

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل

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



Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de Master et d'ingénieur

Domaine : Sciences de la Terre et de l'Univers (STU)

Filière : Géographie et Aménagement du Territoire (GAT)

Spécialité : Génie Côtier et Aménagement du Littoral (GCAL)

Thème :

**Suivi de l'évolution de l'occupation du sol dans le cadre de
la préservation de la réserve naturelle de Réghaia**

Réalisé par :

- **LOUNIS Wissam**
- **REZRAZI Anfel**

Soutenu le **15/06/2026** devant le jury suivant :

M^{me} Sengouga Amina	MCB (ENSSMAL)	Présidente
M^{me} Keraghel Mehdiya Asma	MCA (ENSSMAL)	Promotrice
M. Otmani Housseyn	MCA (ENSSMAL)	Co-promoteur
M^{me} Khellil Nawel	MCB (Université de Tipaza)	Examinatrice

Promotion :2026

Remerciements

Avant toute chose, nous remercions Dieu Tout-Puissant, source de force, de sagesse et de persévérance, de nous avoir accordé la santé, la patience et le courage nécessaires pour mener à bien ce mémoire de fin d'études.

Nous adressons nos plus sincères remerciements à notre encadrante M^{me} Keraghel Mehdiya Asma, pour son accompagnement précieux, sa disponibilité, ses conseils avisés ainsi que son soutien constant tout au long de la réalisation de ce travail. Son sérieux scientifique et son encouragement ont grandement contribué à l'aboutissement de ce mémoire.

Nous exprimons également notre profonde gratitude à notre Co-promoteur M. Otmani Housseyn pour son aide et ses orientations. Ses remarques constructives et son soutien ont été d'une grande importance dans la réussite de cette étude.

Nos remerciements les plus chaleureux s'adressent également aux membres du jury, et particulièrement à M^{me} Sengouga Amina pour nous avoir fait l'honneur de présider ce jury, ainsi qu'à M^{me} Khellil Nawel pour avoir accepté d'examiner et d'évaluer ce travail. Nous leur sommes reconnaissants pour le temps consacré à la lecture attentive de ce mémoire ainsi que pour leurs remarques et recommandations enrichissantes.

Nous tenons aussi à remercier Mademoiselle Sabrina Hamraras pour son aide précieuse, sa disponibilité et son soutien lors de la préparation de notre poster scientifique.

Nous adressons également nos sincères remerciements à l'ensemble des enseignants et formateurs de l'ENSSMAL, qui nous ont accompagnés tout au long de notre parcours universitaire. Grâce à leurs enseignements, leurs conseils et leur engagement, nous avons acquis les connaissances et les compétences indispensables à la réalisation de ce mémoire.

Enfin, nous exprimons notre gratitude à toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail et nous ont soutenus durant cette expérience académique.

Dédicaces

Je dédie ce mémoire avec tout mon amour et ma gratitude.

À mon encadrante, M^{me} Keraghel Mehdiya Asma, pour son accompagnement précieux, sa patience et ses conseils éclairés tout au long de ce travail.

À mon binôme Wissam, Merci pour tout ce que tu as fait pour moi durant ces cinq années. Ton soutien et ta présence ont été précieux tout au long de mon parcours.

Merci également à ta mère, Mme Arbia, pour sa gentillesse et son accueil chaleureux, qui m'ont fait sentir comme sa propre fille.

Merci à toi et à ta famille, du fond du cœur.

À ma très chère mère,

Il est difficile de trouver les mots pour exprimer ce que mon cœur ressent aujourd'hui. Toi qui as été ma première école, mon refuge, ma source de force et de courage, j'aurais tant souhaité que tu sois présente pour partager avec moi ce moment si précieux. Tu rêvais de me voir réussir, tu as porté mes espoirs avant même que je puisse les porter moi-même.

Je dédie humblement ce mémoire à ton âme pure. Que Dieu t'accorde Sa miséricorde infinie et t'accueille dans Son vaste paradis. Ton souvenir restera à jamais gravé en moi, et ton amour continuera d'éclairer ma vie.

À mon cher grand-père,

À toi qui as été bien plus qu'un grand-père : un père, un ami et un précieux soutien tout au long de ma vie. Merci pour ton amour, tes conseils et ta confiance qui m'ont toujours donné la force d'avancer. J'aurais tant aimé que tu sois présent pour partager avec moi ce moment. Ton absence laisse un vide immense, mais ton souvenir demeure vivant dans mon cœur. Que Dieu t'accorde Sa miséricorde et t'accueille dans Son vaste paradis.

À mon cher père,

À mon soutien dans cette vie, à mon premier amour et à mon modèle, à l'homme qui s'est battu pour moi et qui a sacrifié son confort et son bonheur afin de construire mon avenir. Merci Papa pour tout ce que tu as fait pour moi, pour ton accompagnement, tes sacrifices et ton amour inconditionnel. Tu as été pour moi un pilier essentiel dans ce parcours. Que Dieu te protège et te garde auprès de nous.

À ma chère grand-mère Mouna et à ma chère tante Khadidja,

Merci du fond du cœur pour votre amour, votre soutien et votre présence constante. Vous avez été pour moi comme des mères tout au long de mon parcours.

À mon cher frère Seddik,

Merci pour ton soutien constant et ta présence à mes côtés. Tu as été un appui précieux dans les moments difficiles.

À ma chère sœur Amira Marwa,

Merci pour ton encouragement et ton soutien tout au long de mes études. Ta présence a été une source de force et de motivation.

À ma cousine Khadidja et à son mari Oussama,

Merci pour votre aide, votre soutien et vos encouragements précieux.

À mes meilleures amies : Amina, Wissal et Rimaissa, pour leur présence rassurante et leur amitié sincère.

À moi-même, Anfel,

Merci pour ta persévérance, pour avoir surmonté les obstacles et continué malgré les difficultés. Merci de ne jamais avoir abandonné et d'avoir poursuivi tes rêves jusqu'au bout.

Je suis fière de toi.

Ce travail est le fruit d'un chemin que je n'ai jamais parcouru seule. À vous tous, merci du fond du cœur.

Anfel

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail, avec une immense émotion et une profonde gratitude, à toutes les personnes qui ont illuminé mon chemin par leur amour, leur présence et leurs prières.

À mes très chers parents, Arbia et Djilali

Vous êtes mon refuge, ma force et ma plus grande fierté. Merci pour tous les sacrifices consentis afin de me voir réussir, pour votre amour infini, votre patience, vos encouragements et vos prières. Si aujourd'hui j'arrive à cette étape importante de mon parcours, c'est grâce à vous. Que Dieu vous protège et vous accorde une longue vie pleine de santé, de bonheur et de sérénité.

À mes chers frères et sœur, Mohamed, Aboubaker et Safaa

Merci pour votre présence, votre soutien et tous les beaux moments partagés ensemble. Vous êtes une source de joie, de force et de bonheur dans ma vie. Que Dieu nous garde toujours unis.

À mes chers grands-parents

Du côté maternel comme paternel, merci pour votre amour, votre tendresse et vos prières. Que Dieu vous protège et vous accorde santé et bonheur.

À la mémoire de mes grands-parents paternels

Zu' Allah leur accorde Sa miséricorde et les accueille dans Son vaste paradis. Leur souvenir restera à jamais gravé dans mon cœur et dans mes prières.

À mes chères tantes Amina, Aïcha et Halima, ainsi qu'à tous mes oncles et tantes

Merci pour votre affection, votre bienveillance, vos conseils, vos encouragements et vos prières qui m'ont accompagnés tout au long de mon parcours.

À toute ma famille

Petits et grands, proches ou éloignés, merci pour votre amour sincère, votre confiance et vos encouragements qui m'ont toujours donné la force d'avancer.

À ma chère binôme Anfel et à sa famille

Merci à toi, Anfel, pour ta patience, ta compréhension, ton soutien et tous les efforts que nous avons partagés ensemble. Tu as été bien plus qu'une binôme, une véritable sœur de cœur durant cette aventure. Mes sincères remerciements à ton père Aissam ainsi qu'à ta grand-mère pour leur soutien et leur bienveillance. À ton grand-père, qu'Allah lui fasse miséricorde, qui a toujours été un grand soutien, présent par son attention, sa bienveillance et ses encouragements. Son souvenir restera à jamais gravé dans nos cœurs. Zu' Allah lui accorde Sa miséricorde et l'accueille dans Son paradis.

À M^{me} Mehdiya KERAHEL, mon encadrante,

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude pour son encadrement, ses conseils précieux, sa disponibilité et son soutien tout au long de ce travail.

À mes meilleures amies : Zahra, Fouzia, Aya et Hind

Merci pour votre sincérité, votre soutien, vos conseils et tous les souvenirs inoubliables que nous avons créés ensemble.

Votre présence a rendu ce parcours plus beau et plus léger.

Et enfin, à moi-même

Pour toutes les difficultés surmontées, les nuits de fatigue, les moments de doute et les efforts fournis pour arriver jusqu'ici. Pour ne jamais avoir abandonné malgré les obstacles. Aujourd'hui, je suis fière du chemin parcouru et de la personne que je suis devenue.

Je dédie ce travail avec tout mon amour, ma fierté et mon émotion.

LOUIS Wissam

Sommaire

Liste des figures	vi
Liste des tableaux	viii
Liste des abréviations.....	ix
Introduction	1
1 Chapitre I : Généralités	4
1.1 Les réserves naturelles	4
1.1.1 Définition légale précise.....	4
1.1.2 Les types de réserves naturelles	4
1.2 Les zones humides	5
1.2.1 Définition des zones humides	5
1.2.2 Types des zones humides	6
1.2.3 Importance des zones humides côtières	7
1.2.4 Pressions anthropiques sur les zones humides côtières.....	8
1.3 La Gestion Intégrée des Zones Côtières (GIZC).....	9
1.3.1 Définition et principes de la GIZC	9
1.3.2 Objectifs et outils de la GIZC	10
1.3.3 Rôle de la GIZC dans la préservation des zones humides	10
2 Chapitre II : Zone d'étude.....	12
2.1 Situation géographique et administrative	12
2.2 Choix de la zone d'étude.....	12
2.3 Présentation de la réserve naturelle de Réghaia	13
2.4 Caractéristiques de la réserve	16
2.4.1 Topographie	16
2.4.2 Climat.....	16
2.4.3 Hydrographie.....	17
2.4.4 Écologie et biodiversité	18
2.4.5 Pédologie	19
2.4.6 Pressions anthropiques exercées sur la réserve	19
3 Chapitre III : Matériels et méthodes	21
3.1 Matériels et logiciels utilisés	21
3.2 Élaboration de la carte topographique et hydrographique du bassin versant de Réghaïa	21

3.3	Cartographie de l'Occupation du Sol (OS)	23
3.3.1	Echelle	23
3.3.2	Données utilisées	23
3.3.3	Etapes de travail	24
3.4	Etude diachronique du trait de côte	25
3.4.1	Choix de la zone d'étude	25
3.4.2	Choix des dates d'analyse	25
3.4.3	Données utilisées	26
3.4.4	Précision et incertitudes	26
3.4.5	Étapes de traitement	27
4	Chapitre IV : Résultats et discussions	30
4.1	Etude de l'occupation du sol	30
4.1.1	Occupation du sol à l'échelle du bassin versant	30
4.1.2	Occupation du sol à l'échelle communale	35
4.1.3	Occupation du sol à l'échelle de la réserve	48
4.2	Etude diachronique du trait de côte	64
4.2.1	Période 1980–2003	64
4.2.2	Période 2003–2015	64
4.2.3	Période 2015–2025	65
4.2.4	Période 2003–2025	66
4.2.5	Période 1980–2025	66
	Conclusion	73
	Bibliographie	77
	Annexes	I
	Annexe 01	I
	Annexe 02	III
	Annexe 03	IV
	Annexe 04	V
	Annexe 05	VI
	Annexe 06	VIII
	Annexe 07	IX
	Résumé	

Liste des figures

Figure 1 : Les principaux types des zones humides rencontrés sur un bassin-versant (Maltby, 2009).....	6
Figure 2 : Quelques espèces caractéristiques de la biodiversité de la réserve naturelle de Réghaïa	8
Figure 3 : Carte de la situation géographique et la délimitation de la réserve naturelle de Réghaïa (en rouge : site Ramsar ; en vert : délimitation selon (Larid, 2015)), réalisée à partir d'une image Sentinel-2 du 13/01/2026 (composition en vraies couleurs)	13
Figure 4 : Vues photographiques de la réserve naturelle de Réghaïa (photos prises sur terrain)	14
Figure 5 : Carte des limites de protection de la réserve naturelle de Réghaïa (zone centrale, zone tampon et zone de transition), issues du plan de gestion 2016, ainsi que des bandes réglementaires introduites par la loi 02-02 (100m, 300m, 800m, 3km) (Benabdi, 2015).....	15
Figure 6 : Carte topographique et hydrographique du bassin versant de Réghaïa.....	17
Figure 7 : Schéma récapitulatif des pressions anthropiques exercées sur la réserve	19
Figure 8 : Schéma des étapes de réalisation de la carte topographique et hydrographique du bassin versant de Réghaïa avec les communes limitrophes	22
Figure 9 : Schéma des étapes de réalisation des cartes d'occupation du sol.....	25
Figure 10 : Carte de l'occupation du sol du bassin versant de Réghaïa (2025)	30
Figure 11 : Répartition des classes d'occupation du sol par commune selon bassin versant en 2025	34
Figure 12 : Carte de l'occupation du sol des communes limitrophes (2007)	37
Figure 13 : Carte de l'occupation du sol des communes limitrophes (2017)	38
Figure 14 : Carte de l'occupation du sol des communes limitrophes (2025)	40
Figure 15 : Évolution des pourcentages d'occupation du sol entre 2007 et 2025.....	41
Figure 16 : Pourcentages d'occupation du sol selon les communes en 2007	43
Figure 17 : Pourcentages d'occupation du sol selon les communes en 2017	43
Figure 18 : Pourcentages d'occupation du sol selon les communes en 2025	43

Figure 19 : Occupation du sol selon les zones réglementaires en 2007	46
Figure 20 : Occupation du sol selon les zones réglementaires en 2017	47
Figure 21 : Occupation du sol selon les zones réglementaires en 2025	47
Figure 22 : Carte d'occupation du sol de la zone de 1 km autour de la réserve naturelle de Réghaia (Année 2007).....	49
Figure 23 : Carte d'occupation du sol de la zone de 1 km autour de la réserve naturelle de Réghaia (Année 2017).....	51
Figure 24 : Carte d'occupation du sol de la zone de 1 km de la réserve naturelle de Réghaia (Année 2025).....	53
Figure 25 : Evolution de l'occupation du sol entre 2007 et 2025	57
Figure 26 : Répartition de l'occupation du sol dans la zone centrale terrestre en 2007, 2017 et 2025	59
Figure 27 : Répartition de l'occupation du sol dans la zone tampon terrestre en 2007, 2017 et 2025	59
Figure 28 : Occupation du sol selon les zones réglementaires en 2007	62
Figure 29 : Occupation du sol selon les zones réglementaires en 2017	62
Figure 30 : Occupation du sol selon les zones réglementaires en 2025	62
Figure 31 : Cartographie de l'évolution du trait de côte selon l'indicateur NSM et distribution des taux d'évolution EPR entre 1980 et 2003	67
Figure 32 : Cartographie de l'évolution du trait de côte selon l'indicateur NSM et distribution des taux d'évolution EPR entre 2003 et 2015	68
Figure 33 : Cartographie de l'évolution du trait de côte selon l'indicateur NSM et distribution des taux d'évolution EPR entre 2015 et 2025	69
Figure 34 : Cartographie de l'évolution du trait de côte selon l'indicateur NSM et distribution des taux d'évolution EPR entre 2003 et 2025	70
Figure 35 : Cartographie de l'évolution du trait de côte selon l'indicateur NSM et distribution des taux d'évolution EPR entre 1980 et 2025	71

Liste des tableaux

Tableau 1 : Synthèse de l'importance des zones humides côtières.....	7
Tableau 2 : Superficies des différentes zones de la réserve naturelle (Benabdi, 2015)	15
Tableau 3 : Caractéristiques des cours d'eau (Source : ANRH)	18
Tableau 4 : Sources et caractéristiques des images utilisées.....	24
Tableau 5 : Données utilisées pour l'analyse diachronique de l'évolution du trait de côte	26
Tableau 6 : Distribution des superficies par classe d'occupation du sol – 2025.....	31
Tableau 7 : Distribution des superficies et pourcentages des classes d'occupation du sol selon bassin versant en 2025.....	34
Tableau 8 : Superficies et pourcentages des classes d'occupation du sol (2007)	37
Tableau 9: Evolution de la démographie des communes étudiées d'Alger (ONS, 2020)	39
Tableau 10 : Superficies et pourcentages des classes d'occupation du sol (2017)	39
Tableau 11 : Superficies et pourcentages des classes d'occupation du sol (2025)	41
Tableau 12 : Distribution des superficies et pourcentages des classes d'occupation du sol selon les communes (2007, 2017 et 2025).....	44
Tableau 13 : Évolution de l'occupation du sol selon les zones de la loi 02-02.....	48
Tableau 14 : Répartition de l'occupation du sol en 2007, 2017 et 2025	56
Tableau 15 : Évolution de l'occupation du sol dans la zone centrale et la zone tampon terrestre (2007, 2017 et 2025)	59
Tableau 16 : Évolution de l'occupation du sol selon les zones de la loi 02-02 (2007, 2017 et 2025).....	63
Tableau 17 : Bilan surfacique comparatif des zones en érosion et en accrétion pour les différentes périodes d'étude	71
Tableau 18 : Tableau récapitulatif des Aires Protégées en Algérie. Source : (Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, 2002).....	I
Tableau 19 : Les zones humides d'Algérie inscrits sur la liste de la convention de Ramsar des zones humides d'importance internationale entre 1983 et 2004.	III
Tableau 20 : Tableau représentatif des différentes zones de la réserve naturelle de Réghaia avec leur Superficies et nature juridique.	IV
Tableau 21 : Les types de zones humides se trouvant dans le site de Réghaia.	V
Tableau 22 : Historique du site de Réghaia (source : Grimes (2013) in (Benabdi, 2015)).	VI

Liste des abréviations

ADSP	Analyse de Durabilité et Prospective
ANRH	Agence Nationale des Ressources Hydrauliques
APPL	Agence de Promotion et de Protection du Littoral
CE	Communauté Européenne
DBO5	Demande Biochimique en Oxygène sur 5 jours
DCO	Demande Chimique en Oxygène
DDT	Dichloro-Diphényl-Trichloroéthane
DGPS	Differential Global Positioning System
DSAS	Digital Shoreline Analysis System
E.N.I.P.E.C	Entreprise Nationale de l'Industrie des Peaux et Cuirs
EPR	End Point Rate
EPSG	European Petroleum Survey Group
ESRI	Environmental Systems Research Institute
GE Historical Imagery	Google Earth Historical Imagery
GIZC	Gestion Intégrée des Zones Côtières
PO₄³⁻	Ion phosphate
MNT	Modèle Numérique de Terrain
NH₄⁺	Ion ammonium
NGA	Nivellement Générale de l'Algérie
NSM	Net Shoreline Movement
OPIM	Office des Périmètres Irrigués de la Mitidja
OS	Occupation du Sol
PAC	Plan d'Aménagement Côtier
POS	Plan d'Occupation des Sols
SIG	Système d'information géographique
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
STEP	Station d'épuration des Eaux usées
SWOT	Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats
UNCY	Uncertainty (incertitude du trait de côte)
USGS	United States Geological Survey
ZET	Zone d'Extension Touristique

Introduction

Introduction

Les zones humides constituent des écosystèmes d'une importance capitale à l'échelle mondiale, en raison de leur richesse biologique exceptionnelle et des nombreux services écosystémiques qu'elles assurent (Mitsch et al., 2015; Zedler and Kercher, 2005). Situées à l'interface entre les milieux terrestres et aquatiques, elles abritent une biodiversité remarquable et jouent un rôle essentiel dans la régulation des régimes hydrologiques, la prévention des inondations, l'épuration naturelle des eaux, le stockage du carbone ainsi que la protection des littoraux contre l'érosion (Maltby and Acreman, 2011). Les zones humides côtières, en particulier, représentent des espaces stratégiques où s'exercent des interactions complexes entre les milieux marins et continentaux, contribuant à une grande diversité écologique et à des fonctions socio-économiques importantes.

