemple de la Néotectonique quaternaire sur le littoral oranais: la région des Andalouses. Centre National de la Recherche Scientifique(CNRS), Université de Paris 1., Paris, pp 403–418
- Pike RJ, Evans IS, Hengl T (2009) Chapter 1 Geomorphometry: a brief guide. In: Hengl T, Reuter HI (eds) *Developments in Soil Science*. Elsevier, pp 3–30
- Remaoun K (1981) Le littoral oranais: d'Oran aux andalouses, Recherches géomorphologiques. Doctorat en Géomorphologie, Université des sciences et techniques de Lille
- Sallaye M, Mezouar K, Salem Cherif Y, Dahmani AEA (2018) Morphological evolution of center Boumerdes in Zemmouri Bay (Algeria) from 1922 to 2017. *Arab J Geosci* 11:602. <https://doi.org/10.1007/s12517-018-3950-3>
- Semmoud B, Ladhém A (2015) L'agriculture périurbaine face aux vulnérabilités foncières en Algérie. *Territ En Mou Rev Géographie Aménagement Territ Mov J Geogr Plan*. <https://doi.org/10.4000/tem.2845>
- Thieler ER, Danforth WW (1994) Historical shoreline mapping (I): improving techniques and reducing positioning errors. *J Coast Res* 10: 549–563. <https://doi.org/10.2307/4298252>
- Thieler ER, Himmelstoss EA, Zichichi JL, Ergul A (2009) The Digital Shoreline Analysis System (DSAS) Version 4.0 - an ArcGIS extension for calculating shoreline change. U.S. Geological Survey, Reston
- U.S. Army Corps of Engineers (2002) *Coastal Engineering Manual*. U.S. Army Corps of Engineers, Washington
- Wheaton JM, Brasington J, Darby SE, Sear DA (2010) Accounting for uncertainty in DEMs from repeat topographic surveys: improved sediment budgets. *Earth Surf Process Landf* 35:136–156. <https://doi.org/10.1002/esp.1886>

*Annexe 5 : Article publié dans le cadre de la thèse, intitulé : Les côtes basses d'accumulation de la région orientale de la baie de Jijel : Enjeux, vulnérabilité et nécessité de protection. Classement de la revue : B. URL : [http://www.geocotrop.be/uploads/publications/pub\\_434\\_06.pdf](http://www.geocotrop.be/uploads/publications/pub_434_06.pdf)*

Geo-Eco-Trop., 2019, 43, 4 : 541-558



**Les côtes basses d'accumulation de la région orientale de la baie de Jijel :  
Enjeux, vulnérabilité et nécessité de protection**

**The low accumulation coasts of the eastern region of Jijel Bay: Issues, vulnerability and need for protection**

Abdeldjalil BOUGHERIRA<sup>a</sup> & Tarik GHODBANI<sup>b</sup>

**Abstract:** The Algerian coastline includes a diversity of ecosystems that are both rich and fragile. Its protection is a challenge for managers to ensure sustainable development. The eastern part of Jijel Bay, the case of our study, represents a relevant example of sustainable preservation issue of coastal ecosystems in Algeria. It is made up of an ecological and productive diversity but which becomes more and more sensitive to human interventions. Along this coast spreads a quaternary sand dune sheltering a specific faunistic and floristic richness. This loose form is cut in the center by the mouth of the El Kebir wadi, one of the most important wadis of northern Algeria. On the left edge of this wadi, develops a marsh complex with an area of 600 ha. All of these natural units have been classified since 2003 in a wetland under the RAMSAR convention. Its capacity to host wintering water-birds and among the weight criteria for the setting aside of this coastal zone. Since the last decade, this environment has been subjected to multiple pressures that impact its natural balance. Indeed, the strong extraction of sand, the artificialization of the natural shoreline, as well as the weakness of the environmental protection devices represent constraints for any preservation action. In this article, we try, through a multi-criteria approach, to analyze the different anthropic pressures in the perspective of a more sustainable management of this fragile environment.

**Key words:** Algerian coast, Vulnerability, Environmental Impacts Assessments, ICZM.

**Résumé :** Le littoral algérien englobe une diversité d'écosystèmes à la fois riches et fragiles. Sa protection représente un défi aux gestionnaires pour assurer un développement durable. La partie orientale de la baie de Jijel, le cas de notre étude, représente un exemple pertinent qui relève de la problématique de la préservation durable des écosystèmes côtiers en Algérie. Elle est constituée d'une diversité écologique et productive mais qui devient de plus en plus sensible aux interventions humaines. Toute au long de cette côte s'étale un cordon dunaire d'âge quaternaire abritant une richesse faunistique et floristique spécifique. Cette forme meuble est coupée au centre par l'embouchure de l'oued El Kebir, un des plus importants oueds de l'Algérie du nord. Sur la rive gauche de cet oued, se développe un complexe de marais d'une surface de 600 ha. L'ensemble de ces unités naturelles est classé depuis 2003 en zone humide dans le cadre de la convention RAMSAR. Sa capacité d'accueillir des oiseaux d'eau en hivernage est parmi les critères de poids pour la mise en réserve de cette zone côtière. Depuis la dernière décennie, ce milieu est soumis à des pressions multiples qui impactent son équilibre naturel. En effet, la forte extraction de sable, l'artificialisation du rivage naturel, ainsi que la faiblesse des dispositifs de protection de l'environnement représentent des contraintes pour toute action de préservation. Dans cet article, nous essayons, à travers une approche multicritère, d'analyser les différentes pressions anthropiques dans la perspective d'une gestion plus durable de ce milieu fragile.

**Mots-clés :** Littoral algérien, Vulnérabilité, Impacts environnementaux, GIZC.

## INTRODUCTION

L'analyse des interactions Homme - Environnement dans le monde en général et en Méditerranée en particulier a démontré la tendance accélérée de la littoralisation du développement et les impacts environnementaux qu'elle génère. L'Algérie, comme les autres pays du Maghreb, n'échappe pas à cette tendance (GHODBANI & BERRAHI-MIDOUN, 2013, NAKHLI, 2010 ; OUESLATI, 2004). La dégradation de l'environnement et par conséquent la durabilité du développement, se posent également et d'abord dans un contexte local. Il en va ainsi non seulement parce que chaque écosystème côtier est doté d'une biodiversité et d'une vulnérabilité spécifiques (GRIMES, 2003), mais aussi du fait des particularités locales du développement socio-économique (CHAKOUR & DAHOU, 2009).

a : Département des sciences de la mer et de l'aquaculture, Université d'Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem, Algérie / Laboratoire Espace Géographique et Aménagement du Territoire (EGEAT). [abdeldjalil.bougherira@univ-mosta.dz](mailto:abdeldjalil.bougherira@univ-mosta.dz)

b : Département de géographie et de l'aménagement du territoire, Université d'Oran 2 de Mohamed Ben Ahmed, Algérie / Laboratoire Espace Géographique et Aménagement du Territoire (EGEAT). [ghodbani.tarik@univ-oran2.dz](mailto:ghodbani.tarik@univ-oran2.dz)

### Situation géographique

Située au nord-est de l'Algérie, la wilaya littorale de Jijel recèle une diversité morphologique et paysagère importante. Dans sa partie nord, en contact avec la mer, s'étale une des plus imposantes unités de l'Atlas tellien de l'Algérie. Il s'agit des Monts Babor qui culminent à environ 2000 m et englobent une série de bassins hydrologiques dont celui de l'oued El Kebir qui occupe une superficie d'environ 1110 km<sup>2</sup>. Dans sa partie aval, à l'est de Jijel, l'oued El Kebir se jette dans la mer en façonnant tout l'espace littoral. La zone d'étude occupe la zone d'embouchure de l'oued El Kebir. Elle appartient, administrativement, aux deux communes : Kheiri Oued Adjoul et Sidi Abdelaziz. Son rivage meuble s'ouvre sur environ 16 km, en formant une côte basse d'accumulation façonnée par de larges plages et des cordons dunaires longitudinaux. De l'est vers l'ouest, s'étale la réserve naturelle de Béni Belaid sur une superficie de 600 ha. Elle est classée zone humide depuis 2003 dans le cadre de la convention de Ramsar<sup>3</sup>. Elle se compose essentiellement d'un complexe de lacs et de marais séparé de la mer par un cordon dunaire ainsi que par l'embouchure de l'oued El-Kebir. Dans la partie ouest, se trouve les cordons dunaires de Sidi Abdelaziz et El Djenah, qui s'appuient sur les piedmonts nord des Babor (Fig. 2). Le tout abrite une richesse faunistique et floristique spécifique et joue un rôle hydrodynamique important ; les formations dunaires constituent ainsi une source d'approvisionnement en sédiments pour les plages lors des périodes de grandes tempêtes hivernales.

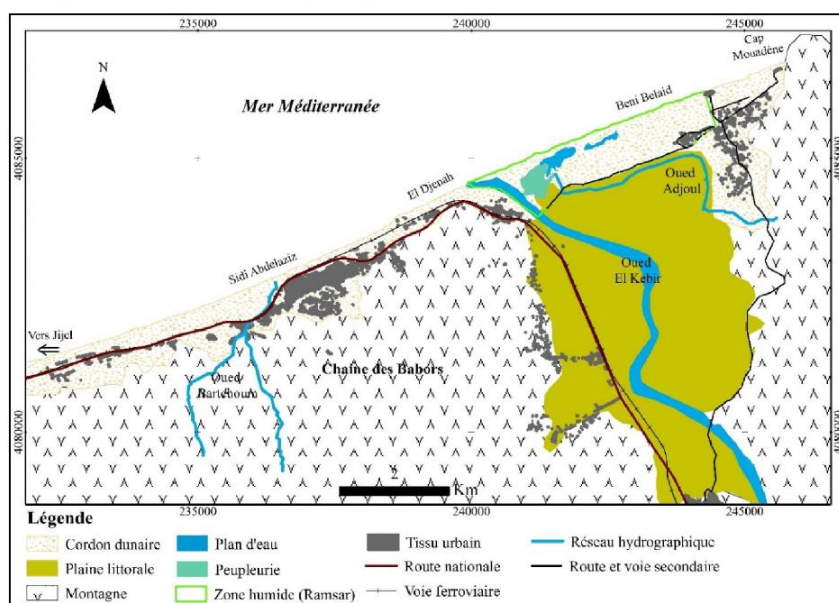


Figure 2. Les unités naturelles constituant la zone d'étude (conception : Auteur).