Ces écosystèmes fragiles sont aujourd'hui soumis à de fortes pressions anthropiques. L'urbanisation rapide, l'extension des activités agricoles, les rejets industriels et domestiques ainsi que les effets du changement climatique contribuent à leur dégradation progressive. Face à ces menaces, plusieurs zones humides ont été classées en aires protégées afin d'assurer leur conservation. À l'échelle nationale, l'Algérie dispose d'un patrimoine riche en zones humides, dont la réserve naturelle de Réghaïa qui a été classée comme site Ramsar en 2003 (zone humide d'importance internationale) et qui est en cours de classement nationale depuis 1999, témoignant de sa valeur écologique et de sa richesse biologique.

La réserve naturelle de Réghaïa constitue un écosystème côtier unique en Algérie, caractérisé par la diversité de ses milieux naturels, allant des zones marécageuses et lacustres aux écosystèmes dunaires et marins. Elle abrite une biodiversité remarquable, notamment une avifaune riche et diversifiée, ainsi qu'un patrimoine floristique important. Néanmoins, plusieurs études ont mis en évidence une dégradation progressive de ses écosystèmes, caractérisée par la réduction des habitats naturels, la pollution des eaux et la perturbation de la biodiversité (Ahriz et al., 2010; Bouchelouche et al., 2021). Ces constats font de cette réserve un espace stratégique nécessitant une gestion durable et adaptée (Benabdi, 2015). Dans ce contexte, la Gestion Intégrée des Zones Côtières (GIZC) s'impose comme une approche incontournable visant à concilier le développement socio-économique et la préservation de l'environnement pour une gestion durable des zones littorales, notamment celles abritant des zones humides sensibles comme la réserve de Réghaïa (Khelil, 2021).

Consciente de l'importance de ces zones sensibles, l'Algérie a mis en place un cadre réglementaire visant à assurer leur protection, notamment à travers la loi n° 02-02 relative à la protection et à la valorisation du littoral ainsi que la loi n° 11-02 relative aux aires protégées. Malgré ces efforts, ces milieux restent exposés à de fortes pressions anthropiques.

Dans ce contexte, la problématique de ce mémoire s'inscrit dans l'étude des pressions anthropiques exercées sur la réserve naturelle de Réghaïa, en mettant l'accent sur l'analyse diachronique de l'occupation du sol entre 2007 et 2025 et ce à trois échelles différentes ; celle du bassin versant de l'oued Reghaia, celle des communes limitrophes ainsi que celle de la réserve naturelle. Dans un second temps, ce mémoire analyse l'évolution du trait de côte entre 1980 et 2025 afin d'étudier l'impact de ces transformations paysagères du littoral sur les équilibres sédimentaires côtiers. Ce travail constitue un outil essentiel pour comprendre les dynamiques territoriales et proposer des mesures de gestion adaptées.

Ce document est structuré en quatre chapitres :

- **Le premier chapitre** est dédié aux notions générales et aux définitions des concepts abordés dans cette étude. Il traite notamment des réserves naturelles, des zones humides et des principes de la Gestion Intégrée des Zones Côtières (GIZC).
- **Le deuxième chapitre** présente la zone d'étude en abordant sa situation géographique et administrative ainsi qu'une présentation succincte de la réserve naturelle de Réghaïa.
- **Le troisième chapitre** décrit les données utilisées et les méthodes appliquées, incluant les logiciels utilisés, l'élaboration des différentes cartes d'occupation du sol, ainsi que l'étude diachronique du trait de côte.
- **Enfin, le quatrième chapitre** regroupe les résultats obtenus, leur analyse et leur interprétation, en mettant l'accent sur l'étude de l'occupation du sol à différentes échelles (bassin versant, communale et réserve).

Généralités

1 Chapitre I : Généralités

Ce chapitre a pour objectif de définir les notions de réserves naturelles et de zones humides, de présenter leurs nombreuses fonctions, les menaces qui pèsent sur elles et les stratégies de gestion appropriées à ces zones. Ce contenu théorique contribuera à mieux appréhender les analyses développées dans les chapitres suivants.

1.1 Les réserves naturelles

Les réserves naturelles relèvent du cadre global des aires protégées, mises en place par l'État pour garantir une protection stricte de la biodiversité, des écosystèmes fragiles et du patrimoine naturel contre les dégradations d'origine humaine. En Algérie, la loi n° 11-02 du 17 février 2011 relative aux aires protégées dans le cadre du développement durable établit leur cadre juridique. Cette loi les reconnaît comme des instruments essentiels de conservation in-situ. D'après l'article 2 de cette législation, on définit les aires protégées, qui se déclinent en sept catégories, comme « le territoire de tout ou partie d'une ou de plusieurs communes ainsi que les zones relevant du domaine public maritime soumis à des régimes particuliers fixés par la présente loi pour la protection de la faune, de la flore et d'écosystèmes terrestre, lacustre, côtier et/ou marin concernés » (Loi n° 11-02, 2011).

1.1.1 Définition légale précise

Selon l'article 10 de la loi n° 11-02, « La réserve naturelle est un espace institué à des fins de conservation, de protection et/ou de restauration des espèces de faune, de flore, des écosystèmes et des habitats. Sur le territoire de la réserve naturelle, toutes les activités humaines sont réglementées ». Elle impose un zonage obligatoire (zone centrale, zone tampon et une zone de transition) et interdit les activités destructrices (chasse, exploitation minière, constructions...etc.). L'institution se fait par décret exécutif, avec approbation du wali pour les superficies locales.

D'après les sources institutionnelles du secteur de l'environnement, le nombre de réserves naturelles officiellement recensées en Algérie reste restreint, se limitant à cinq sites (Annexe 01), ce qui souligne les enjeux liés à la conservation du patrimoine naturel (Saadali, 2019).

1.1.2 Les types de réserves naturelles

La loi n° 11-02 distingue trois catégories principales de réserves naturelles selon leur niveau de protection et de gestion :

- **La réserve naturelle intégrale** : assure une protection absolue d'écosystèmes rares ou de spécimens de faune/flore exceptionnels, avec accès strictement réservé aux recherches scientifiques autorisées. Elle est instituée par voie législative et interdit toute activité humaine, y compris pâturage, fouille ou construction...etc.
- **La réserve naturelle** : Cette aire protégée est établie dans le but de conserver, protéger et/ou restaurer les espèces animales et végétales, les écosystèmes ainsi que leurs habitats naturels, avec zonage obligatoire (centrale-tampon-transition). Elle est créée par décret exécutif.
- **La réserve de gestion des habitats et des espèces** : Cette catégorie d'aire protégée vise à préserver les espèces et leurs milieux de vie, en maintenant les conditions écologiques indispensables à la sauvegarde et à la protection de la diversité biologique. Elle concerne souvent des sites dégradés nécessitant des interventions correctives et est créée par arrêté du wali.

1.2 Les zones humides

1.2.1 Définition des zones humides

La Convention de Ramsar, adoptée en 1971 en Iran, vise à assurer la protection et la conservation des zones humides à l'échelle internationale. Les articles 1.1 et 1.2 proposent une définition volontairement large de ces milieux. Conformément à l'article 1.1, ces milieux englobent des étendues de marais, de fagnes, de tourbières ou de plans d'eau, qu'ils soient naturels ou artificiels, permanents ou temporaires. Les eaux qui les composent peuvent être stagnantes ou courantes, douces, saumâtres ou salées, et incluent également les étendues d'eaux marines dont la profondeur à marée basse ne dépasse pas six mètres. Par ailleurs, afin de garantir la cohérence écologique des sites inscrits sur la Liste des zones humides d'importance internationale, l'article 2.1 précise que ces zones peuvent intégrer des secteurs riverains ou côtiers adjacents, ainsi que des îles ou des étendues d'eaux marines d'une profondeur supérieure à six mètres à marée basse, lorsqu'elles sont entièrement entourées par la zone humide (Convention sur les zones humides, 2007).

L'Algérie, faisant partie des pays ayant ratifié cette convention (Annexe 02), définit la zone humide comme tout espace caractérisé par la présence d'eau douce, saumâtre ou salée, permanente ou temporaire, en surface ou à faible profondeur dans le sol, stagnante ou courante, naturelle ou artificielle. Située en interface entre milieux terrestres et aquatiques, elle abrite de façon continue ou momentanée des espèces végétales et/ou animales (Loi n° 11-02, 2011). En

effet, une végétation spéciale s'y développe, faite pour supporter l'inondation quasi constante (Zedam, 2018). Ces zones forment souvent un patchwork d'écosystèmes très connectés, rempli d'écotones (zones de transition riches en vie) (Ramade, 2008).

1.2.2 Types des zones humides

Pour organiser la grande diversité des zones humides incluses dans la définition de la Convention de Ramsar (Annexe 02), (Scott, 1989) a proposé une classification détaillée des zones humides, qui repose sur 30 types de zones humides naturelles et neuf types de zones humides artificielles. Cependant, pour simplifier et bien comprendre la grande diversité des zones humides, on peut regrouper ces différents types dans cinq grands systèmes de zones humide (Barbier et al., 1997) (Figure 1) :

- **Estuaires** : ces zones sont celles où des fleuves arrivent à la mer et où on retrouve une alternance d'eau douce et d'eau salée. C'est le cas des deltas, des vasières et des prés salés.
- **Milieu marin** : ce sont des zones littorales qui ne sont pas directement influencées par des fleuves. C'est le cas des côtes et des récifs coralliens.
- **Milieu riverain** : ce sont des zones qui longent des fleuves et qui sont périodiquement inondées. C'est le cas des prairies humides, des forêts inondées et des lacs de méandres.
- **Milieu palustre** : ce sont des zones qui comportent des eaux plus ou moins permanentes et qui sont souvent végétalisées. C'est le cas des marécages à papyrus, des marais et des fagnes.
- **Milieu lacustre** : ce sont des zones d'eau stagnante et permanente. par exemple, mares, lacs de cuvettes, lacs de cratères volcaniques.

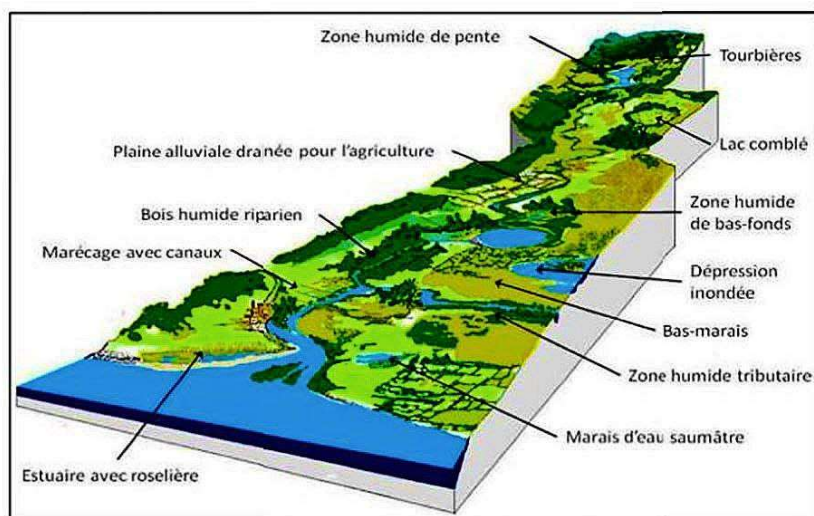


Figure 1 : Les principaux types des zones humides rencontrés sur un bassin-versant (Maltby, 2009)

1.2.3 Importance des zones humides côtières

Les zones humides côtières représentent des écosystèmes d'interface majeurs, dont la diversité des fonctions justifie pleinement leur prise en compte prioritaire dans les stratégies d'aménagement du littoral. Par leurs rôles écologiques, hydrologiques, socio-économiques et paysagers, ces milieux constituent des composantes essentielles de toute démarche de gestion durable et intégrée des espaces côtiers (Tableau 1).

Tableau 1 : Synthèse de l'importance des zones humides côtières

Aspect	Description scientifique
Rôle écologique (biodiversité et habitats)	Les zones humides représentent des milieux favorables à une grande diversité biologique, laquelle dépend étroitement de la variabilité des conditions hydriques qui les caractérisent. Elles jouent également un rôle fondamental dans l'alimentation et la reproduction de nombreuses espèces animales, notamment les oiseaux ainsi que les micro- et macro-invertébrés Figure 2 (Boudjada and Boutaleb, 2021).
Rôle hydrologique et climatique	Ces milieux jouent un rôle essentiel dans le fonctionnement du cycle hydrologique en assurant le stockage temporaire des eaux, les échanges entre les eaux de surface et les nappes souterraines, ainsi que la régulation des crues (Boudjada and Boutaleb, 2021). Par ailleurs, les zones humides interviennent dans les échanges eau-atmosphère (Barbier et al., 1997).
Rôle socio-économique	« Les zones humides qui bordaient certains des plus grands fleuves du monde ont été le berceau des grandes civilisations de l'histoire » (Barbier et al., 1997). Ces zones humides sont une source de poissons (pêche) et d'eau potable, elles alimentent les pâturages, les élevages et les cultures, et servent au transport. Les systèmes de zones humides assurent directement les besoins de millions de personnes et fournissent des biens et services aux régions situées en dehors des zones humides, notamment via les loisirs nautiques, la chasse et l'aquaculture.
Importance dans l'aménagement du littoral	Dans le contexte côtier, les zones humides jouent le rôle de zones tampons naturelles entre la mer et les espaces continentaux. Elles participent à la protection du littoral contre l'érosion, les submersions marines et les événements extrêmes, ce qui en fait des éléments clés à intégrer dans les stratégies d'aménagement durable et de gestion intégrée des zones côtières (Conservatoire du littoral, 2014).



Figure 2 : Quelques espèces caractéristiques de la biodiversité de la réserve naturelle de Réghaïa

1.2.4 Pressions anthropiques sur les zones humides côtières

Les zones humides situées le long des littoraux sont exposées à de nombreuses pressions d'origine humaine, qui compromettent à la fois leur équilibre écologique et le bon fonctionnement de leurs services environnementaux.

Depuis longtemps, les zones humides ont été occupées et transformées par les activités humaines, entraînant au fil du temps la disparition de plus de la moitié de ces écosystèmes à l'échelle mondiale (Saifouni, 2021). L'expansion urbaine et le développement des infrastructures fragmentent les habitats naturels, morcellent l'espace et perturbent les continuités écologiques, compromettant ainsi le maintien de la faune, de la flore et des fonctions essentielles des zones humides (Bernard and Girardin, 2011).

L'intensification de l'agriculture et la création de polders entraînent un apport excessif de matières organiques et de substances chimiques telles que les pesticides et herbicides, qui peuvent s'accumuler dans les zones humides ou être transportées vers les eaux côtières, perturbant les chaînes alimentaires (Gouga, 2015). Par ailleurs, les opérations d'assèchement et de drainage visant à accroître les surfaces cultivables réduisent la superficie de ces milieux et compromettent leurs fonctions naturelles de filtration et de régulation hydrologique (Mitsch and Gosselink, 2007).

Les rejets d'origine industrielle, tels que les hydrocarbures et les métaux lourds, ainsi que ceux provenant de l'agriculture — nitrates, phosphates et pesticides ou des activités domestiques, favorisent l'eutrophisation et entraînent la dégradation voire la disparition des communautés biologiques. De plus, les remblais et dépôts divers réduisent la superficie des zones humides tout en contaminant les sols et les eaux environnantes (Saifouni, 2021).

Les aménagements hydroélectriques, tels que les barrages, ainsi que la rectification des cours d'eau et la construction de routes et de canaux, perturbent le régime hydrologique naturel, modifient les nappes phréatiques et interrompent les continuités écologiques, entraînant la disparition progressive de nombreuses zones humides alluviales (Annani, 2013).

1.3 La Gestion Intégrée des Zones Côtières (GIZC)

1.3.1 Définition et principes de la GIZC

La GIZC est définie comme un processus dynamique qui réunit le gouvernement et la société, les sciences et les décideurs, ainsi que les intérêts publics et privés, en vue de la protection et du développement des systèmes et ressources côtières (Chelghoum, 2012).

La Gestion Intégrée des Zones Côtières (GIZC) correspond à une démarche évolutive et permanente visant à assurer un développement durable des espaces littoraux, en conciliant les dimensions environnementale, économique et sociale. Cette approche s'appuie sur un ensemble de principes directeurs définis par la Recommandation du Parlement européen et du Conseil (2002/413/CE), qui mettent l'accent sur l'approche territoriale, la coordination entre les différents secteurs d'activité, la participation des acteurs concernés, l'appui sur les connaissances scientifiques, la prévention des risques, la transparence et l'accès à l'information, ainsi que la coopération à l'échelle internationale (Khelil, 2021).

1.3.2 Objectifs et outils de la GIZC

L'objectif premier est d'évaluer et d'améliorer le niveau de durabilité des zones côtières en anticipant les évolutions futures (prospective).

Pour ce faire, la GIZC utilise des outils spécifiques :

- **L'Analyse de Durabilité et Prospective (ADSP)** : Une méthode basée sur des indicateurs multithématiques permettant de mesurer l'état de santé du territoire.
- **Les indicateurs d'artificialisation** : Des outils de mesure précis pour suivre l'étalement urbain et la perte des espaces naturels.
- **Diagnostic territorial** : Étape préalable pour réaliser le diagnostic du territoire et créer une vision partagée.
- **Cartographie des acteurs** : Identification et cartographie des parties prenantes pour la coordination.
- **Plan d'action avec financement** : Élaboration du plan d'action avec porteurs, financement et sources potentielles.
- **Suivi / Évaluation** : Mécanisme de suivi et évaluation des actions du plan GIZC local (Programme Économie Bleue, Pêche et Aquaculture en Algérie, 2024).
- **Les projets pilotes** : Comme le Projet d'Aménagement Côtier (PAC), servant de laboratoires pour tester ces approches à l'échelle locale (Khelil, 2021).

1.3.3 Rôle de la GIZC dans la préservation des zones humides

La GIZC joue un rôle stratégique dans la protection des zones humides en substituant à la gestion sectorielle traditionnelle une approche intersectorielle qui arbitre les conflits d'usage entre urbanisation, activités économiques et conservation naturelle. Elle met en œuvre des outils de diagnostic précis tels que l'analyse SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) et des indicateurs composites (naturalité, pression anthropique) permettant d'évaluer l'état de santé des écosystèmes et d'anticiper leur dégradation.

Parallèlement, la GIZC assure l'application effective de la réglementation (La loi n°02-02 du 5 février 2002 relative à la protection et à la valorisation du littoral) via un zonage contraignant des bandes de recul (100-300 m) qui préserve les barrières naturelles essentielles comme les cordons dunaires séparant les lagunes des plages. Enfin, en mobilisant l'ensemble des acteurs locaux autour d'un projet territorial partagé, elle garantit que les activités de valorisation économique (écotourisme notamment) restent compatibles avec la survie des espèces patrimoniales (Chelghoum, 2012).

Zone d'étude

2 Chapitre II : Zone d'étude

Ce chapitre vise à présenter notre zone d'étude, à savoir la Réserve naturelle de Réghaïa. Ce site Ramsar, doté de caractéristiques écologiques et hydrologiques diversifiées, constitue un cadre idéal pour analyser les enjeux de conservation des zones humides côtières en Algérie. La présentation inclura sa situation géographique et administrative, les critères de choix de cette zone, les caractéristiques principales de la réserve ainsi qu'une analyse des pressions anthropiques qui la menacent.

2.1 Situation géographique et administrative

La réserve naturelle du lac de Réghaïa est localisée sur le littoral méditerranéen, à environ 30 km à l'est de la capitale Alger et à 14 km de la ville de Boumerdès, à l'extrémité nord-orientale de la plaine de la Mitidja. Elle s'inscrit entre les longitudes 3°19' et 3°21' Est et les latitudes 36°45' et 36°48' Nord. Le site est délimité au nord par la mer Méditerranée (baie de Zemmouri), à l'est par Boudouaou (à Boumerdès), au sud par l'oued Réghaïa et la commune de Ouled Hadjadj et à l'ouest par les communes d'Aïn Taya, Heraoua et Rouiba (à Alger). D'un point de vue administratif, elle appartient à la wilaya d'Alger, à la circonscription administrative de Rouiba, et se répartit sur les territoires communaux de Réghaïa et de Heraoua. L'accès au site est principalement assuré par la route nationale n°24 reliant Aïn Taya à Boumerdès, ainsi que par les voies menant aux plages d'El Kadous (ouest) et de Réghaïa (est) (Figure 3).

2.2 Choix de la zone d'étude

La zone côtière et humide de Réghaïa constitue l'un des derniers bastions patrimoniaux naturels du littoral central algérien. Alors que le littoral algérois est urbanisé à plus de 80%, entraînant la dégradation quasi-systématique des cordons dunaires, forêts et maquis littoraux, Réghaïa préserve un complexe écosystémique unique associant mer, îlots, plage sableuse, lac et marécages interconnectés (Benabdi, 2015).

Située dans le littoral est algérois, à seulement 30 km d'Alger et intégrée à l'aire métropolitaine, cette réserve présente des enjeux écologiques et socio-économiques majeurs. Ce milieu lacustre et marécageux subit des pressions anthropiques intenses (urbanisation, agriculture, industrie, tourisme...) (Thibault, 2006). Son caractère exceptionnel, sa rareté régionale et l'intérêt particulier des pouvoirs publics (classement Ramsar 2003) justifient pleinement son choix comme zone d'étude prioritaire pour analyser les enjeux de conservation des zones humides périurbaines méditerranéennes.

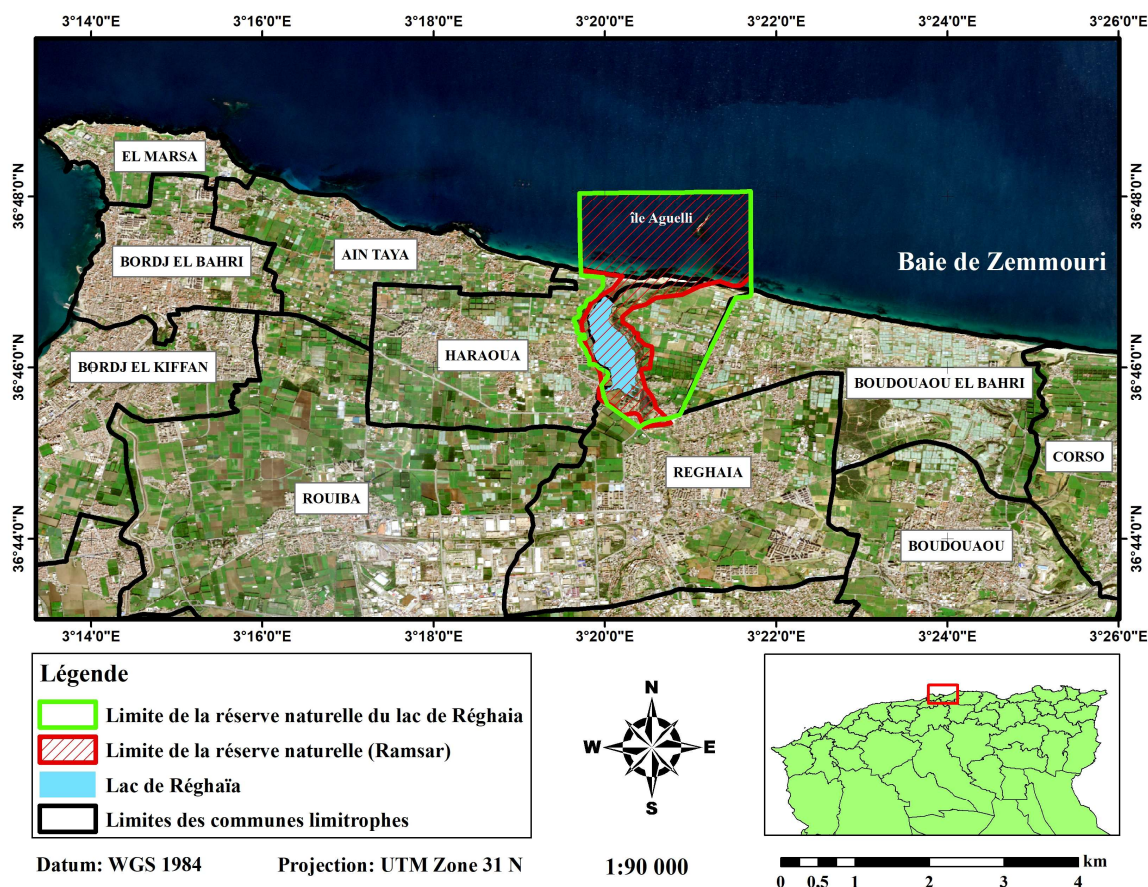


Figure 3 : Carte de la situation géographique et la délimitation de la réserve naturelle de Réghaia (en rouge : site Ramsar ; en vert : délimitation selon (Larid, 2015)), réalisée à partir d'une image Sentinel-2 du 13/01/2026 (composition en vraies couleurs)

Par ailleurs, la réserve a servi de site pilote pour le développement d'un plan de gestion basé sur l'approche GIZC en Algérie, ce qui renforce davantage son intérêt scientifique et opérationnel dans le cadre de cette étude.

2.3 Présentation de la réserve naturelle de Réghaia

La réserve naturelle de Réghaia se situe à l'embouchure de l'oued Réghaia et constitue le dernier témoin des marécages qui recouvraient autrefois la Mitidja Figure 4. Classé Ramsar n°1304 en 2003 sur 842 ha officiels (englobant marais et partie maritime jusqu'à l'île Agueli), le site présente un lac permanent de 75 ha (plan d'eau) au sein d'un complexe total estimé à 1 100 ha continentale et marine (Convention Ramsar, 2019) (Annexe 03). L'embouchure est protégée par un cordon de dunes, et une digue construite à environ 600 mètres en amont retient les eaux, permettant la formation d'un plan d'eau permanent d'environ cent hectares. Entre la digue et les dunes, un marais partiellement drainé s'étend, tandis que les pentes de l'oued sont couvertes de maquis. Aux alentours, les terrains sont principalement urbanisés ou consacrés à l'agriculture.



Figure 4 : Vues photographiques de la réserve naturelle de Réghaïa (photos prises sur terrain)

Depuis 1983, le Centre Cynégétique de Réghaïa, relevant du Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, est implanté sur la rive est du lac. Une station de pompage des eaux d'irrigation ainsi qu'une station d'épuration des eaux ont également été implantées à proximité.

La partie marine représente la moitié de la réserve et comprend la petite île rocheuse d'Agueli (212 m²), située à un kilomètre de la côte. Le site s'étire sur plus de trois kilomètres du nord au sud et sur plusieurs centaines de mètres de largeur, offrant une mosaïque de milieux naturels rares et précieux pour la biodiversité (Thibault, 2006). La réserve naturelle de Réghaïa comprend donc des zones humides lacustres (lac), palustres (marais Mitidja) et marin (île Agueli + mer) (Annexe 04), illustrant la variété des environnements aquatiques côtiers ainsi que leur importance pour la régulation hydrologique et le maintien de la biodiversité.

Il est important de signaler que ce site a fait d'objet d'une préservation officielle depuis 1999 via l'arrêté n° 1844 de la wilaya d'Alger qui classe le site pour la première fois comme réserve naturelle. Depuis son instauration, plusieurs actions ont été entreprises pour la conservation de la réserve notamment la mise en place de plusieurs plans de gestion (CAR/ASP - PNUE/PAM,

2015; DGF and MedWet, 2006) ainsi que son intégration dans le Schéma directeur en 2019 (Annexe 05). Les limites actuelles des trois zones de protection introduites par la loi 11-02 (zone centrale, zone tampon et une zone de transition) sont présentées sur (Figure 5) et le (Tableau 1). Ces nouvelles dispositions se sont officialisées via un nouvel arrêté de Wilaya paru en décembre 2025.

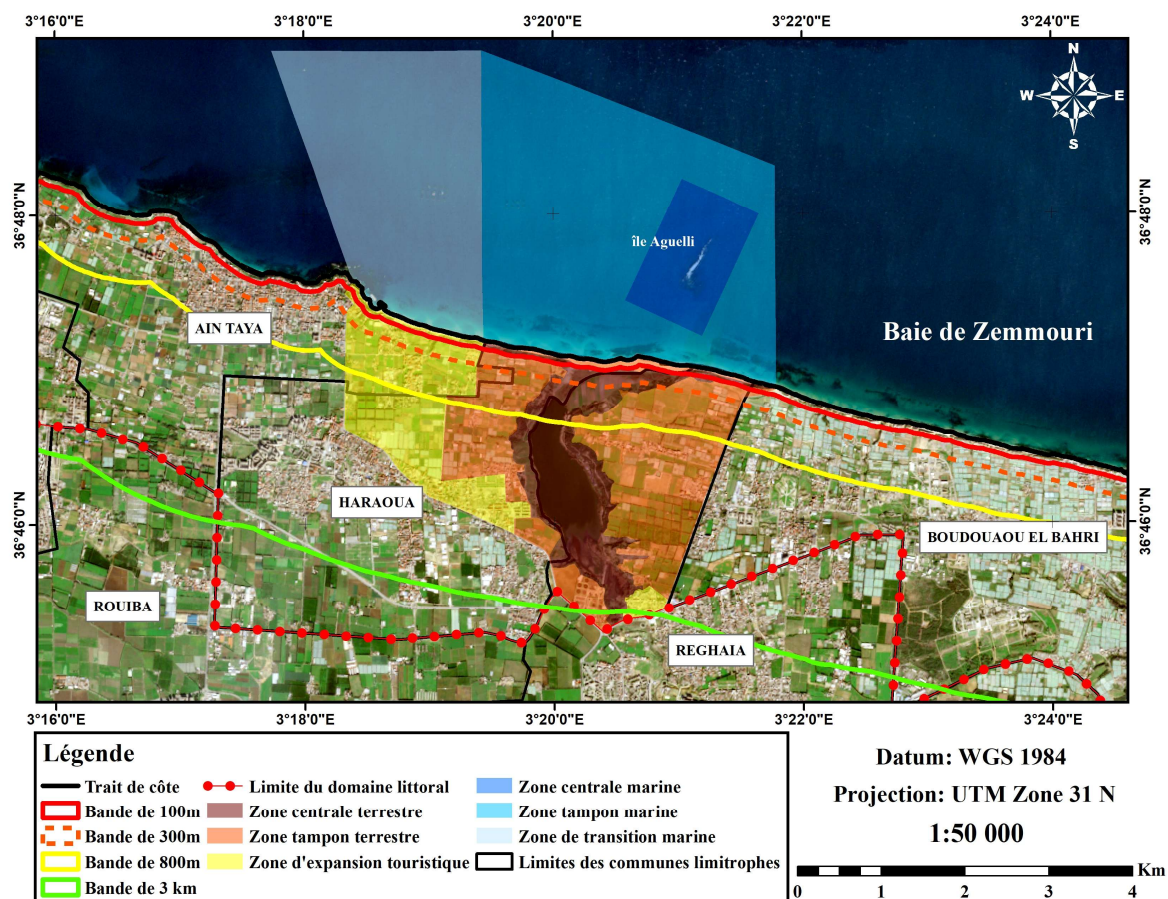


Figure 5 : Carte des limites de protection de la réserve naturelle de Réghaia (zone centrale, zone tampon et zone de transition), issues du plan de gestion 2016, ainsi que des bandes réglementaires introduites par la loi 02-02 (100m, 300m, 800m, 3km) (Benabdi, 2015)

Tableau 2 : Superficies des différentes zones de la réserve naturelle (Benabdi, 2015)

	Partie Marine (Hectare)	Partie continentale (Hectare)	Total (Hectare)
Zone centrale	163,201	267,872	431,073
Zone tampon	899,454	498,655	1398,109
Zone de transition	631,034	299,441 (ZET)	930,475
Total	1693,7	1065,968	2759,657

ZET (Zone d'expansion touristique)

2.4 Caractéristiques de la réserve

La réserve naturelle de Réghaïa se distingue par ses caractéristiques géomorphologiques, hydrologiques, écologiques et biologiques essentielles qui déterminent son fonctionnement et sa valeur environnementale exceptionnelle. Elle se distingue également par sa valeur paysagère et touristique exceptionnelle, due à son patrimoine paysager diversifié et unique. Cette richesse résulte de la juxtaposition harmonieuse de multiples composantes écologiques : littoral marin, lac d'eau douce, forêt de maquis, terres agricoles et marais associés (Akkouche and Mahdjoub Araibi, 2016).

2.4.1 Topographie

Le plan d'eau permanent se situe à +4 m NGA, avec des profondeurs variant de quelques centimètres à 6 m. Les berges présentent des pentes douces à nulles (0-3%), tandis que l'altitude s'élève localement jusqu'à 35 m sur les collines environnantes. L'allongement principal du lac s'oriente Nord-Sud, le maquis colonisant les pentes raides (12,5-25%) (Thibault, 2006).

La topographie complexe se structure autour de quatre plateaux distincts (Figure 6) :

- **Plateau Ouest** : Bordj El Bahri et Aïn-Taya
- **Plateau Est** : Boudouaou
- **Plateau Sud** : Du Hamiz à Réghaïa (terrasses marécageuses)
- **Plateau Central** : Vallée de l'Oued Réghaïa

À son extrémité nord, un cordon de dunes fixées sépare le lac de la baie de Zemmouri.

2.4.2 Climat

Le climat de la réserve se caractérise par des extrêmes thermiques marquées : T° min moyenne 5,9°C (février) et T° max moyenne 32,8°C (août). Les moyennes saisonnières varient de 11,4°C (hiver-janvier) à 26,6°C (été-août). Les précipitations sont concentrées en hiver avec un maximum de 839,4 mm (janvier) contre 53,1 mm (juillet le plus sec). D'un point de vue bioclimatique, la zone est classifiée à climat subhumide méditerranéen (Emerger) avec étés secs/chauds et hivers doux/humides (Akkouche and Mahdjoub Araibi, 2016). La période humide s'étale sur 7 mois : automne-hiver-printemps.

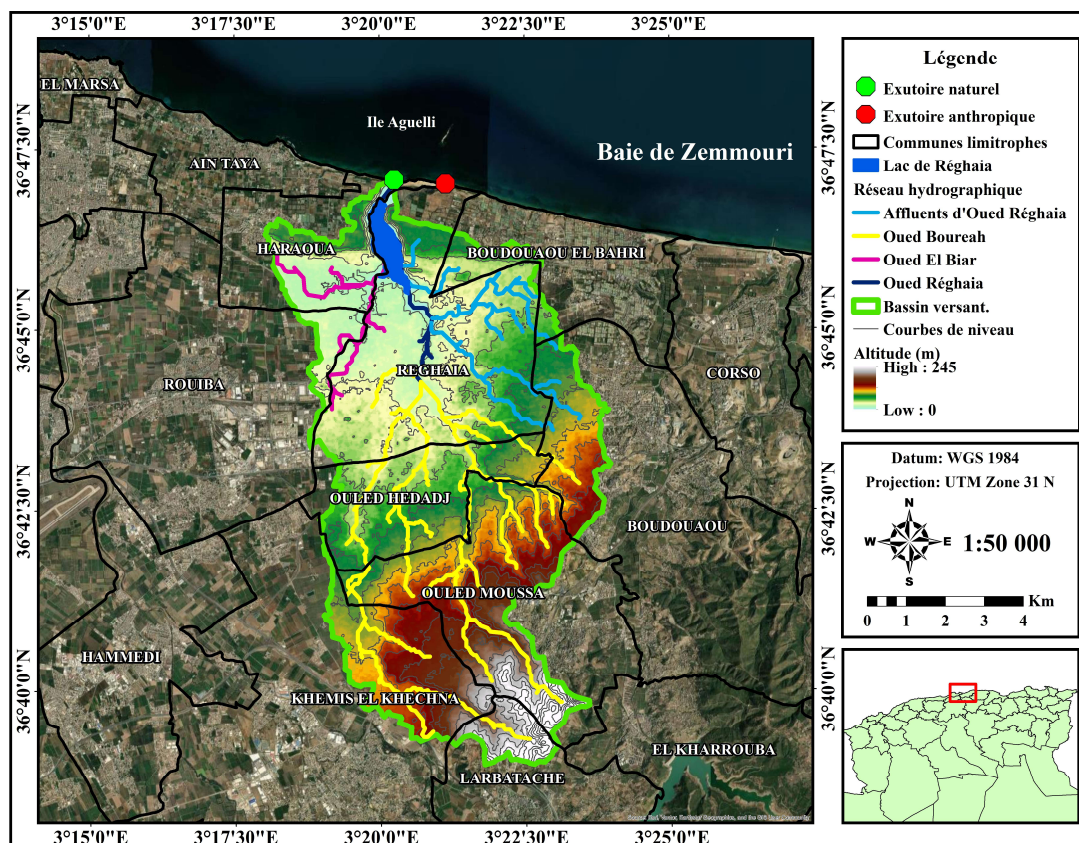


Figure 6 : Carte topographique et hydrographique du bassin versant de Réghaia

2.4.3 Hydrographie

Le lac de Réghaïa dépend directement de son bassin versant pour son alimentation hydrique et l'équilibre de ses écosystèmes. Ce bassin collecte les ruissellements agricoles, urbains et industriels des environs, acheminés par un réseau hydrographique structuré vers le plan d'eau permanent (Figure 6).

L'alimentation hydrique de lac de Réghaïa est assurée par trois oueds principaux (Tableau 3):

Oued Boureah : Représente un affluent de l'oued El-Hamiz. Il prend naissance à Rouiba et conduit les eaux issues du ruissellement des terres agricoles situées au Nord-Est de la Mitidja.

Oued Réghaia : Il débute au nord de la cité d'Ouled Moussa et est le plus significatif avec ses 5500 mètres de longueur et une profondeur atteignant 17 mètres. Il reçoit ses eaux de deux rivières, Oued Guesbaï et Oued Berraba.

L'Oued El-Biar trouve son origine autour de la zone industrielle Rouiba - Réghaïa. Il s'étend sur une longueur de 4075 m, sa profondeur se renforçant graduellement à mesure que l'on se rapproche du lac pour culminer à 4 m à son embouchure.

Le lac de Réghaïa reçoit aussi une alimentation souterraine due à l'exposition de la nappe phréatique, ce qui contribue à la préservation du plan d'eau (Gasmi, 2013).

Tableau 3 : Caractéristiques des cours d'eau (Source : ANRH)

Oueds	Bassin versant (km ²)	Longueur (m)	Largeur (m)	Profondeur (m)
Oued Barreah	20	3 600	08	05
Oued Réghaïa	85	5 500	10	17
Oued El-Biar	15 à 20	4 075	06	04

2.4.4 Écologie et biodiversité

La réserve naturelle de Réghaïa constitue un complexe d'écosystèmes interconnectés typiques des zones humides côtières, s'étendant de la partie continentale à la zone marine. Le marais, transition entre pré et lac, assure la régulation des crues des oueds et protège des espèces nichant sur site. Les principaux écosystèmes caractérisant la réserve se déclinent comme suit :

- **Écosystème marécageux** : Zone idéale pour la nidification des hérons et limicoles ; dominé par les plantes aquatiques émergentes (Phragmites, Typha).
- **Écosystème lacustre** : Réservoir permanent d'eau douce (plan d'eau principal).
- **Écosystème forestier** : Ceinture de maquis autour du lac avec végétation buissonnante et lianes.
- **Écosystème marin** : Rivage et Île Agueli (Hadjrat Bounetah), superficie 212 m² (Akkouche and Mahdjoub Araibi, 2016).

D'un point de vue floristique, plus de 233 espèces végétales terrestres et 25 espèces marines (plantes vasculaires/algues) sont recensées. Les paysages phares sont les herbiers immergés de Posidonie (endémique méditerranéenne) et Zostère marine. La flore terrestre remarquable inclue trois espèces endémiques d'Afrique du Nord (Arenaria cerastioides, Scilla lingulata, Cyclamen africanum) + Abutilon theophrasti (rare littoral) (Thibault, 2006).

Cette richesse végétale génère une diversité faunistique exceptionnelle, dominée par l'avifaune qui représente 54,5% des 378 espèces présumées en Algérie (Akkouche and Mahdjoub Araibi, 2016). La faune de la réserve est composée principalement de :

- **Mammifères** : genette, porc-épic, mangouste
- **Reptiles/Amphibiens** : tortue, caméléon, lézard
- **Invertébrés** : insectes, crustacé

- **Poissons** : espèces d'eau douce (anguilles, carpes) ; zone marine : 3 invertébrés, 12 poissons, 1 mammifère
- **Oiseaux** : 203 espèces, dont 82 rares protégées internationalement

2.4.5 Pédologie

La zone côtière de Réghaïa est principalement constituée de sols à texture sablo-limoneuse, alors que la zone centrale présente des sols plus fertiles dominés par l'argile, composés majoritairement de sols bruns méditerranéens et de sols roux. Les sols brunifiés rouges, plus anciens, couvrent une superficie restreinte sur le plateau central et le littoral. Ils sont habituellement de profondeur modérée, parfois peu profonds, et possèdent une fertilité plutôt faible, ce qui réduit leur attrait dans le domaine agricole (Lardjane- Hamiti, 2014).