### Démarche et objectifs de l'étude

Ce travail s'inspire des principes de l'approche écosystémique qui vise à analyser les interactions entre les éléments naturels et les interventions humaines. Cette démarche se base essentiellement sur deux approches complémentaires ; la première consiste à une évaluation de l'état de conservation et des impacts environnementaux, nécessaire à la compréhension des évolutions et des dynamiques du site, et la deuxième est une évaluation globale des contraintes à la mise en œuvre des dispositions des mécanismes de protection et de valorisation durable du

<sup>3</sup> Convention relative aux zones humides d'importance internationale ratifiée par l'Algérie par le décret n°82-439 en 1982. C'est un traité international adopté le 2 février 1971 dans la ville iranienne Ramsar et qui a pour objectif la conservation et l'utilisation durable des zones humides.

littoral (GHODBANI, 2005 ; PICKAVER *et al.*, 2004 ; MEUR-FEREC, 1995). Le bon déroulement de notre approche a nécessité l'usage de plusieurs techniques et des données multi-sources<sup>4</sup> ainsi que l'analyse des travaux scientifiques réalisés sur la même zone. En effet, la comparaison entre photographies aériennes à plusieurs dates, par la photo-interprétation, et le traitement des documents cartographiques, nous ont aidé à suivre l'évolution de l'état de l'environnement côtier et analyser les impacts de l'intervention humaine sur cet espace dynamique. Cette analyse spatio-temporelle a été renforcée par des prospections et observations de terrain effectuées sur les différentes parties de la zone d'étude pour l'identification des formes de dégradation et de leur ampleur, ainsi que des discussions avec des usagers nous ont permis de cerner la problématique réelle.

Sur base d'un sondage, un questionnaire a été effectué, visant à évaluer la perception environnementale des acteurs, ainsi qu'aux enjeux et contraintes qui caractérisent le mode de gouvernance environnementale du littoral. Ce travail de terrain a été mené entre les deux années 2017 et 2018, durant lesquelles nous avons conduit des entretiens avec les acteurs administratifs ainsi que les usagers, notamment les agriculteurs. Puis, la récupération de 86 questionnaires distribués, du 25 août jusqu'au 15 octobre 2018, sur la population des trois agglomérations : Sidi Abdelaziz, El Djenah et Beni Belaid.

### SPECIFICITES NATURELLES ET PAYSAGERES

La côte est algérienne, notamment celle de Jijel, relève un patrimoine naturel important. Elle englobe des sites emblématiques, avec une faune et une flore remarquables et diversifiées. Le Parc National de Taza (PNT)<sup>5</sup> classé depuis 1984, qui se trouve à l'extrême nord-ouest de la wilaya, a été aussi classé Réserve de Biosphère<sup>6</sup> par l'UNESCO en 2004, en raison de l'importance de sa diversité biologique (PNT & MAB, 2014). Aussi, la zone humide de Beni Belaid, constituant une partie de notre terrain de recherche, a été classée réserve naturelle en 1997 puis site Ramsar depuis 2003, en raison de sa capacité à accueillir des oiseaux d'eau en hivernage.

Les travaux de recherche, sur cette dernière, restent peu abondants, fragmentaires et parfois anciens, malgré son importance à la fois nationale et internationale. Néanmoins, ils ont révélé la présence de plusieurs espèces rares et quelques espèces endémiques caractérisant le cordon dunaire côtier (THOMAS, 1968). Aussi, l'importance de son patrimoine écologique est confirmée par la diversité faunistique et floristique très élevée de sa zone humide (BOULDJEDRI *et al.*, 2011), mais une certaine vulnérabilité est constatée et se trouve aggravée par la multiplication des formes de pression.

#### Caractéristiques physiques

Le cordon dunaire se développe parallèlement au tracé du rivage, en raison de son exposition aux vents dominant du secteur ouest-nord-ouest. L'équilibre sédimentaire est assuré, essentiellement, par les apports terrigènes. D'énormes quantités de sédiments drainées par l'oued El Kebir, se jettent au milieu de cette région ; avec un débit solide moyen d'environ 226,86 kg/s (ANRH, 1999), ainsi que l'oued Bartchoum qui apporte lui-aussi des quantités non-négligeable de sédiments.

Le colmatage de l'ancienne embouchure de l'oued El Kebir (Photos 1), après un long processus morpho-sédimentaire de dérive littorale, a laissé place à un bras mort, séparé de la mer par un massif dunaire. Par ailleurs, cette zone marécageuse est, actuellement, alimentée par les eaux de l'oued Adjoul et oued El Kebir, d'une part, et par les résurgences des eaux de la nappe aquifère de la plaine de l'oued El Kebir, d'autre part. Cette dernière est caractérisée par une bonne perméabilité d'interstice et une moyenne de 25,91 Mm<sup>3</sup>/an de ressource en eaux souterraines (ANRH, 2009).

L'étage bioclimatique du littoral jijélien est spécifique dans le nord algérien puisque la majorité des autres zones littorales se trouvent dans le domaine semi-aride. Son étage bioclimatique est de type subhumide supérieur, voire, humide à hiver doux et été chaud. Son cycle est caractérisé par une courte période sèche allant du mois de juin à août avec une température moyenne annuelle d'environ 18°C (ONM, 2009). Les précipitations sont considérables. On enregistre, sur une période de 43 ans (1968 - 2011), un cumul de précipitation moyenne annuelle d'environ 910 mm/an et qui atteint un maximum de 1350 mm/an (ANRH, 2012).

<sup>4</sup> Les données collectées sont souvent mal classées et éparpillées dans divers services administratifs. Celles-ci ont été corrigées, homogénéisées et actualisées puis traitées par des méthodes statistiques et cartographiques.

<sup>5</sup> Le PNT est créé par le décret n° 84-328 du 3 novembre 1984, s'étale sur une superficie de 3807 ha.

<sup>6</sup> Réserve de Biosphère par l'UNESCO lors de son conseil international de coordination du MAB (Programme sur l'Homme et la Biosphère) qui s'est tenu en Octobre 2004.

En Algérie la situation tend à s'accroître de plus en plus et l'anthropisation des milieux côtiers a causé plusieurs déséquilibres environnementaux souvent irréversibles. Pollution, épuisement des ressources et artificialisation des paysages en sont les formes les plus visibles.

Cette situation a mobilisé les autorités algériennes, au niveau central, pour la mise en place d'instruments et des outils de gestion par le biais d'un arsenal juridique, entre autres la loi 02-02 dite du « littoral »<sup>1</sup> et la loi 11-02 relative aux aires protégées dans le cadre du développement durable, visant la protection du littoral et la valorisation durable de ses ressources et plus récemment la stratégie nationale de la GIZC. Cette ambition fait face à de nombreux défis à l'échelle locale et met en exergue des contradictions entre les outils conçus et les actions mises en œuvre (KHELIL *et al.*, 2019 ; GHODBANI *et al.*, 2015).

Cette étude rend ainsi compte de la situation d'une zone côtière qui relève les caractéristiques et problématiques du littoral algérien. Elle vise à mettre en lumière les spécificités naturelles de la zone d'étude et d'évaluer son état de conservation. Puis, identifier et analyser les processus qui ont conduit à sa dégradation. Enfin, mettre en exergue les contraintes et les enjeux qui entourent sa préservation.

### CHOIX DE LA ZONE D'ETUDE ET METHODES DE TRAVAIL

Dans le cadre de la délimitation du littoral<sup>2</sup> pour la mise en œuvre des programmes d'aménagement côtier à l'échelle de la wilaya de Jijel conformément aux exigences de la loi « littoral », la partie orientale de la baie de Jijel (Fig. 1) a été identifiée comme zone pertinente à équilibre écologiquement sensible subissant différentes formes de pressions.

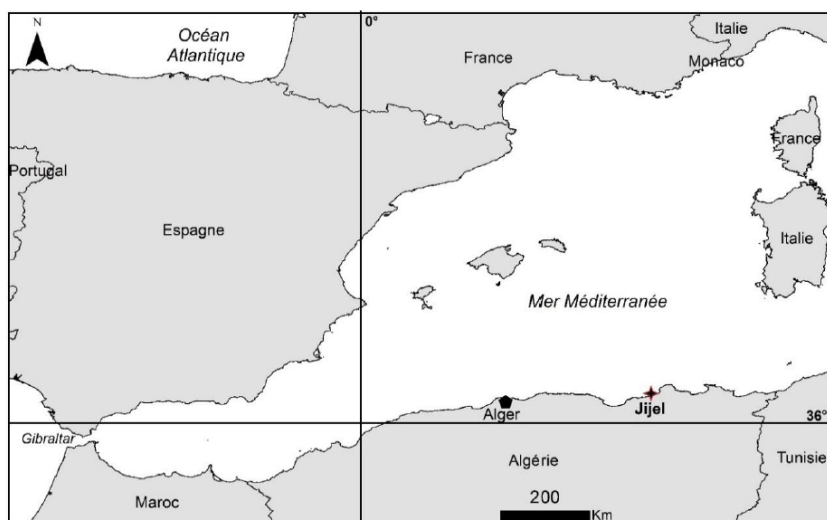


Figure 1. Situation de la zone d'étude par rapport au littoral algérien sur la rive sud de la Méditerranée, l'étoile indiquant Jijel (conception : Auteur).