2.4.6 Pressions anthropiques exercées sur la réserve

La réserve subit une pression anthropique croissante qui se décline en deux catégories principales : La pollution et les changements d'utilisation du sol (Figure 7). D'autres pressions, telles que le braconnage (Lardjane- Hamiti, 2014), la coupe de bois et les feux (Metna, 2014), ont également un impact considérable sur la réserve.

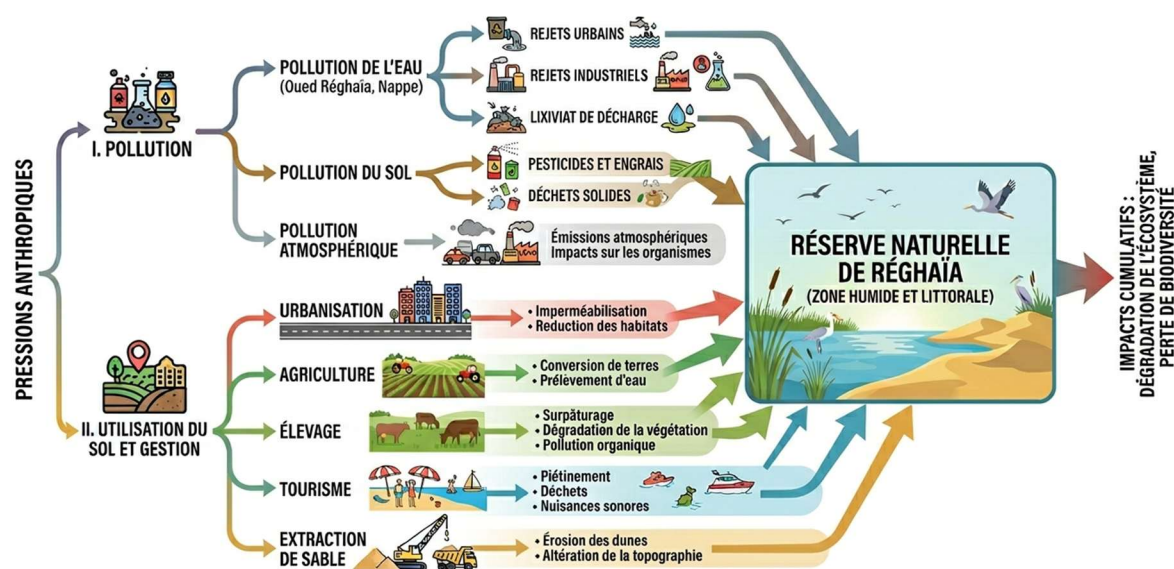


Figure 7 : Schéma récapitulatif des pressions anthropiques exercées sur la réserve

Matériel et méthodes

3 Chapitre III : Matériel et méthodes

Ce chapitre expose la démarche méthodologique adoptée pour l'élaboration de ce mémoire qui s'appuie principalement sur les Systèmes d'Information Géographique (SIG). Il détaille les données mobilisées, les outils utilisés ainsi que les étapes successives de collecte, de préparation et projection, de traitement spatial, d'analyse thématique et de production cartographique finale, garantissant ainsi la rigueur scientifique des résultats obtenus.

3.1 Matériel et logiciels utilisés

Les traitements spatiaux et analyses ont été effectués à l'aide des outils suivants :

- ArcGIS 10.8.2 : Logiciel SIG développé par ESRI.
- Extension DSAS (Digital Shoreline Analysis System) : Outil gratuit développé par le U.S. Geological Survey (USGS) pour ArcGIS, dédié à l'analyse de l'évolution du trait de côte.
- Google Earth Pro : Logiciel gratuit de Google, source d'imagerie satellitaire à très haute résolution.

La projection cartographique adoptée est : WGS 84 / UTM Zone 31N.

3.2 Élaboration de la carte topographique et hydrographique du bassin versant de Réghaïa

Le bassin versant de Réghaïa constitue l'unité hydrographique fondamentale pour analyser les dynamiques d'écoulement et les risques associés à l'urbanisation côtière. Cette section cartographie la topographie (courbes de niveau), le réseau hydrographique hiérarchisé et les communes limitrophes, révélant les contraintes naturelles impactant la réserve écologique.

Un Modèle Numérique de Terrain (MNT) SRTM d'une résolution de 30 m a été téléchargé depuis le site de l'United States Geological Survey (USGS) a été importé dans ArcGIS 10.8.2. Ce raster a servi de base unique pour l'extraction du réseau hydrographique et la délimitation du bassin versant.

Les étapes méthodologiques suivies sont présentées dans le schéma ci-après.



Figure 8 : Schéma des étapes de réalisation de la carte topographique et hydrographique du bassin versant de Réghaia avec les communes limitrophes

3.3 Cartographie de l'Occupation du Sol (OS)

3.3.1 Echelle

L'étude de l'occupation du sol (OS) a été réalisée sur trois échelles différentes :

- **A l'échelle du bassin versant :** Une carte d'occupation du sol à l'échelle de l'ensemble du bassin versant de l'oued Réghaïa a été réalisée pour l'année 2025. Le bassin versant constitue une unité hydrologique délimitée par les lignes de partage des eaux, au sein de laquelle l'ensemble des écoulements de surface et souterrains converge vers un même exutoire. Dans cette perspective, l'occupation du sol du bassin versant de l'oued Réghaïa, revêt une importance particulière, car son étude permet d'analyser les pressions exercées par les activités anthropiques sur le bassin (urbanisation, agriculture et industrie). En effet, ces activités peuvent modifier les processus de ruissellement et favoriser le transfert de polluants vers le réseau hydrographique, influençant ainsi directement la qualité des eaux.
- **A l'échelle communale (Cartographie générale) :** Des cartes d'occupation du sol des communes limitrophes ont été réalisées à l'aide d'imagerie de très haute résolution et ce pour trois périodes différentes : 2007, 2017 et 2025. Ce travail vise à identifier les pressions anthropiques générales s'exerçant sur la réserve de Réghaïa ainsi que son évolution à travers le temps.
- **A l'échelle de la réserve (Cartographie détaillée) :** Des cartes d'occupation du sol à plus fine échelle (grande échelle) ont été réalisées sur un périmètre de 1 km de distance par rapport à la zone humide de Réghaïa en incluant les deux zonations de la réserve (zone centrale et zone tampon). Ce travail, réalisé sur les trois années précédemment considérés (2007, 2017 et 2025), vise à déterminer les pressions directes s'exerçant sur la réserve naturelle de Réghaïa et de mieux comprendre leur évolution temporelle.

3.3.2 Données utilisées

Les images satellitaires utilisées pour l'élaboration des cartes ont été obtenues à partir de différentes sources d'imagerie, notamment Google Earth pro, l'outil GE Historical Imagery¹,

¹ L'outil « GE Historical Imagery » permet de télécharger des images historiques de Google Earth Pro afin d'exploiter des séries temporelles et d'analyser l'évolution de l'occupation du sol. Disponible sur : <https://github.com/Mbucari/GEHistoricalImagery/blob/master/docs/download.md>

la plateforme USGS Earth Explorer ainsi que la basemap d’ArcMap. Le choix des images a été effectué en fonction de la période d’étude (2007, 2017 et 2025) et de la qualité visuelle requise pour l’interprétation (Tableau 4).

Ces images présentent des résolutions spatiales variables mais suffisantes pour identifier les principales classes d’occupation du sol (espaces bâtis, terres agricoles, végétation, plans d’eau, etc.). L’exploitation de ces images constitue un support essentiel pour l’analyse spatiale et la digitalisation des données, facilitant la classification, le suivi temporel et la représentation cartographique de l’évolution du territoire étudié. Elle permet ainsi d’obtenir des cartes fiables, cohérentes et comparables d’une période à l’autre, renforçant la précision des analyses menées dans le cadre de l’étude.

Tableau 4 : Sources et caractéristiques des images utilisées

Année	Source de l’image	Méthode d’acquisition	Date de l’image	Résolution spatiale	Système de coordonnées	Type de cartographie	
						Générale	détaillée
2007	Google Earth Pro	Capture + géoréférencement sous ArcGIS	09/2007	Très haute résolution (~ 0.5 m)	WGS 84 / UTM Zone 31N (EPSG:32631)	X	X
	Landsat 7	Téléchargement à partir de l’USGS (Utilisation de l’image panchromatique)	15/08/2007	Haute résolution 15 m	WGS 84 / UTM Zone 31N (EPSG:32631)	X	
2017	GEHistoricalImagery	Téléchargement direct (outil)	30/09/2017	Très haute résolution (~ 0.5 m)	WGS 84 / UTM Zone 31N (EPSG:32631)	X	X
2025	Basemap ArcGIS	Fond de carte intégré	Imagerie récente (13/09/2025)	Très haute résolution (~ 0.5 m)	WGS 84 / Web Mercator (EPSG:3857)	X	X

3.3.3 Etapes de travail

Les étapes de réalisation des cartes sont illustrées sur la Figure 9.

Ensuite, des zones réglementaires ont été tracées conformément à la loi n° 02-02 sur la protection et la valorisation du littoral, via la méthode des buffers de 100 m, 300 m, 800 m et 3 km. Cela a permis d’analyser les contraintes d’occupation du sol et les interactions avec les zones sensibles. Ces contraintes ont été également étudiées selon les deux zones de la réserve, à savoir, la zone centrale et la zone tampon.

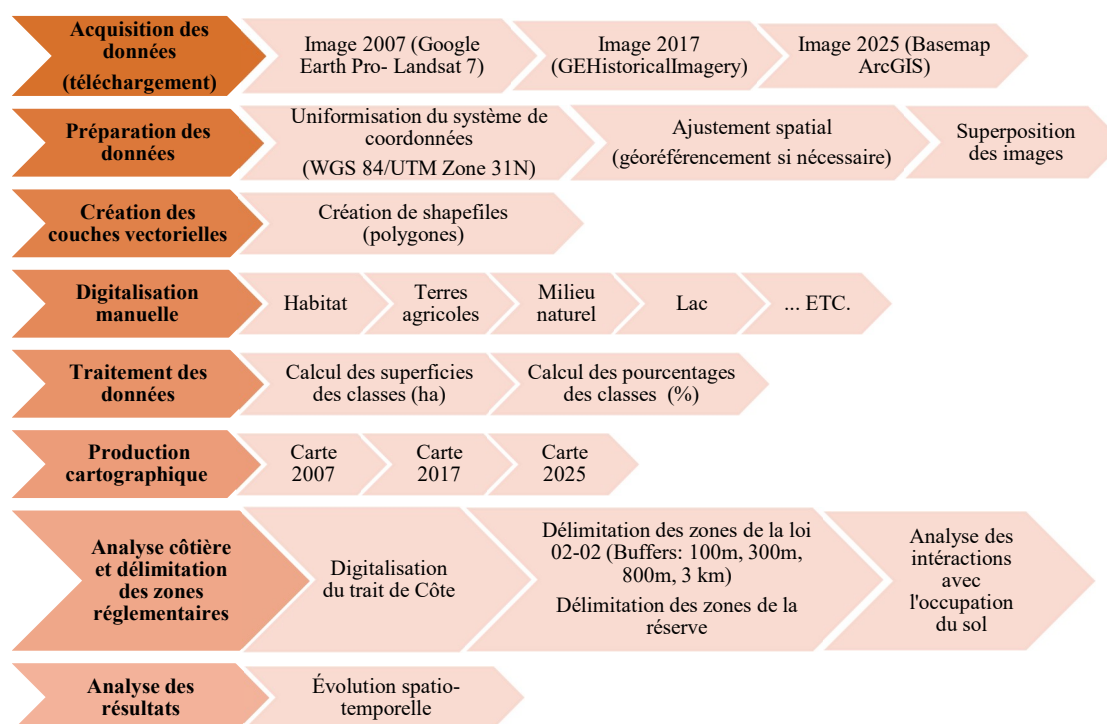


Figure 9 : Schéma des étapes de réalisation des cartes d'occupation du sol

3.4 Etude diachronique du trait de côte

3.4.1 Choix de la zone d'étude

Le choix de la zone considérée pour l'étude de l'évolution du trait de côte s'est appuyé sur la combinaison de deux approches qui permettent l'intégration des principaux facteurs contrôlant la dynamique sédimentaire :

- Une approche géomorphologique, en considérant le fonctionnement de la cellule sédimentaire locale. La zone retenue correspond au littoral de la Réserve naturelle de Réghaïa caractérisé par une dynamique côtière relativement homogène, bordé à l'ouest par des ouvrages de protection et à l'est par l'embouchure de l'oued Reghaia.
- Les limites spatiales ont été définies également en considérant les délimitations réglementaires de la réserve : à l'ouest la limite a été fixée pour correspondre à celle de la zone d'expansion touristique (ZET), marquant une rupture dans la dynamique sédimentaire, à l'est, la délimitation a été fixée avec celle de la zone tampon de la réserve.

3.4.2 Choix des dates d'analyse

Les dates retenues pour l'analyse du trait de côte sont : 1980, 2003, 2015 et 2025. Ce choix repose sur des critères historiques, réglementaires et méthodologiques.

- 1980 représente une situation de référence ancienne, antérieure aux principales transformations anthropiques du littoral.
- 2003 correspond au classement du site comme zone humide d'importance internationale (Ramsar), précédé par la loi 02-02 relative à la protection du littoral (en 2002) et de la première classification de la zone comme réserve naturelle (en 1999).
- 2015 constitue une date intermédiaire cohérente avec les analyses d'occupation du sol, située entre 2007 et 2017, permettant une lecture continue des dynamiques territoriales.
- 2025 correspond à l'état actuel du littoral, en cohérence avec les données récentes d'occupation du sol.

Ainsi, un pas temporel d'environ 10 ans a été adopté, tout en ciblant des dates clés afin d'évaluer l'impact des évolutions anthropiques et réglementaires sur la dynamique côtière.

3.4.3 Données utilisées

L'analyse repose sur des données multi-sources (Tableau 5). Les traits de côte ont été extraits principalement à partir de photographies aériennes (1980 et 2003), de levés sur terrain par DGPS (Differential Global Positioning System) (2015) et d'imagerie satellitaire de très haute résolution spatiale (2025).

Ces traits de côte ont été digitalisés manuellement à partir des différentes imageries en suivant la limite maximale du jet de rive (zone d'humectation), qui marque la frontière entre les milieux aquatique et terrestre. Cette limite sert de référence fiable pour délimiter le trait de côte.

Tableau 5 : Données utilisées pour l'analyse diachronique de l'évolution du trait de côte

Année d'acquisition	Méthode de levé	Echelle	Provenance	Résolution
1980	Photographies aériennes	1/10000	APPL	Métrique
2003	Photographies aériennes	1/10000	APPL	Métrique
2015	DGPS	-	APPL	Centimétrique
2025	Image satellitaire de très haute résolution (digitalisation manuelle)	-	Basemap satellitaire (Esri world imagery)	Centimétrique

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

3.4.4 Précision et incertitudes

La précision des données varie selon la méthode d'acquisition :

- Les levés DGPS (2015) présentent une précision élevée avec une incertitude de l'ordre centimétrique : 0.3m (30cm). Elle reflète la somme de l'incertitude liée à l'opérateur (25cm) et celle liée au système GPS utilisé pour la réalisation des levés (5 cm).
- Les traits de côte issus de la digitalisation (1980, 2003) présentent une incertitude plus importante (métrique) en raison de la résolution spatiale des images et de leur interprétation visuelle (incertitude de 1 m). L'image de 2025 est liée à une incertitude centimétrique étant donné sa meilleure résolution spatiale (incertitude de 0.5 m).

Ces différences de précision constituent une source d'incertitude dans l'analyse de l'évolution du trait de côte et doivent être prises en compte dans l'interprétation des résultats.

3.4.5 Étapes de traitement

L'analyse de l'évolution du trait de côte a été réalisée à l'aide de l'extension DSAS intégrée dans ArcGIS (Himmelstoss et al., 2018), selon une série d'étapes méthodologiques adaptées aux exigences des standards scientifiques (Faye et al., 2012; Mallet et Michot, 2012) et de l'extension DSAS :

- Création d'une géodatabase personnelle destinée à regrouper l'ensemble des données nécessaires à l'étude (traits de côte, baseline et résultats générés).
- Intégration des différents traits de côte correspondant aux années 1980, 2003, 2015 et 2025 dans la géodatabase. Les données ont été vérifiées afin de s'assurer qu'elles soient exprimées dans un système de coordonnées projetées en mètres (UTM zone 31) et qu'elles possèdent une géométrie correcte compatible avec le fonctionnement du DSAS.
- Vérification et renseignement des champs attributaires obligatoires, notamment le champ temporel « Date_ » ainsi que le champ d'incertitude « UNCY » associé à chaque trait de côte.
- Création et tracé d'une baseline terrestre parallèle aux traits de côte (Onshore baseline). Cette ligne de référence sert de base pour la génération des transects et pour le calcul des variations du trait de côte.
- Subdivision du littoral étudié en plusieurs secteurs homogènes correspondant aux principales plages analysées : Réghaïa, El Kadous (Heraoua), Terfaya (Heraoua), Les Canadiennes (Aïn Taya), Déca (Aïn Taya), Surcouf (Aïn Taya).
- Paramétrage du DSAS par définition des couches « Shorelines » et « Baseline », du sens de calcul, de la position de la baseline ainsi que des paramètres d'intersection nécessaires au traitement.

- Génération automatique des transects perpendiculairement à la baseline à l'aide de l'outil DSAS, avec un espacement régulier entre les transects (Transect spacing) de 30 m et un paramètre de lissage (Smoothing) de 50 m. Ces paramètres ont permis d'obtenir des transects parallèles entre eux et orthogonaux au trait de côte, garantissant la précision des résultats obtenus.
- Calcul des principaux indicateurs statistiques permettant d'évaluer la dynamique du trait de côte :
 - NSM (Net Shoreline Movement) : déplacement net du trait de côte entre la date la plus ancienne et la plus récente (en mètre).
 - EPR (End Point Rate) : taux annuel d'évolution du trait de côte exprimé en m/an.
- Analyse diachronique de l'évolution du littoral selon les périodes suivantes : (1980 – 2003), (2003 – 2015), (2015 – 2025), (1980 – 2025).

Cette approche méthodologique a permis de caractériser les différentes dynamiques côtières, notamment les secteurs en érosion, en accrétion ainsi que les zones relativement stables du littoral étudié.

Un bilan surfacique a été calculé à partir de la génération de polygones sous ArcGIS entre les traits de côte les plus anciens et les plus récents de chaque période d'étude. Les superficies obtenues correspondent soit à des pertes de surface liées au recul du trait de côte, traduisant un bilan négatif, soit à des zones d'accrétion résultant de l'avancement du littoral, indiquant ainsi un bilan positif.

Résultats et discussions

4 Chapitre IV : Résultats et discussions

4.1 Etude de l'occupation du sol

4.1.1 Occupation du sol à l'échelle du bassin versant

L'analyse combinée de la carte d'occupation du sol (Figure 10) et du tableau de répartition des superficies (Tableau 6) révèle une organisation spatiale très contrastée dans le bassin versant de Réghaïa en 2025. Les espaces bâtis y dominent largement avec 36,9% de la superficie totale, suivis par le milieu naturel (29,8%) et les terres agricoles (22,4%), tandis que les zones industrielles en occupent 9,7%. Ces zones se concentrent principalement dans les secteurs centraux, surtout près des axes routiers et des quartiers urbanisés. Elles correspondent souvent aux communes périurbaines comme Rouïba et Réghaïa, qui forment les principaux pôles industriels de la région. Ce choix d'implantation s'explique par la proximité des infrastructures de transport (routes principales), la disponibilité du foncier et l'accès facile à la main-d'œuvre des zones urbaines voisines. Cependant, cette concentration génère des risques environnementaux majeurs, comme la pollution potentielle des eaux superficielles du réseau hydrographique, en particulier l'Oued Réghaïa et ses affluents.

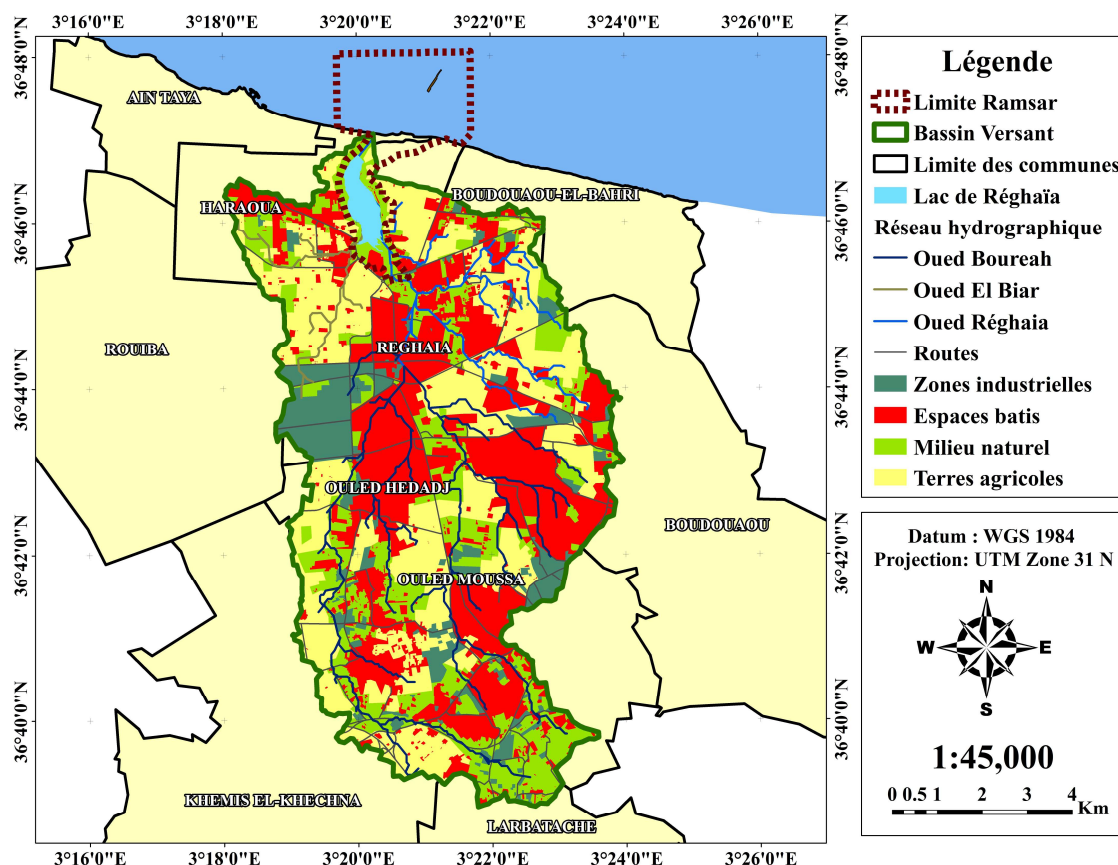


Figure 10 : Carte de l'occupation du sol du bassin versant de Réghaïa (2025)

Tableau 6 : Distribution des superficies par classe d'occupation du sol – 2025

Classe	Superficie (ha)	Pourcentage%
Terres agricoles	1806,219	22,4
Espaces batis	2972,843	36,9
Lac de Réghaïa	93,40007	1,2
Les zones industrielles	779,48	9,7
Milieu naturel	2395,44	29,8
Total	8118,213	100

Les zones industrielles du bassin versant de Réghaïa, surtout autour de Rouïba et Réghaïa, constituent une source importante de pollution, car elles regroupent plusieurs secteurs industriels aux rejets variés (la tannerie, la sidérurgie et les produits détergents). La zone industrielle Rouïba-Réghaïa couvre environ 990 hectares et compte près de 200 unités industrielles, ce qui explique l'importance des pressions exercées sur l'environnement (Benabdi, 2015). Parmi les secteurs les plus concernés, la mégisserie et l'industrie du cuir rejettent des eaux usées chargées en chrome et en métaux lourds, comme l'a montré l'étude menée sur la mégisserie E.N.I.P.E.C. de Rouïba (Boutria, 1986). D'après Ahriz et al. (2010), la situation est d'autant plus préoccupante que les eaux pluviales et usées de la zone sont dirigées vers les affluents du lac Réghaïa, et que seulement 25% des débits atteignent la station d'épuration de Réghaïa. Néanmoins, les capacités de traitement de la station ont considérablement augmenté depuis. Il convient également de noter la pollution d'origine agricole causée par l'utilisation imprudente d'engrais chimiques (notamment ceux à base d'azote et de phosphate) et de produits phytosanitaires (tels que le DDT et autres insecticides) (Metna, 2014). Les analyses physico-chimiques révèlent des dépassements de certains paramètres de pollution tels que la DBO₅, la DCO, les phosphates (PO₄³⁻), l'ammonium (NH₄⁺) et les graisses, traduisant un impact négatif sur l'équilibre écologique de la zone humide (Hachemi and Sadeli, 2010). La pollution agricole et urbaine se manifeste notamment par des concentrations de phosphates (5,7 mg/L) dépassant les normes internationales et la pollution industrielle se traduit par la présence de Ni, Cd et Pb, surtout en amont du lac de Réghaïa et dans les couches d'eau plus profondes (Boussaid and Chebouti-Meziou, 2020).

L'analyse cartographique met en lumière que de nombreuses zones d'habitation sont implantées près des lits des affluents du réseau hydrographique. Ces secteurs correspondent fréquemment à des zones basses où l'eau s'accumule naturellement lors des pluies intenses. Cela augmente fortement le risque d'inondations, surtout en période de fortes précipitations. De plus, la présence simultanée de zones industrielles et d'habitations près des oueds pourrait aggraver les impacts en cas de pollution accidentelle. Un point clé à intégrer également dans cette étude est

le lien entre l'urbanisation croissante et le fonctionnement hydrologique du bassin. L'extension des surfaces bâties réduit l'infiltration des eaux dans le sol, favorise le ruissellement superficiel et accélère les écoulements vers les oueds, modifiant ainsi profondément le régime hydrique de la zone.

L'analyse de la répartition des classes d'occupation du sol montre une forte variabilité entre les communes étudiées du bassin versant. Cette différence est liée principalement au degré d'urbanisation, à la présence des espaces naturels ainsi qu'aux activités agricoles et industrielles qui caractérisent chaque commune.

Les résultats du Tableau 7 et de la Figure 11 montrent que la zone couverte par le bassin versant dans la commune de Boudouaou est dominée par les espaces bâtis qui occupent 239,5 ha, soit 42,6 % de la superficie totale de la commune, ce qui traduit une urbanisation importante. Le milieu naturel représente 28 % tandis que les terres agricoles couvrent 23 % de la superficie communale. Les zones industrielles restent les moins représentées avec seulement 6,4 %. Cette répartition montre que la commune connaît une extension urbaine progressive au détriment des espaces agricoles et naturels.

Dans la commune de Boudouaou El Bahri, le milieu naturel constitue la classe dominante avec 38,7 %, suivi des espaces bâtis avec 28,8 %. Les terres agricoles représentent 18,9 % alors que les zones industrielles occupent 13,6 % de la superficie totale. Cette configuration reflète le caractère mixte de la commune où les espaces naturels restent encore importants malgré la présence de l'urbanisation et des activités industrielles.

La commune de Heraoua présente également une forte dominance des espaces bâtis avec 38,8%, suivis des terres agricoles avec 29,7 % et du milieu naturel avec 28,6 %. Les zones industrielles y sont très faibles avec seulement 2,8 %. Cela montre que cette commune est marquée principalement par l'habitat et les activités agricoles, alors que l'activité industrielle reste limitée.

À Khémis El Khechna, le milieu naturel représente 35,4 % de la superficie totale, tandis que les terres agricoles occupent 32,1 %. Les espaces bâtis représentent 28,2 % et les zones industrielles seulement 4,3 %. Cette répartition indique que la commune conserve encore un caractère semi-rural dominé par les espaces naturels et agricoles malgré une urbanisation en progression.

La commune de Larbatache se distingue nettement des autres communes par la très forte dominance du milieu naturel qui atteint 73,3 % de la superficie totale, soit 226,5 ha. Les espaces

bâties ne représentent que 13,7 %, les zones industrielles 12 % et les terres agricoles seulement 1,1 %. Cette situation montre que la commune garde encore un caractère essentiellement naturel avec une faible pression agricole et urbaine.

Concernant la commune d'Ouled Hedadj, les espaces bâtis représentent plus de la moitié de la superficie communale avec 51,5 %, soit 568 ha, ce qui constitue le taux d'urbanisation le plus élevé parmi les communes étudiées. Le milieu naturel représente 25,2 % alors que les terres agricoles couvrent 19,3 %. Les zones industrielles restent faibles avec 3,9 %. Cette répartition traduit une forte dynamique urbaine dans cette commune.

À Ouled Moussa, les espaces bâtis occupent 37,6 % de la superficie totale, suivis de très près par le milieu naturel avec 37,2 %. Les terres agricoles représentent 13,6 % alors que les zones industrielles atteignent 11,6 %. Cela montre une coexistence relativement équilibrée entre urbanisation et espaces naturels.

La commune de Réghaïa se caractérise par une forte présence des espaces bâtis avec 36,9 %, suivis des terres agricoles avec 25,2 %. Le milieu naturel représente 18,6 % et les zones industrielles 15,4 %, alors que le lac de Réghaïa occupe 3,9 % de la superficie totale. Cette organisation spatiale reflète une forte pression anthropique autour du lac, notamment liée à l'urbanisation et aux activités industrielles.

Enfin, la commune de Rouiba présente une dominance remarquable des terres agricoles qui couvrent 57,6 % de la superficie totale. Les zones industrielles représentent également une part importante avec 21 %, tandis que le milieu naturel et les espaces bâtis occupent respectivement 13,9 % et 7,6 %. Cette répartition confirme le caractère agricole et industriel de cette commune.

D'après l'ensemble des résultats, il apparaît clairement que les espaces bâtis dominent dans plusieurs communes comme Ouled Hedadj, Boudouaou, Heraoua, Ouled Moussa et Réghaïa, traduisant une urbanisation croissante dans le bassin versant. En revanche, certaines communes comme Larbatache et Khémis El Khechna conservent encore une forte proportion d'espaces naturels, tandis que Rouiba reste marquée par l'importance des terres agricoles. Réghaïa suivi d'Ouled Moussa, correspondent aux communes avec la plus grande couverture surfacique en zones industrielles avec 367,6 ha et 213,5 ha, respectivement.

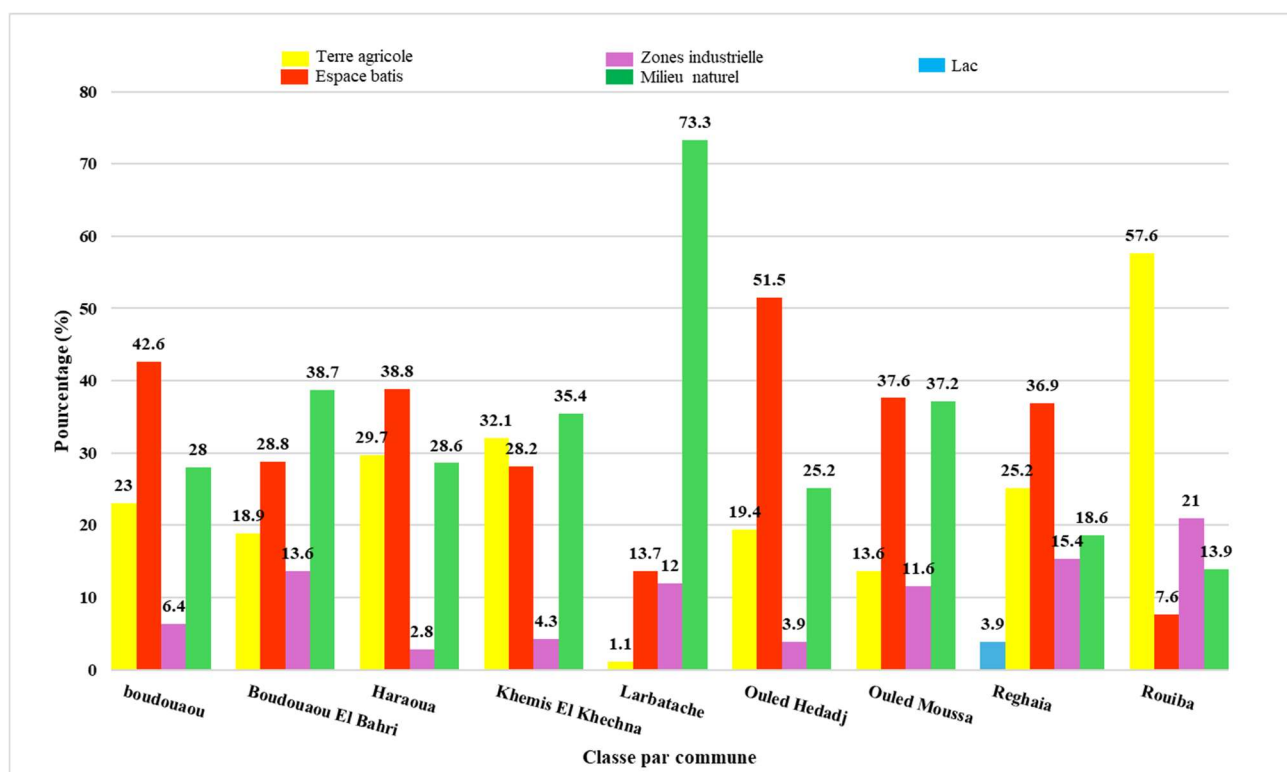


Figure 11 : Répartition des classes d'occupation du sol par commune selon bassin versant en 2025

Tableau 7 : Distribution des superficies et pourcentages des classes d'occupation du sol selon bassin versant en 2025

Commune	Classe	Superficie (ha)	Pourcentage (%)
Boudouaou	Terre agricole	129,69	23,04
	Espaces bâtis	239,50	42,56
	Zones industrielles	35,87	6,37
	Milieu naturel	157,68	28,02
Boudouaou El Bahri	Terre agricole	46,27	18,91
	Espaces bâtis	70,53	28,82
	Zones industrielles	33,27	13,59
	Milieu naturel	94,63	38,67
Haraoua	Terre agricole	151,64	29,73
	Espaces bâtis	197,96	38,81
	Zones industrielles	14,38	2,82
	Milieu naturel	146,09	28,64
Khemis El Khechna	Terre agricole	313,44	32,14
	Espaces bâtis	275,0007	28,19
	Zones industrielles	41,96	4,30
	Milieu naturel	344,88	35,36
Larbatache	Terre agricole	3,317	1,07
	Espaces bâtis	42,311	13,69
	Zones industrielles	37,002	11,97

Commune	Classe	Superficie (ha)	Pourcentage (%)
	Milieu naturel	226,48	73,27
Ouled Hedadj	Terre agricole	213,15	19,33
	Espaces bâtis	568,04	51,53
	Zones industrielles	42,83	3,88
	Milieu naturel	278,31	25,25
Ouled Moussa	Terre agricole	249,93	13,63
	Espaces bâtis	688,53	37,56
	Zones industrielles	213,50	11,65
	Milieu naturel	681,06	37,15
Reghaia	Lac	93,40	3,92
	Terre agricole	600,28	25,20
	Espaces bâtis	878,04	36,86
	Zones industrielles	367,63	15,43
	Milieu naturel	442,44	18,56
Rouiba	Terre agricole	98,48	57,56
	Espaces bâtis	12,92	7,55
	Zones industrielles	35,85	20,95
	Milieu naturel	23,85	13,94

Synthèse générale :

L'analyse de l'occupation du sol dans le bassin versant de Réghaïa montre une forte évolution spatiale marquée par l'urbanisation et le développement des activités industrielles au détriment des espaces agricoles et naturels. Cette répartition traduit une pression anthropique croissante sur le bassin versant. De plus, la proximité entre les zones urbaines, industrielles et le réseau hydrographique augmente les risques environnementaux et hydrologiques, notamment autour du lac de Réghaïa (Ahriz et al., 2010; Bouchelouche et al., 2021). D'après les travaux de (Bouhezila et al., 2020), le lac, qui présente une nature hypertrophique, est caractérisé par une pollution excessive depuis les années 1970 avec des eaux de mauvaise qualité inadaptées à l'irrigation, l'oued Réghaïa étant la principale source de pollution microbiologique.

4.1.2 Occupation du sol à l'échelle communale

4.1.2.1 Année 2007

La carte de l'occupation du sol de 2007 (Figure 12) montre un territoire largement dominé par les terres agricoles et les espaces naturels. En effet, les terres agricoles occupent une superficie de 7654,55 ha, soit 73,34 % de la surface totale (Tableau 8), ce qui confirme leur rôle prépondérant dans l'organisation du territoire. En effet, la zone d'étude correspond au bassin de la Mitidja, connu pour ses sols fertiles. On estime que la superficie totale des terrains agricoles irrigués par les eaux du lac dans les communes de Reghais et Heraoua est d'environ

1200 hectares. Les eaux du lac de Réghaïa, alimenté en permanence par les eaux de pluie et la nappe phréatique, sont extraites par le biais d'un pompage, avec en moyenne une extraction annuelle d'eau de 2,5 à 3 Hm³ (Larid, 2008). En cas de persistance des conditions météorologiques défavorables actuelles (prolongation de la saison sèche), le lac est exposé au risque d'assèchement (Metna, 2014). De plus, l'utilisation directe de ces eaux pour l'irrigation entraîne une pollution des cultures, ce qui conduit à la contamination de l'homme via la chaîne alimentaire (Fettis, 2016). Cette agriculture s'est installée au détriment de la végétation naturelle via le défrichement des versants orientés vers l'est et l'ouest afin d'installer des cultures. Ces pratiques accentuent le phénomène d'érosion et de ruissellement des eaux (Metna, 2014).

Les espaces bâtis représentent la deuxième classe dominante avec une superficie de 1569,35 ha, soit 15,03 %. Ils restent relativement dispersés et concentrés autour de quelques noyaux urbains, notamment les villes de Rouiba, Reghaïa, Haraoua, Aïn Taya et Boudouaou El Bahri. Cette organisation traduit un stade d'urbanisation encore modéré, avec une occupation du sol qui conserve une place importante aux activités agricoles.

On observe toutefois une première pression urbaine le long des axes de communication et à proximité des zones attractives, en particulier autour du littoral ouest (commune d'Aïn Taya) et de la zone de la réserve. À cette date, il est important de noter l'absence d'ouvrages de protection au niveau du littoral d'Aïn Taya, ce qui laisse supposer une exposition plus importante aux risques littoraux, notamment l'érosion marine.

Les zones industrielles occupent une superficie de 657,39 ha, soit 6,29 % de la surface totale (Tableau 8). Leur présence est principalement concentrée à proximité des grands axes de communication et des zones urbaines, ce qui reflète le développement progressif des activités industrielles dans la région dès cette période. Les autres classes occupent des superficies beaucoup plus faibles : les bois couvrent 219,69 ha (2,1 %), les zones de broussailles 142,79 ha (1,36 %) et les plages et dunes 95,61 ha (0,91 %).

L'espace reste donc encore relativement équilibré, même si les premiers signes d'étalement urbain apparaissent déjà.