<sup>1</sup> Loi n° 02-02 du 5 février 2002 relative à la protection et à la valorisation du littoral. Elle a pour objet de fixer les dispositions particulières relatives à la protection et à la valorisation du littoral (JORA, 2002).

<sup>2</sup> L'arrêté du Wali n° 177/2004 portant la délimitation du littoral de la wilaya de Jijel, dans le cadre de la mise en œuvre de la loi « littoral ».

Le climat joue, de ce fait, un rôle prépondérant dans la diversité du paysage et des habitats écologiques ainsi qu'à l'épanouissement d'une flore et faune diversifiée. Sur une échelle plus locale on distingue trois zones naturelles : les marais de Beni Belaid, le cordon dunaire, et la zone estuarienne de l'oued El Kebir (Photos 1).



**Photos 1.** Principaux habitats constituant la zone d'étude : **a** : Cordon dunaire de la zone côtière de Sidi Abdelaziz, **b** : Embouchure de l'oued El Kebir, **c** : Déversement des eaux de l'oued Adjoul dans la zone humide de Beni Belaid, le lac et les marécages, **d** : Cordon dunaire, séparant le lac de la mer. (Cliché : Auteur, 2017/2018)

#### Caractéristiques écologiques : une diversité faunistique et floristique remarquable

Les caractéristiques hydrologiques et la nature sablonneuse du substrat ont favorisé l'épanouissement d'une diversité d'habitats. Le long du cordon dunaire, le groupement à *Ammophila arenaria*, adapté aux conditions d'ensevelissement et d'enfouissement, s'associe à d'autres espèces psammophiles, colonise les dunes vives et caractérise les milieux les moins dégradés comme celui de Sidi Abdelaziz (THOMAS, 1968).



**Photos 2.** Faune et flore remarquables ; **a** : Poule sultane (*Porphyrio porphyrio*), **b** : Glaréole à ailes noires (*Glareola nordmanni*), **c** : Cochevis huppé (*Galerida cristata*), **d** : Canard colvert (*Anas platyrhynchos*), **e** : Euphorbe (*Euphorbia peplis*), **f** : le panais épineux (*Echinophora spinosa*). (Cliché : **a, b, c** et **d** : Conservation des Forêts de Jijel, 2017 ; **e** et **f** : Auteur, 2017)

Actuellement, ces formations sont peu rencontrées du côté d'El Djenah et de Beni Belaid en raison de leur dégradation. Au niveau des dunes blanches les plus stables, on note la présence du groupement à *Retama bovei*, qui

contribue, avec *Ammopilia arenaria* et ses espèces compagnes, à la fixation des dunes. Aussi, la présence des deux espèces : *Euphorbia pepelis* et *Echinophora spinosa*, très rares sur la côte algérienne, renforce le caractère patrimonial (Photos 2).

En allant vers l'intérieur, sur les dunes fixées de Sidi Abdelaziz, on constate le développement d'une végétation arborescente qui correspond au genévrier, à l'abri du groupement à *Retama bovei*. Son contact avec la forêt de chênes-lièges était plus ou moins progressif (THOMAS, 1968), mais aujourd'hui il est interrompu, par la route nationale, une voie ferroviaire et les divers reboisements<sup>7</sup> du Pin maritime et de l'Acacia. Les reboisements réalisés, en 1996 et puis en 2010, avaient comme objectif la maîtrise de l'ensablement des infrastructures de communication aménagés dans cette partie de la côte jijélienne.

Au niveau de la zone humide de Beni Belaid, le plan d'eau est entouré d'une végétation lacustre, composée essentiellement de Tamarix, de *Bolboschoenus glaucus*, *Phragmites australis*... (BOULDJEDRI *et al.*, 2011). D'autre part, sur les berges du lac et de l'oued El Kebir, des espèces hydrophiles sont rencontrées comme : *Ceratophyllum demersum* et *Lemna minor*, et des espèces radicales : *Nymphaea alba*, *Myriophyllum spicatum*, *Persicaria amphibia*, *Potamogeton lucens*... (BOULDJEDRI *et al.*, 2011). Sur la rive droite de l'embouchure de l'oued El Kebir, s'étend une peupleraie (*Populus alba*), avec un sous-bois constitué de *Nerium oleander* et de *Rubus ulmifolius* (DGF, 2003).

Les marécages, plus développés autour du lac, constituent un habitat propice pour une faune rare et particulière comprenant plusieurs espèces rares en Algérie telles que la fuligule nyroca (*Aythya nyroca*), la poule sultane (*Porphyrio porphyrio*) et rare à l'échelle mondiale comme la loutre (*Lutra lutra*). En plus, cette zone constitue un habitat propice pour la nidification de plusieurs espèces d'oiseaux tel que : Cochevis huppé (*Galerida cristata*) et Glaréole à ailes noires (*Glareola nordmanni*) (Photo 2). Ce dernier est classé parmi les espèces quasi-menacées dans la liste rouge de l'UICN. Il a été observé, au niveau du cordon dunaire de Beni Belaid, pour la première fois en 2017. A cette faune spectaculaire on signale la présence de poissons d'eau douce comme *Pseudophoxinus callensis* qui représente une espèce endémique de la région du Maghreb.

#### CONTEXTE SOCIO-ECONOMIQUE

La région accuse une faible croissance démographique selon les derniers recensements généraux de la population et de l'habitat (R.G.P.H. 2008). Elle est de 9678 habitants en 2008, au niveau de la commune de Sidi Abdelaziz, et de 4582 en 2008, au niveau de la commune de Kheiri Oued Adjoul.

Parallèlement, on note une répartition hétérogène de la population sur l'espace. Elle se concentre de plus en plus au niveau des principales agglomérations situées sur une petite bande côtière, notamment à Beni Belaid, El Djenah et Sidi Abdelaziz, opposant son arrière-pays montagnard qui se vide de sa population. Actuellement, les deux agglomérations de Sidi Abdelaziz et de Beni Belaid totalisent environ 68% du poids démographique de la zone d'étude. Cette dynamique démographique n'est pas fortuite. La région de Jijel a été particulièrement marquée pendant les années 1990 jusqu'au début 2000 par des conditions d'insécurité critiques appelée « décennie noire ». Les habitants des petits hameaux montagnards ont fui leur territoire de résidence pour rejoindre des zones plus sécurisées et urbanisées du littoral. Un exode rural qui a constitué le moteur d'une « littoralisation » de la population et des activités économiques, dont l'agriculture.

#### Agriculture

L'agriculture dans la région n'est pas une activité récente. Elle est pratiquée depuis longtemps, et représente la principale source de revenu de la population locale<sup>8</sup> (PAT-WJ, 2013). La région orientale de la baie de Jijel relève un potentiel agroécologique important. Le climat humide et les ressources hydriques ainsi que l'existence d'un sol à haute valeur agronomique et très productif, de la basse terrasse alluvionnaire de l'oued El Kebir, lui a favorisé le développement d'une activité agricole riche et variée.

<sup>7</sup> Deux campagnes de reboisement ont été mise en œuvre : la première s'est déroulée de 1996 jusqu'à 1998 sur une superficie de 152 ha répartie sur l'ensemble du cordon dunaire de Sidi Abdelaziz à El Djenah, la seconde en 2010 sur une superficie de 50 ha au niveau des dunes ouest de Sidi Abdelaziz.

<sup>8</sup> Environ 21,7% et 25,4%, au niveau des communes de Sidi Abdelaziz et de Kheiri Oued Adjoul respectivement, de la population active (occupée) travaillant dans le secteur de l'agriculture, et dépasse largement la moyenne de la wilaya 11,1%.

Les terrains agricoles couvrent une superficie totale (SAT) de 4772 ha dont les surfaces utiles (SAU) occupent 2687 ha (soit 56,3% du SAT) de la région. Les terrains cultivés se concentrent, essentiellement, sur la plaine alluviale littorale de l'oued El-Kebir et sur les dunes de Sidi Abdelaziz, Beni Belaid et El Djenah, en raison des difficultés relatives au relief montagneux en arrière-pays. Elle s'organise principalement selon des terrains privés et des concessions des exploitations agricoles collectives et individuelles (EAC et EAI) du domaine privé de l'Etat. L'activité agricole de cette zone se base sur le maraichage de plein champ et plus récemment de la plasticulture de plus en plus croissante, dont la tomate et la fraise sont les variétés les plus cultivées (Photos 3).



**Photo 3.** Activité agricole en plein essor au niveau de la zone côtière de Beni Belaid et sa zone humide a : Etalement des terrains agricoles sur le cordon dunaire ; b : Culture maraichère (Tomate) de plein champ ; c : Culture maraichère (Fraise) sous serres (Cliché : Auteur, 2018).

Cette partie du littoral jijélien contribue à 14,2% de la production maraichère totale de la wilaya de Jijel. Actuellement, la fraise est devenue le produit phare de la région, dont 39,4% est produite au niveau de la zone côtière comprise entre Sidi Abdelaziz et Beni Belaid. Elle alimente principalement le marché des régions centrale et orientale du nord algérien (DSA, 2018).

#### **Tourisme balnéaire**

Le littoral jijélien recèle une diversité de paysages naturels avec des sites encore préservés, notamment la partie orientale de la baie de Jijel, qui constitue l'une des zones les plus fréquentées pendant l'été. En effet, les services de la protection civile de la wilaya de Jijel, estiment que plus de 1,6 million de touristes par an, depuis l'année 2010, fréquentent les plages de Sidi Abdelaziz et de Beni Belaid. Le flux des estivants est concentré durant la saison estivale, venant des wilayas voisines et de l'intérieur : Mila, Constantine, Oum Bouagui, Oued Souf...etc. Nous signalons ici la faible capacité d'accueil en infrastructures hôtelières des deux communes littorales de Sidi Abdelaziz et de Kheiri Oued Adjoul ; avec seulement 3 hôtels dont la capacité d'hébergement totale se limite à 250 lits (DTA-WJ, 2012).