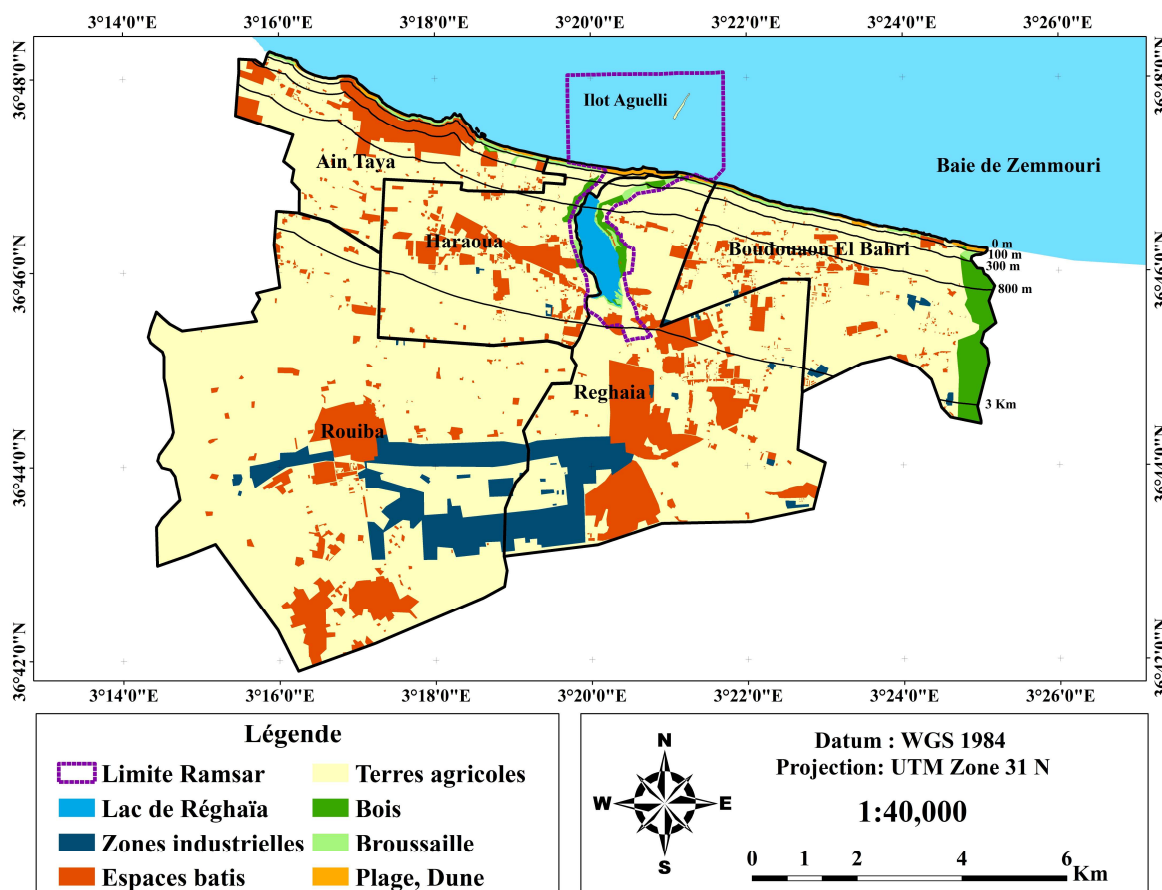


Figure 12 : Carte de l'occupation du sol des communes limitrophes (2007)

Tableau 8 : Superficies et pourcentages des classes d'occupation du sol (2007)

Classe d'occupation du sol 2007	Superficie (ha)	Pourcentage%
Zones industrielles	657,39	6,3
Terres agricoles	7654,55	73,3
Espaces bâtis	1569,35	15,04
Bois	219,69	2,1
Broussaille	142,79	1,37
Plage_Dune	95,61	0,92
Lac de Réghaïa	96,98	0,93

4.1.2.2 Année 2017

La carte de 2017 (Figure 13) met en évidence une augmentation nette des espaces bâtis par rapport à 2007. En effet, les espaces bâtis atteignent une superficie de 2596,99 ha, soit 24,88 % (Tableau 10), contre 1569,35 ha (15,03 %) en 2007, ce qui correspond à une augmentation d'environ +9,85 % en proportion et près de +1027 ha en superficie. L'urbanisation s'est davantage étendue, surtout dans les communes de Rouiba et Reghaïa, où les constructions deviennent plus denses et plus continues.

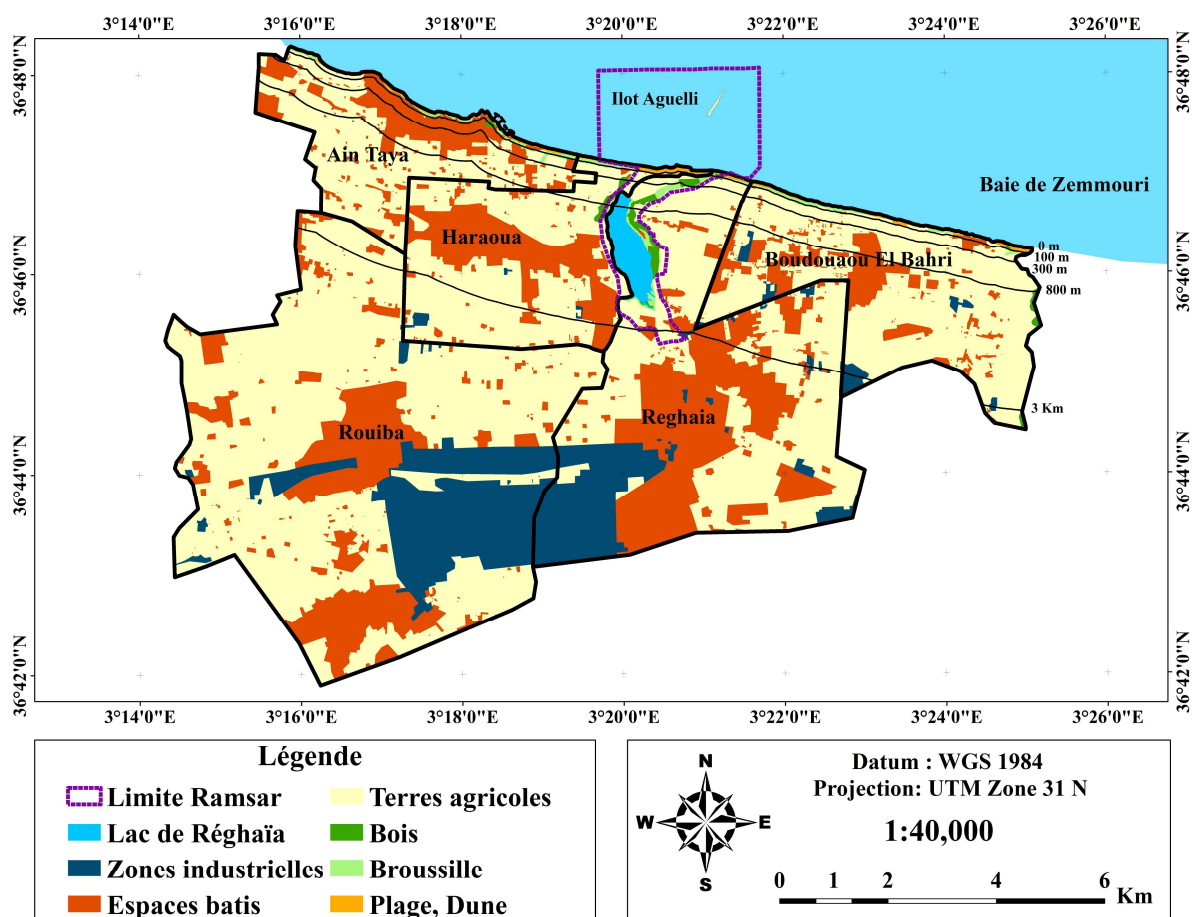


Figure 13 : Carte de l'occupation du sol des communes limitrophes (2017)

Les zones agricoles, bien qu'encore présentes, apparaissent plus fragmentées et moins dominantes qu'en 2007. Elles occupent 6299,93 ha, soit 60,36 %, contre 73,34 % en 2007, enregistrant ainsi une diminution d'environ -13 %.

Les zones industrielles connaissent également une progression importante. Elles couvrent une superficie de 1137,98 ha, soit 10,9 % de la surface totale (Tableau 10), contre 657,39 ha (6,29%) en 2007. Cette évolution reflète le développement des activités économiques et industrielles dans la région, notamment à proximité des axes de transport et des espaces urbanisés. Cette évolution traduit également une pression urbaine croissante liée à la croissance démographique et au développement des fonctions résidentielles et économiques. En effet, entre 2002 et 2020, la population des communes étudiées d'Alger est passée de 173 738 à 232 136 habitants (ONS, 2020) (Tableau 9). On constate également une progression de l'urbanisation vers les périphéries, ce qui confirme une transformation progressive du paysage et une réduction des espaces ouverts.

Tableau 9: Evolution de la démographie des communes étudiées d'Alger (ONS, 2020)

	Ain Taya	Heraoua	Reghaia	Rouiba	Total
2002	31 202	70 041	19 387	53108	173 738
2008	34 501	27 565	85 452	61984	209 502
2020	38 228	30 543	94 685	68680	232 136

Les autres classes restent marginales avec de faibles proportions : la broussaille (135,01 ha ; 1,29 %), les bois (79,16 ha ; 0,75 %) et les plages et dunes (94,18 ha ; 0,9 %).

Contrairement à 2007, on note en 2017 la mise en place d'ouvrages de protection au niveau du littoral d'Aïn Taya, réalisés en 2012, ce qui traduit une intervention visant à limiter les risques liés à l'érosion marine et à protéger les zones côtières face à la pression naturelle et anthropique. La zone de la réserve et les milieux naturels conservent cependant un rôle de frein partiel à l'expansion urbaine.

Tableau 10 : Superficies et pourcentages des classes d'occupation du sol (2017)

Classe d'occupation du sol 2017	Superficie (ha)	Pourcentage%
Zones industrielles	1137,98	10,9
Terres agricoles	6299,93	60,37
Espaces batis	2596,99	24,88
Bois	79,164	0,76
Broussaille	135,011	1,29
Plage_Dune	94,176	0,9
Lac de Réghaïa	93,087	0,89

4.1.2.3 Année 2025

La carte de 2025 (Figure 14) montre une accentuation encore plus forte de l'occupation urbaine. Les espaces bâtis occupent désormais une part importante du territoire, avec une superficie de 2739,77 ha, soit 26,25 % (Tableau 11), marquant une densification dans les secteurs centraux et une extension vers les périphéries.

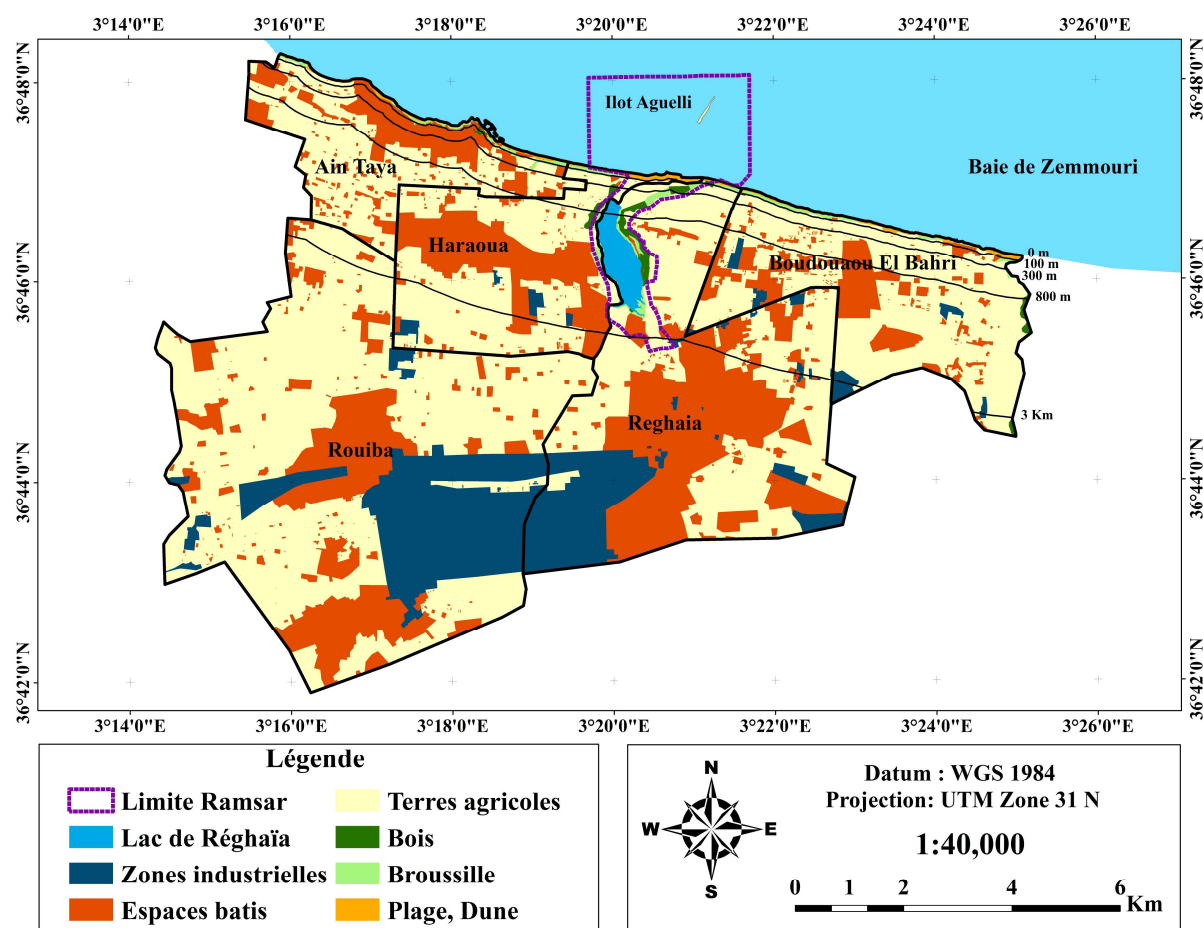


Figure 14 : Carte de l'occupation du sol des communes limitrophes (2025)

Les terres agricoles restent toutefois dominantes, avec une superficie de 6025,8 ha, représentant 57,73 % du territoire, mais elles continuent de régresser et apparaissent fortement morcelées, ce qui témoigne d'une pression accrue sur les sols.

Les zones industrielles connaissent également une progression notable. Elles occupent une superficie de 1269,37 ha, soit 12,16 % de la surface totale. Cette évolution traduit le renforcement des activités industrielles et économiques dans la région, notamment autour des principaux axes de transport et des espaces déjà urbanisés.

Les autres classes d'occupation restent marginales, notamment les bois (76,92 ha ; 0,73 %) et les broussailles (134,57 ha ; 1,28 %), tandis que les zones de plage et dunes (95,49 ha ; 0,91 %) occupent des superficies limitées mais jouent un rôle écologique important.

Cette carte illustre une urbanisation plus avancée et plus structurée, mais aussi plus contraignante pour les espaces naturels et agricoles. Cependant, il convient de noter que la cadence d'augmentation de l'urbanisation semble légèrement ralentir par rapport à la décennie précédente, le pourcentage des espaces bâtis n'ayant pas connu une hausse très importante.

Les zones littorales, la réserve et les abords du lac jouent toujours un rôle de limite, mais l'urbanisation tend à se rapprocher davantage de ces espaces sensibles. On observe ainsi une évolution vers un territoire plus artificialisé, où l'équilibre entre développement urbain et préservation des sols devient plus fragile (Larid, 2008).

Tableau 11 : Superficies et pourcentages des classes d'occupation du sol (2025)

Classe d'occupation du sol 2025	Superficie (ha)	Pourcentage%
Zones industrielles	1269,379	12,16
Terres agricoles	6025,80	57,74
Espaces bâtis	2739,77	26,25
Bois	76,927	0,74
Broussaille	134,576	1,29
Plage_Dune	95,498	0,92
Lac de Réghaïa	94,407	0,9

Synthèse générale :

Globalement, l'analyse des trois cartes montre une progression continue des espaces bâtis et des zones industrielles entre 2007 et 2025 (de 15,03 % à 26,25 % et de 6,29 % à 12,16 %, respectivement), accompagnée d'une régression et d'une fragmentation des terres agricoles (de 73,34 % à 57,73 %). Par ailleurs, le milieu naturel reste relativement stable, bien qu'il connaisse une légère diminution, passant de 4,38 % à 2,94 % (Figure 15). Cette évolution traduit une dynamique d'urbanisation rapide, marquée par l'étalement urbain et la pression croissante sur les espaces naturels et agricoles.

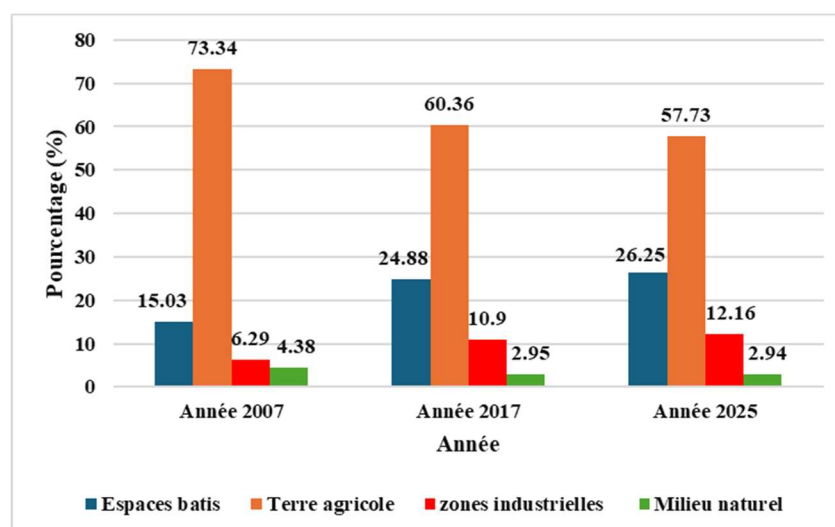


Figure 15 : Évolution des pourcentages d'occupation du sol entre 2007 et 2025

4.1.2.4 Évolution de l'occupation du sol par commune

L'analyse des données présentées sur le Tableau 12 et illustrées par la Figure 16 (2007), la Figure 17 (2017) et la Figure 18 (2025) permet de suivre l'évolution de l'occupation du sol dans les cinq communes étudiées entre 2007 et 2025.

En 2007, la structure spatiale est dominée par les terres agricoles dans l'ensemble des communes. Elles représentent plus de 70 % à Aïn Taya (71,9 %), 72,4 % à Boudouaou El Bahri, 70,8 % à Réghaïa et atteignent 77,7 % à Rouiba. À Haraoua, bien que la part agricole soit légèrement plus faible (68,2 %), elle reste dominante. Les espaces bâtis sont encore limités (12 à 13 %), sauf à Aïn Taya et Haraoua où ils atteignent 22 et 25,8 %, respectivement. Les zones industrielles sont surtout implantées dans les communes de Rouiba et Réghaïa avec 10 et 8,8 % de la surface de la commune, respectivement.

En 2017, les premières transformations deviennent visibles. On remarque une régression des terres agricoles dans presque toutes les communes. Par exemple, à Aïn Taya, elles passent de 71,9 % à 55,7 %, et à Réghaïa de 70,8 % à 53,8 %. Cette baisse s'accompagne d'une augmentation des espaces bâtis, qui deviennent plus importants, notamment à Haraoua (40,5 %) et Aïn Taya (40 %). Par ailleurs, les zones industrielles commencent à prendre de l'ampleur, surtout à Rouiba (16,7 %) et Réghaïa (16,5 %), ce qui traduit une dynamique économique en développement. Le milieu naturel, quant à lui, connaît globalement une diminution, ce qui reflète une pression croissante sur les espaces non urbanisés.

En 2025, cette tendance s'accroît davantage. Les terres agricoles continuent de diminuer, atteignant 52,1 % à Aïn Taya, 50,8 % à Réghaïa et 49,1 % à Haraoua. Cette baisse est fortement compensée par la progression des espaces bâtis, qui atteignent des niveaux élevés, notamment à Haraoua (44,2 %) et Aïn Taya (43,6 %). Les zones industrielles poursuivent également leur expansion, en particulier à Rouiba (18 %) et Réghaïa (18,6 %), confirmant leur rôle dans la structuration économique de ces territoires. En revanche, le milieu naturel reste très faible, voire inexistant dans certaines communes comme Rouiba, ce qui témoigne d'une artificialisation avancée.