Jusqu'à présent, le tourisme balnéaire de masse est la principale composante économique de la région durant la saison estivale. Il contribue, à la création de l'emploi même s'il est temporaire, mais arrive quand même à assurer des revenus importants à la population locale. Il permet, aussi, d'animer les autres activités comme le transport, le commerce et la location immobilière de courtes durées.

En prévision de cette pression croissante, le ministère chargé du tourisme a déclaré, en 1988, l'installation de dix-neuf zones d'expansion touristiques<sup>9</sup> (ZET) au niveau de la wilaya de Jijel. L'objectif étant de freiner le développement anarchique des activités touristiques le long du littoral et de mettre en place un cadre juridique qui régule l'exploitation de cet espace. Elles sont prévues par le schéma d'aménagement touristique de la wilaya de Jijel, dont deux se trouvent à Beni Belaid et Sidi Abdelaziz, la première étant prioritaire est en phase d'étude et la seconde est proposée pour un déclassement en raison de la consommation de son foncier par l'urbanisation. Trente ans après

<sup>9</sup> Décret n° 88-232 du 5 novembre 1988 portant déclaration des zones d'expansion touristique (JORA, 1988).

le projet de ZET n'est toujours pas achevé ; faible investissement et contrainte foncière sont des éléments de blocage pour le développement de ce type d'infrastructures.

#### UNE VULNERABILITE AGGRAVEE PAR DE MULTIPLES INTERVENTIONS HUMAINES

Le littoral oriental de la baie de Jijel n'a pas été épargné des diverses interventions humaines qui ont engendré, dans plusieurs sites, des conséquences graves sur son équilibre environnemental. En effet, de multiples pratiques illégales se sont développées ; l'extraction du sable dunaire, l'artificialisation du sol, la prolifération des aires de décharge sauvages, ainsi que le défrichement des espaces naturels et leur pâturage par les troupeaux (Photo 4). Ces derniers sont les principales formes de pression. Ils ont eu des impacts négatifs sur l'équilibre environnemental de la région.



**Photo 4.** Pressions sur les espaces naturels de la région ; **a** : Extraction du sable des dunes bordières et sur le haut de plage de Beni Belaid, **b** : Pâturage des troupeaux de bovins sur la première ligne du cordon dunaire séparant la zone humide de la mer, **c** : Ex décharge d'El Djenah, **d** : Artificialisation du sol. (Cliché : Auteur, 2017/2018)

#### Méthode d'investigation pour l'analyse des impacts environnementaux

La collecte de données sur les différentes interventions anthropiques n'était pas facile, car ces données se trouvent éparpillées dans divers services administratifs et sont parfois manquantes. Concernant l'extraction du sable, il était difficile de trouver au niveau de la division maritime de la Direction des Travaux Publics (DTP), une série complète de données indiquant les volumes extraits du sable couvrant une longue période. Afin de surmonter cette contrainte, nous avons estimé le volume extrait à partir de la période de l'exploitation<sup>10</sup>. Ces informations obtenues par les promoteurs miniers au niveau de la direction des domaines et le trésor public de la wilaya de Jijel, sont indiquées dans les cahiers des charges selon les dispositions de la loi minière<sup>11</sup>.

Ce travail a été complété par le suivi des déplacements du trait de côte entre 1973 et 2017. Le traitement par correction géométrique des distorsions et le géo-référencement des photographies aériennes (1973 et 1988) et la scène satellitale de *Google Earth pro* (2017) à l'aide des cartes topographiques (1960, 1982 et 2005) (Tab.1). L'ensemble des informations collectées nous ont permis non seulement la comparaison entre les différentes positions du trait de côte, mais aussi de mettre en évidence les effets de l'intervention humaine ; comme le prélèvement du sable et l'artificialisation du sol, sur les différents habitats côtiers (cordon dunaire, lac, marais ...etc.) et sur les biens et les aménagements qui y existent.

<sup>10</sup> On considère que la vitesse de rechargement, exécuté par un godet (ou pelle) d'une pelleuse, est de 20 m<sup>3</sup>/heure, l'exploitation journalière sera de 160 m<sup>3</sup>/jour (08 heures de travail/jour), et donc une exploitation mensuelle par pelleuse est de 3520 m<sup>3</sup>/mois (22 jours de travail/mois).

<sup>11</sup> Loi n° 01-10 du 3 juillet 2001 portant sur les activités minières (JORA, 2001).

**Tableau 1.** Données utilisées dans l'évaluation des impacts humains sur l'environnement côtier de la région orientale de la baie de Jijel.

Type de données	Année	Echelle \ Résolution spatiale	Source
Carte topographique	1960	1/25000	Institut Géographique National (IGN)
Carte topographique	1982	1/25000	Institut National de la Cartographie et de la Télédétection (INCT)
Carte topographique	2005	1/25000	INCT
Photographie aérienne	1973	1/10000	INCT
Photographie aérienne	1988	1/25000	INCT
Scène satellitale	2017	0,9m	Google Earth Pro

#### Analyse des impacts de l'extraction des matériaux sur le milieu côtier

Le prélèvement des matériaux sablonneux des dunes et des plages associées, qui était une pratique courante dans la baie de Jijel en particulier dans sa partie orientale, a provoqué un déséquilibre dans la dynamique côtière. En effet, d'après les archives de la direction des domaines de la wilaya de Jijel plusieurs sites de prélèvement des matériaux sablonneux, soit cinq 05 sablières, se répartissent sur le littoral de la région étudiée. On note l'existence de deux sites de prélèvement de sable à Beni Belaid fonctionnant depuis 1989 jusqu'à 2002, un à El Djenah pour les deux années 1975 et 1997 et finalement à Sidi Abdelaziz on trouve deux sites qui date de 1983 jusqu'à 2011.

Aux pressions anthropiques croissantes s'ajoutent les effets attendus de l'élévation du niveau de la mer et l'augmentation de la fréquence des événements climatiques extrêmes qui se manifestent généralement par la perturbation des zones côtières et leur érosion côtière (MEER, 2018). Cette dernière est devenue un problème environnemental majeur pour les zones côtières au niveau de la Méditerranée et plus particulièrement en Algérie (MEER & CAR-PAP/PAM, 2015).

L'analyse de la situation existante et des modifications apparues, suite aux multiples interventions sur ce segment littoral, nous a amené à dégager les principaux impacts de l'extraction du sable dans cette région, que nous pouvons décliner dans les points suivants.

#### Impacts sur la dynamique littorale, le paysage et l'équilibre naturel

Les auteurs comme BOUTIBA (2006) et KERMANI *et al.*, (2016) s'accordent que la dynamique littorale de la baie de Jijel est actionnée par le régime des houles et les courants de dérive. Les houles proviennent généralement du secteur nord-ouest en hiver en atteignant le rivage perpendiculairement et provoquant un courant d'arrachage « *rip current* » et du nord-est en été selon une incidence oblique, ce qui favorise une dérive littorale active de l'est vers l'ouest.

Aussi, leurs travaux concernant l'évolution du trait de côte, au courant du demi-siècle dernier, ont montré que ce segment de la baie de Jijel accuse un recul accéléré. Le traitement et l'analyse des données que nous avons pu collecter confirment cette tendance érosive (Tab. 2) : avec des valeurs moyennes de - 0,47 m/an, - 0,41 m/an et - 0,56 m/an à Sidi Abdelaziz, El Djenah et Beni Belaid, respectivement. Elles montrent également un remarquable recul dans la surface des formations dunaires mobiles qui soutiennent les plages de la région. Leur surface est passée de 448 ha en 1973 à 430 ha en 1988 et à 297 ha en 2017 affichant un déficit dans le bilan sédimentaire.

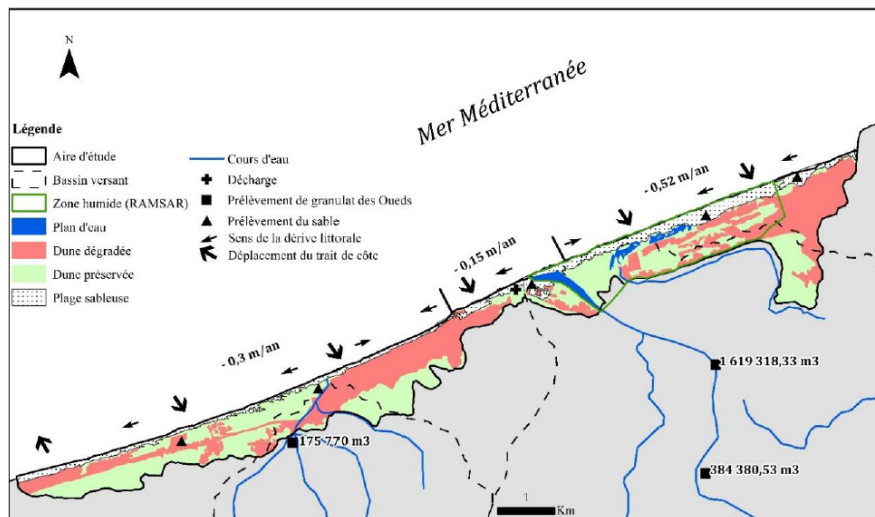
**Tableau 2.** Evolution théorique du trait de côte de la zone d'étude de 1973 à 2017.

Secteurs	Sidi Abdelaziz		El Djenah		Beni Belaid	
	Taux d'évolution (m/an)	Distance de déplacement (m)	Taux d'évolution (m/an)	Distance de déplacement (m)	Taux d'évolution (m/an)	Distance de déplacement (m)
Périodes						
1973 - 1988	+ 2,36	+ 35,4	+ 1,23	+ 18,45	+ 1,03	+ 15,4
1988 - 2017	- 1,67	- 48,43	- 0,86	- 24,94	- 1,32	- 38,28
1973 - 2017	- 0,3	- 13,03	- 0,15	- 6,49	- 0,52	- 22,88

**Tableau 3.** Volume de sable extraites dans la zone d'étude de 1975 à 2011 (Source : Auteur ; Dépouillement des enquêtes).

Secteurs	Sidi Abdelaziz (m <sup>3</sup> )	El Djenah (m <sup>3</sup> )	Beni Belaid (m <sup>3</sup> )
Périodes	1983 - 2011	1975 - 1997	1989 - 2002
1975 - 2011	404543	100000	279837
Total (m <sup>3</sup> )		784380	

Cette situation a dû être exacerbée par les prélèvements intensifs du sable du haut de plage et des dunes bordières (Tab. 3). Aussi, l'extraction des granulats des oueds au niveau des bassins versants limitrophes, plus précisément de l'oued El Kebir et oued Bartchoum, a joué un rôle limitant de l'apport sédimentaire. Cette dernière, qui a débuté depuis 1996, se maintient avec un rythme soutenu, d'environ 58806,6 m<sup>3</sup>/an sur les vingt dernières années (Fig. 3). S'ajoute à cela l'installation du barrage de Beni Haroun en amont du bassin versant de l'oued El Kebir ; avec une capacité de stockage qui dépasse 960 Mm<sup>3</sup> munit d'une digue de 120 m de hauteur (ANBT, 2002). Ce dernier, constitue un réceptacle aux apports sédimentaires terrigènes qui auraient alimenté les plages de la baie de Jijel.



**Figure 3.** Dynamique littorale, formes de pression et état de conservation (conception : Auteur).

#### *Impacts sur le patrimoine naturel et les biens socio-économiques de la région*

Outre l'érosion côtière généralisée, induite par la réduction du stock sédimentaire, l'ouverture de multiples sablières combinée, la dégradation de la végétation fixatrice des dunes, par le pâturage, a provoqué l'ouverture de brèches qui se développent par la suite pour former des couloirs de déflations dans le cordon dunaire (Photo 5). L'action des vents a engendré, au niveau de ces derniers, la transgression d'énormes quantités de sables vers l'intérieur pour ensevelir environ 2,72 ha des terres agricoles qui empiètent sur le cordon dunaire, d'un côté, et d'autre part l'ensablement partiel du plan d'eau de la zone humide de Beni Belaid (Photos 5).



**Photo 5.** Exemple de la transgression du sable dunaire vers l'intérieur suite à la dégradation de la végétation fixatrice ; **a** : Envahissement des terrains agricoles à l'est de Beni Belaid, **b** : Ensablement partiel du plan d'eau de la zone humide de Beni Belaid (cliché : Auteur, 2018).

### Autres impacts environnementaux

#### *Artificialisation du littoral*

Vers l'ouest de la zone d'étude, la dérivation de la route nationale n°43, dans les années 1980, s'est opérée de telle manière à contenir, vers l'intérieur, une partie importante du cordon dunaire. Cet aménagement a provoqué la rupture de la connexion entre les dunes et leurs plages associées (Photo d4). Cette situation a accentué l'évolution régressive du trait de côte, au niveau de Sidi Abdelaziz, par la fixation du rivage et la perturbation des échanges sédimentaires entre les différentes parties du littoral. En plus, l'Agglomération Chef-Lieu (ACL) de Sidi Abdelaziz continue à se développer sur les surfaces dunaires récupérées et cela à l'insu de l'approbation des instruments d'urbanisme<sup>12</sup>. Le premier Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme (PDAU) réalisé pour la commune de Sidi Abdelaziz en 1999 est loin des préoccupations de la loi « littorale ». Une révision a été lancée en 2009 avec l'ensemble des Plans d'Occupation du Sol (POS) notamment celui de l'ACL de Sidi Abdelaziz et ils n'arrivent toujours pas à assurer une urbanisation littorale moins oppressante.

#### *Pollution tellurique et dégradation du milieu côtier*

La wilaya de Jijel génère des quantités importantes de déchets ménagers (environ 519 tonnes /jour) (PAT-WJ, 2013). Au niveau de la commune de Sidi Abdelaziz, les déchets ménagers sont entreposés, depuis 1984, au niveau de la décharge publique, à moins de 600 m du rivage à proximité de l'embouchure de l'oued El Kebir. L'entreposage des déchets se faisait sur une partie importante du cordon dunaire d'El Djenah, à ciel ouvert. Ces agissements, à la base de problèmes de nuisances diverses, mettent en exergue la perception négative autour des espaces dunaires chez les autorités gestionnaires locales, mais aussi confirment les contradictions existantes entre le discours institutionnel de préservation de la nature à l'échelle nationale et les pratiques locales !

La fermeture de cette décharge en 2016, reste insuffisante en l'absence d'actions curatives et de restauration écologiques. Des agents de la direction des forêts de Jijel, que nous avons interviewés sur ce cas, nous ont fait part de la disparition massive d'un nombre important d'espèces floristiques spécifiques et l'apparition de nouvelles espèces adventices et envahissantes, à titre d'exemple *Oxalis cernua* et *Polygonum aviculare* (Photo 4). Malgré la fermeture officielle de cette décharge, des entreposages de déchets de type organique issus de l'industrie des peaux et/ou de constructions se font toujours.

Outre les déchets solides, des rejets liquides des usines de la zone industrielle d'El Milia, occupant sur les rives de l'oued El Kebir à une vingtaine de kilomètres de l'embouchure se jettent directement dans l'oued El Kebir. En effet, les eaux usées industrielles de la tannerie d'El Milia et le complexe industriel sidérurgique de Balara, un des plus importants de l'Est algérien, ont eu des effets néfastes sur l'environnement côtier. Les produits utilisés dans le traitement et la transformation des peaux animales en cuir, ainsi que ceux utilisés dans la sidérurgie, qui se déversent souvent sans traitement préalable dans l'oued El Kebir, représentent un risque pour la vie aquatique de l'oued en

<sup>12</sup> Les instruments d'urbanisme sont constitués par les Plans Directeurs d'Aménagement et d'Urbanisme (PDAU) et par les Plans d'Occupation des Sols (POS). Ils fixent les orientations d'aménagement et déterminent les prévisions les règles d'urbanismes (JORA, 1990).

amont et du milieu estuarien et marin en aval. Selon la population riveraine de la basse vallée d'El Kebir, des rejets incontrôlés de la tannerie ont provoqué, en 2008, des dégâts écologiques importants au niveau de l'oued El Kebir, et impacté d'une manière sérieuse l'irrigation des champs agricoles.

#### **CONTRAINTES ET DIFFICULTES A L'IMPLEMENTATION D'UNE GESTION INTEGREE DES ZONES COTIERES SENSIBLES**

Parallèlement à ces pressions d'ordre anthropique, nous assistons ces dernières décennies à l'apparition d'une nouvelle politique écologique qui s'apparente à la conservation des écosystèmes littoraux. Dans notre cas, cette orientation a commencé par la promulgation d'un arrêté n° 97/786 de classement de réserve naturelle en 1997 puis en 2003 comme zone humide, dans le cadre de la convention de Ramsar, ensuite la délimitation du littoral en 2004 conformément à la loi « littoral », et la délimitation du Domaine Public Maritime (DPM)<sup>13</sup> en 2015. En dépit de ces dispositions préventifs, les pressions sur les ressources et les espaces naturels de cette partie du littoral continuent toujours avec un rythme soutenu. Des études similaires sur le littoral algérien (KHELIL *et al.*, 2019 ; BOUMAOUR *et al.*, 2018 ; BOUBEKRI & DJEBAR, 2016 ; LARID, 2015 ; GHODBANI & AMOKRANE, 2013) ont abouti au même constat et s'accordent sur la difficulté d'implémenter une Gestion Intégrée des Zones Côtières (GIZC) comme processus de gestion territoriale efficace permettant une protection voire une mise en valeur durable des zones côtières, particulièrement dans les zones sensibles à haute valeur écologique.

Dans une perspective d'identifier et de comprendre ces défaillances de la mise en œuvre de cette politique écologique à l'échelle locale nous avons procédé par une enquête que nous avons menée durant l'année 2018. En premier lieu, nous nous sommes focalisés sur la mise en œuvre des dispositions de la loi « littoral » et de leur intégration dans les instruments d'aménagement et d'urbanisme. En second lieu, nous avons procédé, par la distribution d'un questionnaire et réalisé des entretiens semi-directifs avec les acteurs concernés par la gouvernance environnementale locale.

Ce travail de terrain a été réalisé auprès des neuf acteurs (Tab. 4), afin d'évaluer leur perception vis-à-vis de l'environnement côtier de la zone étudiée et leur rôle respectif dans la gestion des ressources naturelles. Notre but final vise l'appréciation de la capacité des acteurs à mettre en place des actions intégrées et leur prise en considération des spécificités naturelles, ainsi que de comprendre les mécanismes de gouvernance en place. Les résultats de ce travail de terrain seront utilisés dans les sections suivantes selon la nature du problème abordé. Nous avons traité chaque aspect par une analyse d'un exemple de cas, afin d'appréhender la complexité et la diversité des problèmes posés dans cette zone côtière.