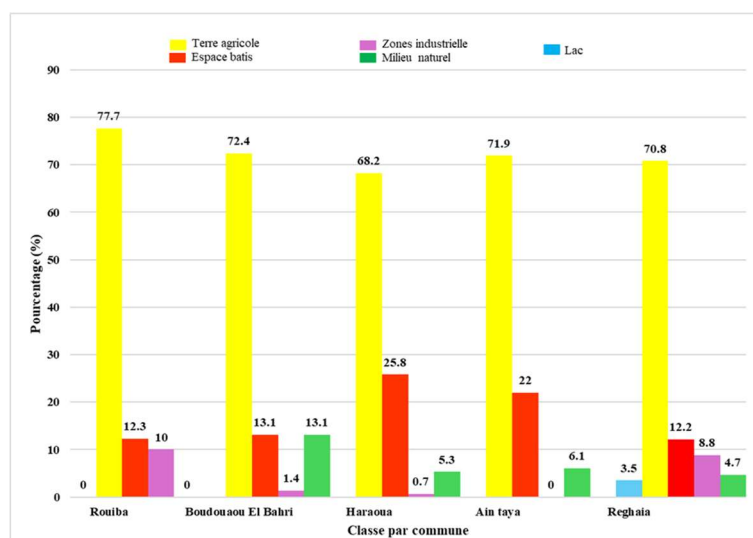


Figure 16 : Pourcentages d'occupation du sol selon les communes en 2007

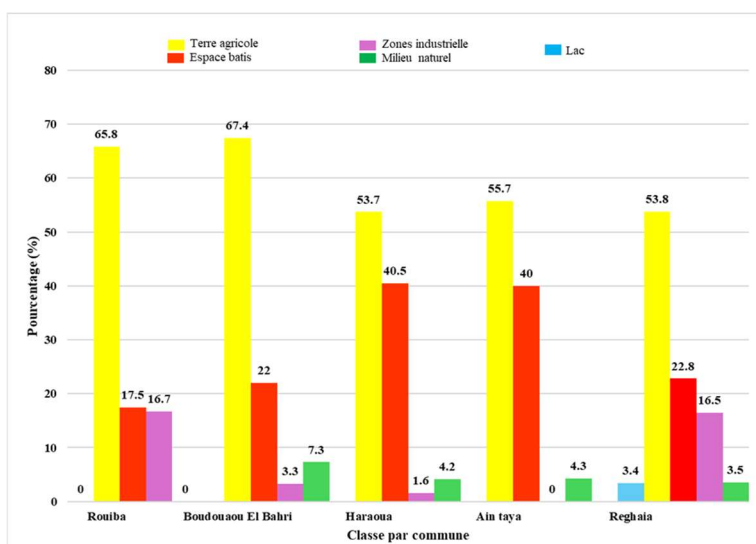


Figure 17 : Pourcentages d'occupation du sol selon les communes en 2017

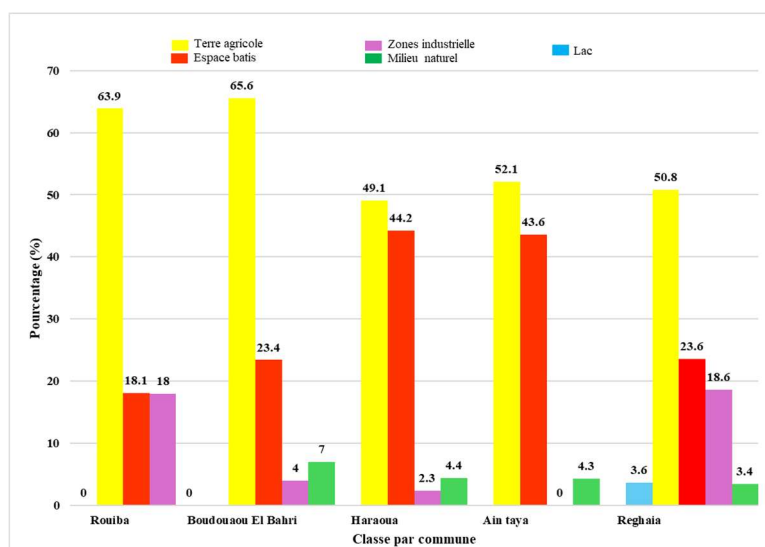


Figure 18 : Pourcentages d'occupation du sol selon les communes en 2025

Tableau 12 : Distribution des superficies et pourcentages des classes d'occupation du sol selon les communes (2007, 2017 et 2025)

Communes	Classes groupée	2007		2017		2025	
		Superficie (ha)	%	Superficie (ha)	%	Superficie (ha)	%
Ain taya	Terre agricole	715.85	71.9	650.76	55.7	590.96	52.1
	Espaces batis	219.33	22	467.53	40	495.33	43.6
	Zones industrielle	0	0	0	0	0	0
	Milieu naturel	60.79	6.1	49.58	4.3	48.99	4.3
Boudouaou El Bahri	Terre agricole	1101.01	72.4	1028.99	67.4	1025.24	65.6
	Espaces batis	199.35	13.1	335.51	22	365.01	23.4
	Zones industrielle	20.91	1.4	51.26	3.3	61.88	4
	Milieu naturel	199.99	13.1	111.66	7.3	110.99	7
Haraoua	Terre agricole	901.48	68.2	711.02	53.7	625.77	49.1
	Espaces batis	340.66	25.8	534.99	40.5	564.49	44.2
	Zones industrielle	9.68	0.7	20.50	1.6	29.97	2.3
	Milieu naturel	69.38	5.3	55.79	4.2	54.99	4.4
Rouiba	Terre agricole	3001.11	77.7	2506.52	65.8	2444.27	63.9
	Espaces batis	475.35	12.3	664.88	17.5	692.11	18.1
	Zones industrielle	385.28	10	636.90	16.7	687.99	18
	Milieu naturel	0	0	0	0	0	0
Réghaia	Terre agricole	1935.10	70.8	1402.65	53.8	1339.69	50.8
	Espaces batis	334.87	12.2	593.52	22.8	622.78	23.6
	Zones industrielle	241.54	8.8	429.30	16.5	489.97	18.6
	Milieu naturel	128.72	4.7	91.94	3.5	90.99	3.4

4.1.2.5 Évolution de l'occupation du sol par zone de la loi 02-02

L'étude diachronique de l'occupation du sol entre 2007 et 2025 a mis en évidence une transformation progressive du paysage littoral. L'objectif de cette partie est d'évaluer le niveau de respect des restrictions imposées par la loi 02-02 relative à la protection du littoral.

Année 2007

En 2007, les milieux naturels dominent largement la bande des 100 m avec 78,57 %, tandis que les espaces bâtis ne représentent que 8,72 % (Tableau 13) ; (Figure 19). Cette situation traduit encore une occupation relativement conforme au caractère sensible de cette bande, considérée comme inconstructible par la loi 02-02. Les terres agricoles occupent 12,71 %, ce qui reste limité dans cette proximité immédiate du rivage.

Dans la bande des 100–300 m, les terres agricoles constituent l'occupation dominante avec 55,1%, suivies des milieux naturels (23 %) et des espaces bâtis (21,9 %). Cette répartition montre une urbanisation encore modérée, mais déjà présente à proximité du littoral.

Au niveau de la bande des 300–800 m, les terres agricoles atteignent 74,95 %, alors que les espaces bâtis représentent 20,2 %. Les milieux naturels deviennent faibles avec seulement 4,85%. Cette situation traduit une vocation principalement agricole de cette bande en 2007.

Dans la bande des 800 m–3 km, les terres agricoles restent également dominantes avec 70,33%, tandis que les espaces bâtis atteignent 23,33 %. Les zones industrielles sont très faibles avec 0,77 % seulement. Globalement, l'année 2007 montre un territoire encore relativement peu artificialisé, dominé principalement par les activités agricoles et les milieux naturels.

Année 2017

En 2017, une évolution progressive de l'urbanisation apparaît dans toutes les bandes littorales. Dans la bande des 0–100 m, les espaces bâtis passent à 11,67 %, contre 8,72 % en 2007, tandis que les milieux naturels diminuent à 75,92 % (Tableau 13) ; (Figure 20). Cette évolution traduit une progression de l'occupation urbaine dans une zone pourtant inconstructible selon la loi 02-02 et ce principalement dans la commune d'Ain Taya. Dans la bande des 100–300 m, les terres agricoles augmentent légèrement à 57,1 %, alors que les espaces bâtis atteignent 22,46 %. Les milieux naturels diminuent à 20,44 %. Cette situation montre une pression urbaine continue à proximité du rivage.

Concernant la bande des 300–800 m, les terres agricoles restent dominantes avec 72,67 %, mais les espaces bâtis progressent à 22,89 %. Les milieux naturels régressent à 4,44 %. Cette

augmentation de l'espace bâti peut être liée à l'extension des zones urbaines vers l'intérieur du territoire littoral. Dans la bande des 800 m–3 km, les espaces bâtis enregistrent une forte augmentation, passant à 33,69 %, tandis que les terres agricoles diminuent à 59,97 %. Les zones industrielles augmentent également à 1,79 %. Cette évolution traduit une intensification de l'urbanisation et des activités économiques dans l'arrière-littoral.

Année 2025

En 2025, les transformations deviennent encore plus marquées. Dans la bande des 0–100 m, les espaces bâtis atteignent 12,86 %, soit leur valeur la plus élevée durant toute la période étudiée, alors que les milieux naturels diminuent à 75,2 % (Tableau 13) ; (Figure 21). Cette situation confirme une urbanisation progressive dans une bande où la construction devrait être interdite.

Dans la bande des 100–300 m, les terres agricoles augmentent encore légèrement à 61,11 %, mais les espaces bâtis restent importants avec 21,39 %. Les milieux naturels poursuivent leur diminution pour atteindre 17,5 %. Cette évolution montre une réduction progressive des espaces naturels au profit des activités humaines.

Au niveau de la bande des 300–800 m, les espaces bâtis atteignent 24,6 %, contre 20,2 % en 2007. Les terres agricoles restent dominantes avec 71,59 %, tandis que les milieux naturels diminuent à 3,81 %. Cette progression de l'urbanisation peut être considérée comme un indicateur d'étalement urbain dans cette bande réglementée. Dans la bande des 800 m–3 km, les espaces bâtis atteignent 34,11 %, soit la valeur la plus élevée observée dans l'ensemble des bandes littorales. Les zones industrielles augmentent également à 3,1 %, alors que les milieux naturels chutent à 3,25 % seulement. Cette évolution montre une artificialisation importante de l'arrière-littoral entre 2007 et 2025.

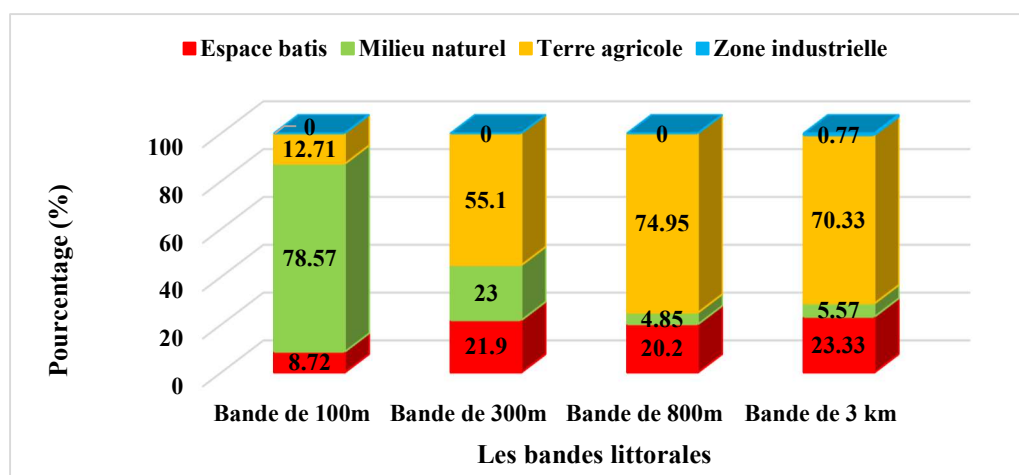


Figure 19 : Occupation du sol selon les zones réglementaires en 2007

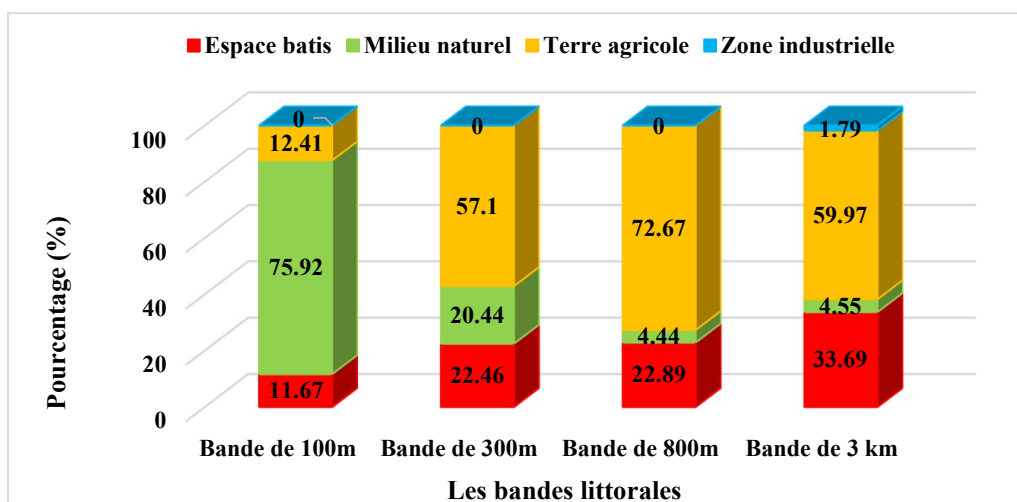


Figure 20 : Occupation du sol selon les zones réglementaires en 2017

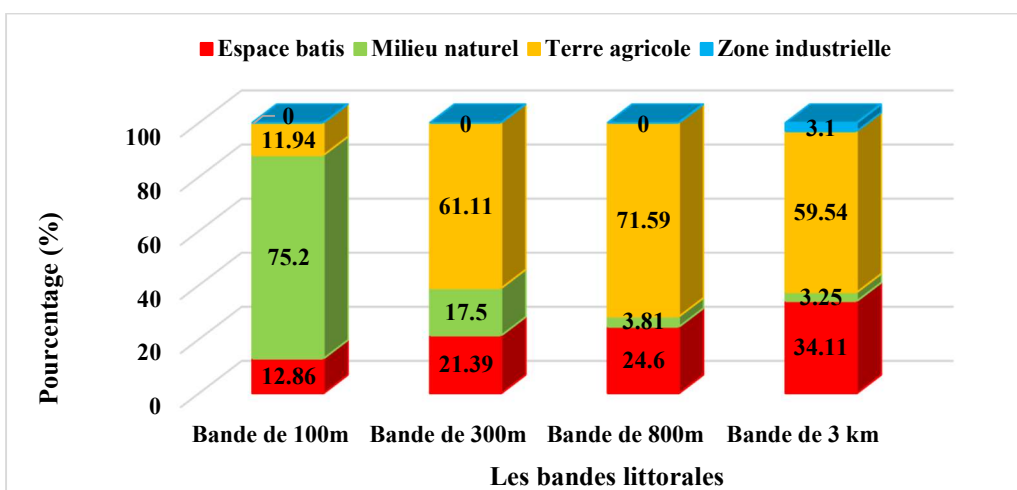


Figure 21 : Occupation du sol selon les zones réglementaires en 2025

Synthèse générale :

L'analyse des trois dates met en évidence une évolution continue vers l'urbanisation du littoral. Entre 2007 et 2025, les espaces bâtis augmentent dans toutes les bandes littorales, tandis que les milieux naturels régressent progressivement. Les terres agricoles restent dominantes dans plusieurs bandes, mais elles connaissent également une légère diminution dans les zones les plus soumises à la pression urbaine.

Les résultats montrent également que certaines dispositions de la loi 02-02 ne sont pas totalement respectées, notamment dans la bande des 0–100 m où les constructions continuent d'augmenter malgré le caractère inconstructible de cette zone. De même, l'augmentation des espaces bâtis et industriels dans la bande des 800 m–3 km traduit une extension urbaine croissante pouvant favoriser le rapprochement des agglomérations et l'étalement du tissu urbain le long du littoral.

Tableau 13 : Évolution de l'occupation du sol selon les zones de la loi 02-02

Classes groupée	Année	Zone 0m_100m		Zone 100m_300m		Zone 300m_800m		Zone 800m_3km	
		Superf. (ha)	%	Superf. (ha)	%	Superf. (ha)	%	Superf. (ha)	%
Espace batis	2007	15.20	8.72	88.85	21.9	165.76	20.20	591.77	23.33
	2017	20.23	11.67	90.87	22.46	187.79	22.89	854.54	33.69
	2025	21.84	12.86	91.47	21.39	201.78	24.6	865.38	34.11
Terre agricole	2007	22.17	12.71	222.707	55.1	614.90	74.95	1738.85	70.33
	2017	21.50	12.41	230.74	57.1	596.15	72.67	1521.08	59.97
	2025	20.29	11.94	247.16	61.11	587.314	71.59	1510.407	59.54
Milieu naturel	2007	137.019	78.57	92.867	23	39.715	4.85	141.44	5.57
	2017	131.52	75.92	82.81	20.44	36.44	4.44	115.537	4.55
	2025	127.65	75.2	70.79	17.5	31.28	3.81	82.64	3.25
Zone industrielles	2007	0	0	0	0	0	0	19.278	0.77
	2017	0	0	0	0	0	0	45.207	1.79
	2025	0	0	0	0	0	0	77.94	3.1

4.1.3 Occupation du sol à l'échelle de la réserve

4.1.3.1 Année 2007

L'analyse de la carte d'occupation du sol de la zone d'étude en 2007 (Figure 22) montre que la zone étudiée est majoritairement agricole, les terres cultivées couvrant 761,57 ha (63,7 % de la superficie totale) (Tableau 14). Cette dominance confirme que l'activité agricole structure fortement le territoire. Les espaces naturels occupent également une part notable de 200,11 ha estimée à 16,7 %, traduisant la présence d'écosystèmes significatifs autour du lac. L'habitat demeure peu développé, avec 119,02 ha (soit 10 %), ce qui témoigne d'un niveau d'urbanisation encore limité à cette période.

Le lac, d'une superficie de 96,97 ha (8,1 % de la surface totale), constitue un élément structurant du paysage. Les équipements restent très peu présents (1,5%), indiquant un faible degré d'aménagement. Dans l'ensemble, l'occupation du sol en 2007 caractérise un espace à forte dominante agricole, marqué par une urbanisation encore faible.

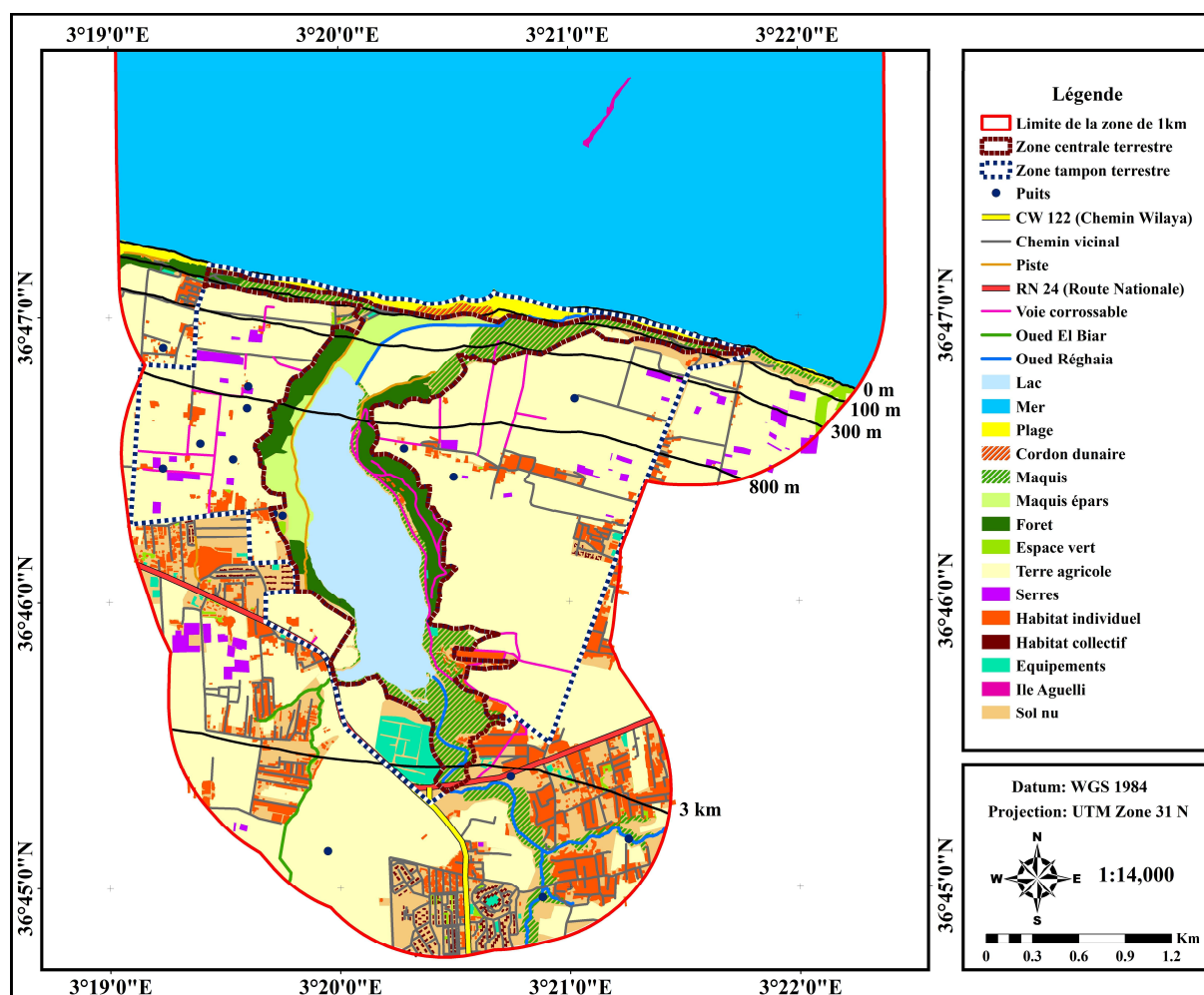


Figure 22 : Carte d'occupation du sol de la zone de 1 km autour de la réserve naturelle de Réghaia (Année 2007)

Une analyse plus détaillée à l'échelle de la zone périphérique de 1 km autour de la Réserve naturelle de Réghaia révèle que les terres agricoles se concentrent principalement à l'est ainsi qu'à l'ouest du lac, notamment vers Heraoua et Ain Taya et une petite partie de Boudouaou El Bahri. Les cultures maraîchères constituent la principale part de cette classe (62,1 %), ce qui traduit une agriculture extensive. La très faible part des serres (1,6 %) est le signe d'une agriculture intentionnée peu marquée, due à la disponibilité des terres agricoles et à peu de pression foncière à ce moment-là. Néanmoins, il est important de signaler que cette composante agricole constitue une menace indirecte sur le lac en contaminant les eaux de ruissellement par les fertilisants (nutriments) et pesticides. Cette pollution diffuse peut affecter à long terme l'équilibre écologique de la zone.