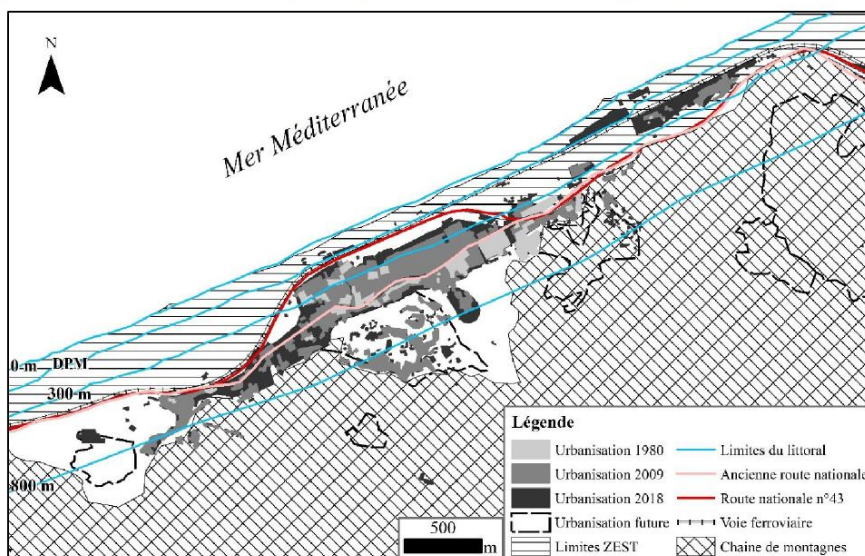
**Tableau 4.** Cartographie des acteurs et déroulement de l'enquête.

Partie prenante	Nombre d'enquêté		Représenté par
	Questionnaire	Entretien semi-directif	
Collectivités Locales	2	3	Services techniques de l'APC Service de protection, de gestion, et les circonscriptions locales
Conservation des Forêts	4	5	
Direction de l'Environnement	3	3	Service de biodiversité, de communication et sensibilisation service
Commissariat National du Littoral	2	2	Antenne de la wilaya de Jijel
Direction des Travaux publics	2	3	Subdivision maritime
Direction du Tourisme et de l'Artisanat	3	3	Service du tourisme
Direction des Services agricoles	2	3	Service de l'aménagement rural et des subdivisions locales Agriculteurs
Usagers	/	3	
Total	18	25	
Population locale	86	/	

<sup>13</sup> La délimitation du DPM, côté terre, est constaté par la limite du rivage atteinte par les flots à leurs plus hauts niveaux de l'année, dans les conditions météorologiques normales (JORA, 1991).

### Faible intégration des dispositions de la loi « littoral » dans les instruments d'urbanisme locaux (PDAU et POS)

L'analyse des résultats obtenus ont montré qu'au niveau de Sidi Abdelaziz à titre d'exemple, les instruments d'urbanisme (PDAU et POS) s'opposent, dans leur mise en œuvre, aux règles et dispositions de la loi « littoral », qui interdit la construction sur une bande de 300 m, l'extension longitudinale du périmètre urbanisé des agglomérations littorales au-delà de 03 km et l'extension longitudinale des routes et voies de communication à moins de 800 m à partir des plus hautes mers (Fig. 4). Plus particulièrement, les dunes littorales sont considérées comme des zones critiques ou font l'objet d'un classement en tant qu'aire côtière protégée<sup>14</sup> au regard de la législation algérienne.



**Figure 4.** Extension de l'Agglomération Chef-Lieu (ACL) de Sidi Abdelaziz entre 1980 et 2018 et périmètre d'urbanisation future (conception : Auteur à partir des photos aériennes : 1980, PDAU : 1999 et 2010 et des observations du terrain).

Après l'élaboration de l'étude relative au cadastre du littoral<sup>15</sup> en 2006, au niveau de la wilaya de Jijel, l'une des actions prioritaires de celui-ci est la mise en concordance des instruments d'aménagement et d'urbanisme locaux avec les dispositions de la loi « littoral ». La révision en 2009 des instruments d'urbanisme de la commune de Sidi Abdelaziz, devrait intégrer les prescriptions relatives aux conditions de construction, l'occupation du sol et des parties naturelles bordant les plages ainsi que de l'extension de la zone objet de *non-aedificandi*, mais on constate toujours la non-conformité des plans d'urbanisation mis en place avec ces dispositions. Nous l'avons vu à travers le cas de l'Agglomération Chef-Lieu (ACL) de Sidi Abdelaziz que le POS n'a pas intégré les dispositions de cette loi concernant la construction et l'occupation du sol sur la bande littorale (Fig. 4).

Cette situation est probablement due aux deux principaux faits. Le premier est la faiblesse des mécanismes en places pour une mise en œuvre effective de la loi « littoral », qui se traduit par la non intégration des orientations du

<sup>14</sup> La loi « littoral », la loi 11-02 du février 2011 relative aux aires protégées dans le cadre du développement durable, classent les formations dunaires et les cordons dunaires côtiers parmi les aires côtières protégées (JORA, 2011).

<sup>15</sup> Le cadastre du littoral constitue une première tentative visant la déclinaison de la loi « littoral » au niveau de la wilaya de Jijel. Il vise la préparation de la mise en place des programmes d'aménagement côtier au niveau régional, l'étude d'aménagement du littoral au niveau de la wilaya et les plans d'aménagement côtier au niveau local (commune). Il consiste à délimiter l'espace littoral à travers ses composantes, établir un bilan écologique et de l'occupation du sol, pour instaurer un plan d'actions, qui permet d'identifier les actions immédiates, la mise à niveau et l'établissement d'un portefeuille de projets.

cadastre du littoral, concernant l'occupation du sol et la conception des PDAU et des POS, indiquées dans son plan d'action.

Le deuxième concerne le retard dans la mise en place des Plans d'Aménagement Côtier (PAC)<sup>16</sup> et de l'Etude d'Aménagement du Littoral (EAL)<sup>17</sup> au niveau de la wilaya de Jijel. En plus, la mise en place d'une commission intersectorielle du programme d'aménagement côtier<sup>18</sup>, chargé de la coordination et du suivi des actions liées à la protection et la valorisation du littoral ainsi que l'élaboration et la mise en œuvre de ces instruments, reste jusqu'à présent sans efficacité voire inactive. L'explication réside dans la centralisation des instruments d'aménagement et de protection du littoral (Cadastre du littoral, PAC et EAL). Ces derniers, doivent orienter les plans d'aménagement et d'urbanisme au niveau local pour optimiser la protection et la valorisation durable du littoral. Leurs initialisation et suivi sont centralisés au niveau du ministère chargé de l'environnement et de l'aménagement du territoire. Ce dysfonctionnement entre les échelles de prise de décision a affaibli le rôle de la commission intersectorielle dans la mise en place des instruments d'aménagement et de protection du littoral et met en exergue l'inadaptation de la réglementation en place.

En effet, la faiblesse des dispositifs et outils de gestion, le décalage entre ce qui a été prévu et ce qui a été mis en œuvre et l'incohérence de la réglementation en place ont permis le contournement de la loi « littoral » pour favoriser l'étalement de l'urbanisation sur les zones naturelles sensibles proches du rivage sans prendre en compte ses dispositions. Car, les gestionnaires locaux tendent à éviter ses dispositions et les perçoivent comme outils bloquant l'urbanisation et par conséquent le développement de leurs communes (FOURY, 2017).

#### **Vision sectorielle et faiblesse des mécanismes de coordination entre les parties-prenantes**

Une vaste gamme d'activités humaines est implantée sur ce littoral impliquant plusieurs intervenants de différents secteurs. De même, il est reconnu qu'une bonne gouvernance environnementale en zone côtière requiert une pleine participation de tous les acteurs afin d'améliorer la communication, les connaissances et d'optimiser les choix en matière de prise de décision (CHOUINARD *et al.*, 2011 ; HENOCQUE, 2006). De ce fait, opter pour la coordination entre les acteurs et l'instauration des mécanismes appropriés de concertation et d'arbitrage pour aboutir à des compromis durables est une priorité.

Or, la coordination entre les acteurs est estimée en difficulté, voire inexistante, selon plus de la moitié des acteurs enquêtés. Ceci relève de la faiblesse des dispositifs mis en place pour faciliter la coordination entre les différents secteurs et aussi l'aspect sectoriel de gestion enraciné dans le système administratif algérien qui bloque toute tentative de collaboration horizontale à l'échelle du même territoire.

Cette dominance est confirmée par le nombre élevé des réponses. 85% des questionnés estiment que la participation des différents acteurs dans un processus de décision reste encore insuffisante. Ceci a provoqué le blocage de plusieurs plans d'aménagement ainsi que des projets de développement local.

En effet, les agriculteurs à Beni Belaid, qu'ils soient propriétaires des terres ou concessionnaires du domaine privé de l'Etat, rejettent toute action visant le contrôle et la régulation de leur activité agricole. Aussi ils perçoivent, la mise en réserve de la zone humide comme une instrumentalisation de la question environnementale, de la part des autorités gestionnaires, visant l'accapement de leurs terres pour lancer des investissements touristiques. Ce sentiment de méfiance vis-à-vis de l'implantation de projets de développement touristique est dû à la non implication des agriculteurs dans les toutes premières phases de la conception des différents plans d'aménagement.

L'attention doit porter sur l'intégration transversale des secteurs considérés traditionnellement individuelle, ainsi que sur les collectivités locales concernées exerçant une influence sur la planification et la gestion des systèmes et ressources côtiers afin de développer des synergies entre les activités littorales (KHELIL *et al.*, 2019 ; LARID, 2015 ; MEUR-FEREC, 2006 ; HENOCQUE, 2006 ; CICIN-SAIN & KNECHT, 1998). Aussi, associer davantage les autochtones aux premières phases d'un projet de conservation et de valorisation du littoral est nécessaire pour

<sup>16</sup> PAC consiste à protéger les espaces littoraux sensibles, arrêtés par le cadastre du littoral, et à assurer une utilisation rationnelle des ressources côtières selon les dispositions et les lois en vigueur.

<sup>17</sup> EAL a pour objectif de fixer les conditions et les modalités de construction et d'occupation du sol sur la bande littorale, de l'occupation des parties naturelles bordant les plages et l'extension de la zone objet de *non-aedificandi*.

<sup>18</sup> Dans le cadre de la mise en œuvre des programmes d'aménagement côtier conformément à la loi « littoral », il a été mis en place une commission intersectorielle du programme d'aménagement côtier par l'arrêté du wali n° 1095/2002 en 2002 et modifié en 2014 par l'arrêté n° 1689/2014.

augmenter les chances de son appropriation (GHODBANI & BERRAHI-MIDOUN, 2013 ; CHAKOUR & DAHOU, 2009).

#### Sensibilisation et capacité des acteurs pour la protection et la valorisation du littoral

La capacité des acteurs et leur sensibilisation aux problématiques du littoral sont des facteurs déterminants pour l'appropriation des actions visant la protection et la valorisation du littoral et de réduire les processus antagoniques. Sur la base de cette idée nous avons interrogé la population locale sur la représentation qu'ils ont sur les écosystèmes existants, leur valeur, et les pressions qui menacent leur équilibre. Le traitement des réponses nous a mené à constater des degrés de connaissances contrastés. 58% à Beni Belaid, 12% à Sidi Abdelaziz et 4% à El Djenah, ont pu identifier des habitats côtiers écologiquement fonctionnels et montré une sensibilisation aux services écosystémiques fournis par la zone humide et le complexe dunaire (Tab. 5).

**Tableau 5.** Réponses avancées par les personnes enquêtées sur les causes de la dégradation de l'environnement (plusieurs réponses peuvent être données par personne).

Facteurs de dégradation	Occurrence des réponses (%)
Multiplication des sources de pollution	84,1
Pillage du sable dunaire et des plages	70,5
Défrichement sur des espaces naturels	59,1
Artificialisation du littoral	47,7
Chasse illégale et braconnage des oiseaux	34,1
Surexploitation des eaux souterraines et pompage de l'eau du lac	20,5
Sensibilisation environnementale	18,4
Surveillance	11,5

Ce contraste dans la sensibilisation nous a permis d'identifier trois groupes sociaux ayant des degrés de perception écologique différenciés au sein de la population locale. Il nous renseigne sur le degré de « littoralité » qui est considéré ici comme étant l'attachement de l'homme à l'espace littoral où il vit. En effet, sur la rive gauche de l'oued El Kebir autour de la réserve naturelle de Beni Belaid, depuis son classement en 2003 comme zone humide dans le cadre de la convention de Ramsar, on constate un certain degré de prise de conscience chez les agriculteurs, qui ont commencé dès lors à mettre en œuvre des techniques moins intenses et moins dégradantes comme l'irrigation par goutte à goutte et l'amendement des terres par de la matière organique pour réduire l'exploitation intense de l'eau et l'utilisation des fertilisants chimiques. Par contre, à l'autre rive de l'oued El Kebir on constate un faible attachement au littoral et à son environnement qui se manifeste surtout chez un groupe social de Beni Hadjres<sup>19</sup>. Il considère le littoral comme un système de ressources à exploiter dont leur principale activité qui est le pillage illicite du sable dunaire, qui a banalisé et a dénaturé cette partie du littoral. Ce manque de sensibilisation affaiblit toute tentative de protection voire de valorisation durable du capital naturel de la région. Cet état de fait va de pair avec la qualité environnementale du littoral et les pratiques mises en œuvre par ces derniers à l'échelle communautaire.

En revanche, la plupart des gestionnaires ont reçu une forte éducation (formation) sectorielle. Les ressources humaines et leurs connaissances pluridisciplinaires s'avèrent insuffisantes. La majorité des interviewés se sentent dépassés par la complexité des problématiques de cette région, et considèrent qu'un mode de gestion sectorielle peut prendre en charge la diversité des enjeux littoraux, quoiqu'ils avouent sa défaillance actuelle. Ils tendent à cloisonner les enjeux environnementaux, économiques et sociaux. Seul 18% des réponses considèrent que le littoral est un espace où les enjeux sont multiples et leur prise en considération simultanée est une priorité.

En effet, la complexité liée à la multiplicité des enjeux, l'enchevêtrement des compétences et les différents niveaux de gouvernance s'imposent. Il s'avère nécessaire de renforcer les capacités des acteurs pour la formation d'équipes pluridisciplinaires capable d'appréhender le fonctionnement des écosystèmes côtiers, d'agir ensemble d'une manière proactive afin de résoudre et gérer les situations de conflits et travailler en étroite collaboration avec les acteurs locaux et les associations.

<sup>19</sup> Un groupe des nomades originaire des wilayas intérieures. Il est venu se sédentariser, vers la fin des années 1970, au niveau de la commune de Sidi Abdelaziz et occupant sur l'extrême est de l'Agglomération Chef-Lieu, la bande du littoral objet de *non-aedificandi* (300m).

Il faut noter, également, que le mouvement associatif est quasi-absent. Sur les dizaines d'associations environnementales, répertoriées et agréées par la direction de l'environnement et les collectivités territoriales, seule une association est présente. L'effectif des membres est limité au président dont le rôle est la simple présence lors des journées organisées par la direction de l'environnement.

#### CONCLUSION

L'étude de la zone côtière orientale de la baie de Jijel a révélé l'importance de son patrimoine naturel, qui englobe une variété d'habitats riches en biodiversité mais d'un niveau de vulnérabilité élevé, qui oppose un développement socio-économique émergent.

L'évaluation de l'état de conservation, de la zone côtière étudiée, a mis en exergue la multiplication des formes de pressions et les impacts environnementaux qu'ils génèrent. En effet, ces pressions risquent de banaliser le littoral et d'épuiser ses ressources et par conséquent compromettre sa durabilité.

Face à la volonté de l'Etat à mettre en cohérence les instruments d'aménagement et les outils de gestion adoptés par la loi « littoral », des pratiques de non respect du cadre législatif de protection de l'environnement et de l'urbanisation se sont développées et mettent ainsi en évidence des contradictions dans l'action à plusieurs échelles.

En effet, les divergences d'intérêts combinées à l'absence de véritables mécanismes de coordination et de concertation ont favorisé l'établissement d'une vision sectorielle et entrave toute action visant le développement durable et la protection des zones côtières. La gestion des zones côtières, dont les enjeux sont forts et particuliers, doit s'adapter au contexte local pour pallier aux différentes problématiques inhérentes aux modes de gouvernance environnementale locale.

La protection des zones littorales sensibles en Algérie semble une tâche difficile, mais n'est pas impossible. Le renforcement de la capacité des acteurs, la sensibilisation des associations et de la population aux problématiques réelles du littoral ainsi qu'un travail de concertation pour permettre une intégration transversale des enjeux divers peuvent générer des changements aux niveaux des communautés et des autorités locales. Celle-ci ne sera efficace que si elle est simultanément soutenue par une approche descendante. La vision à double sens doit porter sur le renforcement de la capacité de gestion au niveau local et par une révision et adaptation de la réglementation qui répondent au mieux au contexte algérien.

#### BIBLIOGRAPHIE

- ANBT (Agence Nationale des barrages et transferts, Mila), 2002. Barrage de Béni Haroun sur l'oued Kebir, volume1, Tractebel Engineering Division Hydraulique, 363p.
- ANRH, 2012. Base de données numériques sur les précipitations de la station de Jijel de 1968 à 2011. Agence Nationale des Ressources Hydriques, Alger.
- ANRH, 2009. Carte des ressources en eaux souterraines du nord de l'Algérie. Feuille NJ-32-SO de Constantine, échelle 1/500 000. Agence Nationale des Ressources Hydriques, Alger.
- ANRH, 1999. Base de données numériques sur les conditions climatiques et hydrologiques de la station d'El Ancer à Jijel de 1979 à 1998. Agence Nationale des Ressources Hydriques, Alger.
- BOUBEKRI I. & DJEBAR A-B., (2016). Marine protected areas in Algeria: Future marine protected area of "Taza" (SW Mediterranean), continuing challenges and new opportunities facing an integrated coastal management. *Ocean & Coastal Management*, 130 : 277-289. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2016.06.021>
- BOULDJEDRI M., DE-BELAIR G., MAYACHE B. & MULLER S. D., 2011. Menaces et conservation des zones humides d'Afrique du Nord : le cas du site Ramsar de Beni-Belaid (NE algérien). *Comptes Rendus Biologies*, 334, 10 : 757-772. <https://doi.org/10.1016/j.crvi.2011.06.009>
- BOUMAOUR A., GRIMES S., BRIGAND L. & LARID M., 2018. Integration process and stakeholders' interactions analysis around a protection project: Case of the National park of Gouraya, Algeria (South-western Mediterranean). *Ocean & Coastal Management*, 153 : 215-230. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2017.12.031>
- BOUTIBA M., 2006. Géomorphologie dynamique et mouvements des sédiments le long de la côte sableuse jijélienne (Est Algérie). Thèse de Doctorat en géomorphologie, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene (USTHB), Alger, 278 p.

- CHAKOUR S-C. & DAHOU T., 2009. Gouverner une AMP, une affaire publique ? Exemples sud-méditerranéens. *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*, (Hors-série 6). <https://doi.org/10.4000/vertigo.9156>
- CICIN-SAIN B. & KNECHT R., 1998. *Integrated Coastal and Ocean Management: Concepts And Practices*, Island Press, Washington, 499 p.
- CHOUINARD O., BAZTAN J. & VANDERLINDEN J-P., 2011. Zones côtières et changement climatique : Le défi de la gestion intégrée, Presses de l'Université du Québec, Québec, 268 p.
- DGF., 2003. Fiche descriptive sur les zones humides Ramsar : Réserve naturelle du lac de Béni Bélaïd, Wilaya de Jijel, Direction Générale des Forêts, Alger. 7 p.
- DSA., 2018. Base de données numériques sur les statistiques agricole de la wilaya de Jijel entre 2001 et 2017, (document non-publié), Direction des Service Agricole, Jijel.
- FOURY N. F., 2017. L'effectivité des instruments de protection et d'aménagement du littoral méditerranéen : cas de l'Algérie. Thèse de Doctorat en droit public, Université d'Aix-Marseille, Aix-en-Provence, 388 p.
- GHODBANI T., MILEWSKI A. & BELLAL S. A., 2015. Un écosystème littoral fragile menacé sur la rive sud de la Méditerranée. *Méditerranée. Revue géographique des pays méditerranéens / Journal of Mediterranean geography*, 125 : 153-164. <https://doi.org/10.4000/mediterranee.8104>
- GHODBANI T. & AMOKRANE K., 2013. La zone humide de la Macta : un espace à protéger sur le littoral ouest de l'Algérie. *Physio-Géo. Géographie physique et environnement*, 7 : 139-155. <https://doi.org/10.4000/physio-geo.3228>
- GHODBANI T. & BERRAHI-MIDOUN F., 2013. La littoralisation dans l'Ouest algérien : analyse multiscale des interactions hommes-espaces-écosystèmes. *Espace populations sociétés. Space populations societies*, 1-2 : 231-243. <https://doi.org/10.4000/eps.5488>
- GHODBANI T., 2005. Rechgoun, un espace à protéger sur le littoral ouest de l'Algérie. *Méditerranée. Revue géographique des pays méditerranéens / Journal of Mediterranean geography*, 105 : 87-94. <https://doi.org/10.4000/mediterranee.350>
- GRIMES S., 2003 (Eds). Biodiversité marine et littorale Algérienne, Laboratoire Réseau de surveillance environnemental / Université d'Es Senia, Oran, 314 p.
- HENOCQUE Y., 2006. Leçons et futur de la gestion intégrée des zones côtières dans le monde. *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*, 7, 3. <http://vertigo.revues.org/2490>
- JORA, 2011. Loi n° 11-02 du 17 février 2011 relative aux aires protégées dans le cadre du développement durable. *Journal Officiel de la République Algérienne*, 13 : 8-12.
- JORA, 2002. Loi n° 02-02 du 5 février 2002 relative à la protection et à la valorisation du littoral. *Journal Officiel de la République Algérienne*, 10 : 18-22.
- JORA, 2001. Loi n° 01-10 du 3 juillet 2001 portant sur les activités minières. *Journal Officiel de la République Algérienne*, 35 : 3-34.
- JORA, 1991. Décret exécutif n° 91-454 du 23 novembre 1991 fixant les conditions et les modalités d'administration et de gestion des biens du domaine privé et du domaine public de l'Etat. *Journal Officiel de la République Algérienne*, 60 : 1892-1942.
- JORA, 1990. Loi n° 90-29 du 1<sup>er</sup> décembre 1990 relative à l'aménagement et l'urbanisme. *Journal Officiel de la République Algérienne*, 52 : 1408-1415.
- JORA, 1988. Décret n° 88-232 du 5 novembre 1988 portant déclaration des zones d'expansion touristique. *Journal Officiel de la République Algérienne*, 1312-1353.
- KERMANI S., BOUTIBA M., GUENDOZ M., GUETTOUCHE M. S. & KHELFIANI D., 2016. Detection and analysis of shoreline changes using geospatial tools and automatic computation: Case of jijelian sandy coast (East Algeria). *Ocean & Coastal Management*, 132 : 46-58. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2016.08.010>
- KHELIL N., LARID M., GRIMES S., LEBERRE I. & PEUZIAT I., 2019. Challenges and opportunities in promoting integrated coastal zone management in Algeria: Demonstration from the Algiers coast. *Ocean & Coastal Management*, 168: 185-196. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2018.11.001>
- LARID M., 2015. L'apport du retour d'expérience au processus de gestion intégrée des zones côtières. Application à la zone humide littorale de Réghaia (Algérois). *Méditerranée. Revue géographique des pays méditerranéens / Journal of Mediterranean geography*, 125 : 141-152. <https://doi.org/10.4000/mediterranee.8091>
- MEUR-FEREC, C. 2006. De la dynamique naturelle à la gestion intégrée de l'espace littoral : un itinéraire de géographe. Thèse de l'Habilitation à Diriger des Recherches (HDR), Université de Nantes, Nantes, 240 p.
- MEUR-FEREC C., 1995. La préservation des espaces naturels littoraux dans le Nord et le Pas-de-Calais : acteurs et politiques d'intervention. *Hommes et Terres du Nord*, 1, 1 : 2-10.

- Ministère de l'Environnement et des Energies Renouvelables (MEER), 2018. Plan National Climat de l'Algérie (PNC). Rapport de Synthèse, 52 p.
- MEER, & PAP RAC/PAM, 2015. Stratégie Nationale de Gestion Intégrée des Zones Côtières (SN-GIZC) en Algérie 2015-2030. PAM-MedPartnership, UNESCO, Alger, 94 p.
- NAKHLI S., 2010. Pressions environnementales et nouvelles stratégies de gestion sur le littoral marocain. *Méditerranée. Revue géographique des pays méditerranéens / Journal of Mediterranean geography*, 115 : 31-42.
- ONM, 2009. Base de données numériques sur le climat de la station Achouat à Jijel de 1996 à 2008, (document non-publié), Office National de la Météorologie, Alger.
- OUESLATI A., 2004. Littoral et aménagement en Tunisie : des enseignements de l'expérience du vingtième siècle et de l'approche géoarchéologique à l'enquête prospective, Publications de la Faculté des Sciences Humaines et Sociales, Tunis, 534 p.
- PAT-WJ, (2013). Le plan d'aménagement du territoire de la wilaya. Rapport d'étude (document non-publié), Phase 4 : mise en œuvre et suivi, Jijel, 168 p.
- PICKAVER A. H., GILBERT C. & BRETON F., 2004. An indicator set to measure the progress in the implementation of integrated coastal zone management in Europe. *Ocean & Coastal Management*, 47, 9 : 449-462. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2004.06.001>
- PNT & MAB, (2014). Plan de gestion IV : Aire Marine Protégée du Parc National de Taza 2014-2019. Parc National de Taza et Programme sur l'Homme et la biosphère, Rapport d'étude, Phase 1 : Description et Analyse, Jijel, 51 p.
- QUEZEL P. & SANTA S., 1963. Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales, Volume 2, Éditions du Centre national de la Recherche scientifique, Paris, 626 p.
- DTA-WJ., 2012. Schéma Directeur d'Aménagement Touristique de la Wilaya de Jijel. Direction du Tourisme et de l'Artisanat, Rapport de mission (document non-publié), Phase 2 : Etat des lieux – Partie diagnostic, Bureau d'étude technique en urbanisme, aménagement urbain, et environnement, Jijel, 334 p.
- THOMAS J. P., 1968. Ecologie et dynamisme de la végétation de la dune littorale dans la région de Djidjelli. *Soc. Hist. Natur. Afr. Nord Bull.*, 37-98.

## Résumé

Cette thèse traite la problématique des cordons dunaires de la côte algérienne entre aménagement du littoral et protection de l'environnement à travers deux cas d'étude : celui de Bousfer-Andalous (Oran) et de Sidi Abdelaziz (Jijel). Les cordons dunaires sont à la fois des écosystèmes complexes et fragiles, leur préservation est indispensable pour maintenir l'équilibre global de tout l'écosystème littoral. A travers une approche diachronique et multi-scalaire et en manipulant plusieurs techniques d'analyse spatiale nous avons pu identifier les formes de vulnérabilité et leurs évolutions dans le temps et l'espace. Les travaux de terrain animés par des observations, des enquêtes avec les acteurs des territoires et les usagers locaux nous ont permis d'analyser les enjeux de préservation et d'en proposer des solutions pour une meilleure gouvernance de ces entités naturelles en voie de disparition.

**Mots clés :** Littoral, Dune, Algérie, Méditerranée, Ecologie, Gouvernance, Socio-économie, GIZC.

## Abstract

This thesis deals with the problematic of the Algerian coastal dunes, between development issue and environmental protection through two cases study: Bousfer-Andalous (Oran) and Sidi Abdelaziz (Jijel). The dunes are complex and fragile ecosystems, and their preservation is essential to maintain the overall balance of the entire coastal land. Through a diachronic and multi-scalar approach and by manipulating several spatial analysis techniques, we were able to identify the forms of vulnerability and their evolution in time and space. Our fieldwork, supported by observations and surveys with local stakeholders and users, enabled us to analyse the preservation issues and to propose solutions for better governance of these disappearing natural entities.

**Key words:** Coastline, Dune, Algeria, Mediterranean, Ecology, Governance, Socio-economy, ICZM.

## ملخص

تتناول هذه الرسالة إشكالية الكثبان الساحلية الجزائرية بين مسألة التنمية وحماية البيئة من خلال حالتين للدرس: بوسفر الأندلس (وهران) وسيدي عبد العزيز (جيجل). تعتبر الكثبان الرملية أنظمة إيكولوجية معقدة وهشة في أن واحد، وتعد حمايتها أمراً ضرورياً للحفاظ على التوازن العام للمنظومة الساحلية بأكملها. من خلال مقارنة زمنية وأخرى مجالية متعددة المستويات وبالاعتماد على تقنيات التحليل المكاني، تمكنا من تحديد أشكال الهشاشة وتطورها في الزمان والمكان. مكنا عملنا الميداني أيضا والمدعوم بملاحظات واستطلاعات مع مختلف الفاعلين والمستخدمين المحليين، من التعرف على تحديات الحماية واقتراح حلول لتحسين حوكمة هذه المنظومات الطبيعية المهددة بالاختفاء.

**الكلمات المفتاحية:** الساحل، الكثبان الرملية، الجزائر، البحر الأبيض المتوسط، البيئة، الحكامة، المجتمع، الاقتصاد، الإدارة المتكاملة للمناطق الساحلية.