Le tissu urbain est nettement réduit, regroupé principalement à l'ouest et au sud du lac, en continuité avec les aires urbaines de Réghaia, Heraoua et parties de la commune d'Aïn Taya. L'aspect de l'habitat est largement dominé par l'habitat individuel (94,7 % de l'habitat et 9,4%

du total). La faible part de l'habitat collectif (5,3% de l'habitat et 0,5% du total) montre une urbanisation peu dense et relativement encadrée. On note, toutefois, la présence très limitée d'un habitat illicite à proximité du lac (Larid, 2008), traduisant un début d'occupation non planifiée encore peu marqué. Ces habitations précaires génèrent des pressions urbaines importantes sur la réserve, entraînant des déversements incontrôlés de déchets solides et d'autres conséquences liées à l'expansion des communes voisines (Rouiba, Réghaia, Heuraoua, Aintaya, ...) (Larid, 2010).

Les équipements sont peu développés et limités principalement à la station d'épuration (1 %) et quelques parkings disséminés. La station d'épuration des eaux demeure de taille relativement réduite, avec des capacités limitées. Aucun équipement hôtelier n'est identifié dans la zone d'étude en 2007, ce qui traduit un développement touristique quasi inexistant. L'absence d'équipements touristiques, commerciaux ou socioculturels laisse présumer d'un faible niveau d'aménagements et d'attractivité du territoire.

Les espaces naturels sont répartis autour du lac et vers le littoral, sous forme de maquis et de formations forestières. Ces espaces jouent un rôle essentiel de zone tampon écologique, limitant les impacts directs des activités humaines sur le lac. Ce dernier, constitue le noyau central structurant du territoire et influence directement la répartition des différentes classes d'occupation du sol.

Sur le plan spatial, cette organisation traduit un équilibre fonctionnel entre les différentes composantes du territoire, avec une dominance agricole au nord, une urbanisation limitée au sud et un cœur écologique centré sur le lac. Cette configuration reflète une pression anthropique globalement faible, dominée principalement par les activités agricoles, qui constituent l'usage principal du sol à cette période. Ce constat semble conforme aux objectifs du Plan d'Aménagement Côtier (PAC), qui cherche, entre autres, à protéger les espaces littoraux sensibles, et au POS qui régleme l'occupation du sol.

4.1.3.2 Année 2017

En 2017, la carte d'occupation du sol (Figure 23) et le tableau associé (Tableau 14) mettent en évidence une transformation de la structure spatiale : les terres agricoles ont reculé à 733,23 ha (61,5% de la superficie totale), tandis que l'habitat a progressé à 149,98 ha (12,6%), témoignant d'une urbanisation croissante. Les équipements ont également augmenté (2,1%), illustrant un renforcement des infrastructures. Le milieu naturel accuse une légère baisse à 16%, principalement marquée autour du lac, vraisemblablement due aux pressions anthropiques

(expansion urbaine et aménagements). La superficie du lac, quant-à-elle, a légèrement diminué pour atteindre un pourcentage de 7,8%, contre 8,1% en 2007, tout en restant un élément structurant du paysage. Néanmoins, la pression sur ses abords s'intensifie du fait de l'approche des zones urbanisées et des activités humaines. Cette dynamique traduit une transition graduelle vers une urbanisation accrue. Il convient également de noter la pression exercée par le pâturage sur les berges du lac (Chelghoum, 2012). Ce surpâturage détruit les écosystèmes vulnérables de la réserve (Ramade, 1981).

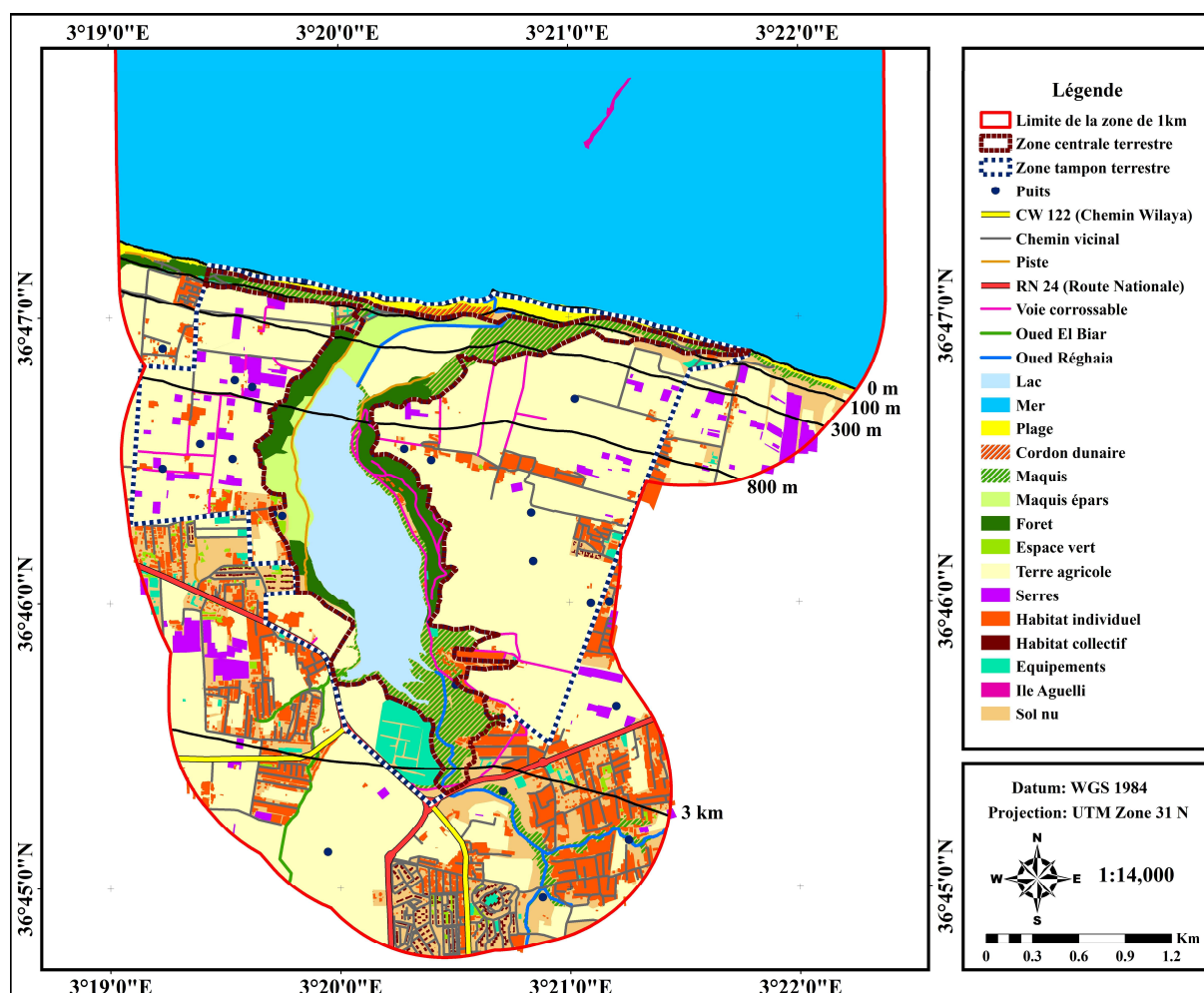


Figure 23 : Carte d'occupation du sol de la zone de 1 km autour de la réserve naturelle de Réghaia (Année 2017)

Une analyse plus détaillée à l'échelle de la zone périphérique de 1 km autour de la Réserve naturelle de Réghaïa met en évidence des transformations marquées qui traduisent une évolution progressive de la structure spatiale du territoire.

Les terres agricoles ont régressé en raison de leur conversion en zones urbanisées ou aménagées. Au sein de cette classe, les cultures ont diminué (58,1%), tandis que les serres ont augmenté (3,4%), signalant une intensification agricole pour compenser la perte de surfaces.

L'habitat s'est étendu significativement, principalement vers le sud et l'ouest, notamment en direction de Heraoua. Dominé par l'habitat individuel, cet étalement linéaire le long des axes routiers fragmente le territoire et ronge les terres agricoles. L'habitat illicite apparaît de manière plus réduite, ce qui peut s'expliquer par des opérations de réorganisation urbaine ou de contrôle de l'occupation du sol, traduisant une tentative de maîtrise de l'urbanisation informelle.

Les équipements ont progressé à 2,1%, s'enrichissant de nouvelles fonctions absentes en 2007, telles que les hôtels, infrastructures commerciales, socio-culturelles et cimetières. Implantés près des zones urbanisées et axes routiers, ils accentuent l'attractivité du territoire et accélèrent l'urbanisation. La station d'épuration des eaux a connu une première extension par rapport à 2007, traduisant une augmentation des besoins en traitement.

Globalement, cette configuration spatiale reflète une mutation territoriale sous une forte pression anthropique : extension urbaine, réduction agricole et dégradation des espaces naturels. Bien que conforme en partie au Plan d'Occupation des Sols (POS) et au Plan d'Aménagement Côtier (PAC), qui guident le développement littoral, elle révèle des dépassements, comme la conversion agricole et leur fragmentation. L'année 2017 marque ainsi une transition vers une anthropisation accrue, avec des risques croissants de dégradation pour le lac et ses abords.

4.1.3.3 Année 2025

La carte d'occupation du sol en 2025 (Figure 24) et le tableau correspondant (Tableau 14) confirment la persistance des tendances antérieures. Les terres agricoles poursuivent leur déclin à 715,82 ha (60,4% de la superficie totale), marquant une régression continue de cette catégorie. À l'inverse, l'habitat s'étend davantage à 155,39 ha (13,1%), soulignant une urbanisation accrue. Les équipements progressent aussi à 2,4%, reflétant un aménagement et des services en développement. Le milieu naturel stagne à 16,2%, le lac reste stable de 7,9% par rapport à 2017, indiquant une résilience des composantes naturelles principales. Cette évolution révèle une mutation territoriale persistante, dominée par la dynamique urbaine.

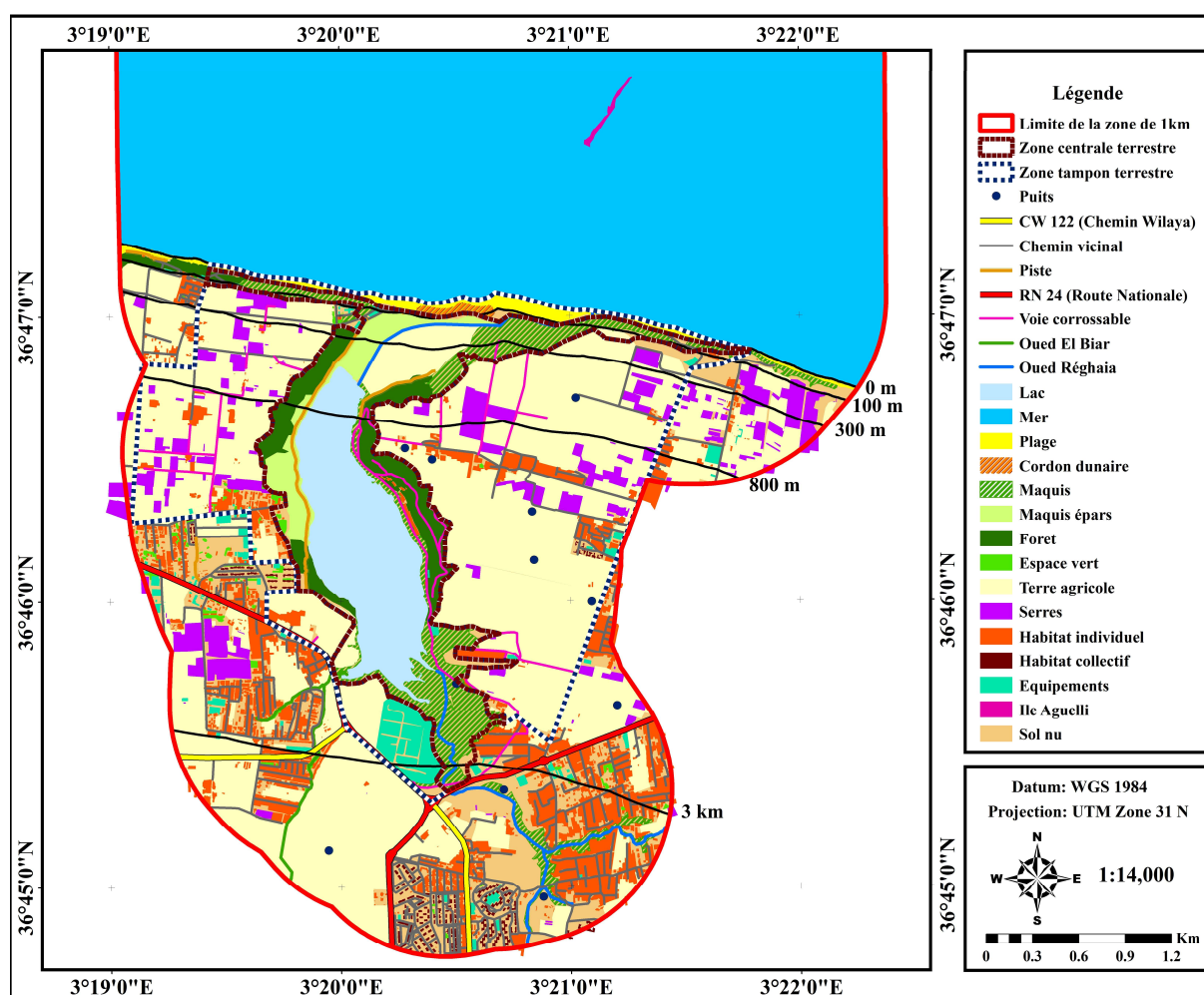


Figure 24 : Carte d'occupation du sol de la zone de 1 km de la réserve naturelle de Réghaia (Année 2025)

L'analyse détaillée de la carte d'occupation du sol en 2025, dans la zone de 1 km autour de la Réserve naturelle de Réghaïa, permet de distinguer les transformations suivantes sur le terrain :

Les terres agricoles se localisent principalement aux interfaces avec les extensions urbaines, via leur conversion progressive en zones bâties. Les cultures chutent à 53,9%, tandis que les serres grimpent à 6,4%, illustrant une intensification agricole adaptative face à la pression foncière.

L'habitat se développe principalement autour de Réghaïa et Heraoua, avec un étalement vers les périphéries. Dominé par l'habitat individuel (12,5% du total et 95% des habitats), cet étalement fragmente les terres agricoles et dilue la compacité urbaine, au profit d'une fonction résidentielle prédominante. L'habitat illicite n'est plus observé de manière significative, ce qui pourrait indiquer une résorption de ce type d'occupation au profit d'une urbanisation plus structurée et réglementée. Néanmoins, cela n'atteint pas l'objectif fixé par le plan côtier de Réghaïa tel que synthétisé par Larid (2015).

Les équipements se concentrent le long des axes routiers et des zones urbanisées, s'enrichissant d'infrastructures industrielles, sportives et éducatives. Cette diversification reflète une complexification fonctionnelle, liée à la croissance démographique et économique, malgré un tourisme sous-exploité. La station d'épuration des eaux connaît une extension notable, avec une augmentation de sa superficie et de ses capacités, en réponse à la croissance urbaine et à l'augmentation des rejets.

Le milieu naturel est marqué par une légère perte d'espaces verts. Le lac présente une stabilité globale avec un pourcentage de 7,9 %, légèrement supérieur à 2017 (7,8 %), traduisant une relative stabilité des composantes naturelles principales. Toutefois, cette stabilité apparente doit être interprétée avec prudence. En effet, la partie sud du lac demeure une zone humide active, caractérisée par la présence de plans d'eau temporaires, qui nécessitent une évaluation plus approfondie. Par ailleurs, la digitalisation du lac ne s'est pas limitée uniquement au plan d'eau permanent, mais a également intégré certaines zones inondables, ce qui peut influencer les valeurs de superficie observées.

Globalement, cette configuration intensifie la pression anthropique via l'urbanisation, l'intensification agricole et la diversification des équipements, favorisant l'artificialisation des sols et la réduction des terres agricole. Cette trajectoire creuse l'écart avec les directives du POS et du PAC : les conversions agricoles et extensions urbaines dépassent les limites prévues, surtout en zones sensibles. L'année 2025 signale une anthropisation avancée, avec des défis cruciaux pour une gestion durable, la préservation du lac et la protection littorale.

Synthèse générale

La confrontation des données des années 2007, 2017 et 2025 (Tableau 14) met en évidence une évolution progressive de l'occupation du sol, caractérisée par une transformation des structures spatiales et une dynamique d'urbanisation croissante et progressive autour de la réserve de Réghaïa. Cette évolution s'exprime par un basculement des usages fonciers : les terres agricoles reculent au bénéfice de l'urbanisation, tandis que la pression sur les espaces naturels s'intensifie (Figure 25). Le lac de Réghaïa garde sa place pivot, mais ses berges subissent une sollicitation accrue due aux activités humaines.

La station d'épuration de Réghaïa en est un marqueur clé : elle traite les eaux usées domestiques et industrielles de plusieurs communes avoisinantes (Bordj El Bahri, Rouïba, Réghaïa, Bordj El Kiffan, Heraoua, Aïn Taya et El Marsa), illustrant l'ampleur de la charge anthropique à l'échelle locale. Le processus de traitement suit une séquence complète du prétraitement

(dégrillage, dessablage, déshuilage) à la clarification, la filtration et la chloration, permettant une réutilisation pour l'irrigation ou un rejet limité vers le lac. Cette chaîne technique traduit une approche organisée pour atténuer les effets sur l'environnement.

D'après la STEP de Réghaïa, la capacité de traitement installée, divisée en deux tranches (tranche 1 : 80 000 m³/jour et tranche 2 : 72 000 m³/jour), complétée par 26 postes de relevage, s'adapte à la hausse des volumes d'eaux usées liée à l'urbanisation croissante. Par ailleurs, les boues issues du traitement sont stockées au niveau de la STEP, avant leur évacuation ou leur valorisation éventuelle. Ces boues peuvent entraîner une pollution locale par infiltration en cas d'une gestion inappropriée. Bien que les effluents en sortie de la STEP respectent les normes de rejet (DCO (50 mg/l), MES (20 mg/l), DBO5 (15 mg/l), NT (10 mg/l), PT (3 mg/l)), ils exercent une pression diffuse sur le lac, surtout en cas de surcharge ou de panne. Il convient de noter également qu'aucun traitement spécifique aux rejets industriels n'est installé au niveau de la STEP. Cela souligne la vulnérabilité du milieu récepteur et l'urgence d'un monitoring strict des déversoirs.

Tableau 14 : Répartition de l'occupation du sol en 2007, 2017 et 2025

Classe groupée	Année 2007		Année 2017		Année 2025		Classe	Année 2007		Année 2017		Année 2025	
	Superf (ha)	%	Superf (ha)	%	Superf (ha)	%		Superf (ha)	%	Superf (ha)	%	Superf (ha)	%
Habitat	119,02	10	149,98	12,6	155,39	13,1	Collectif	6,32	0,5	7,0007	0,6	7,69	0,6
							Individuel	112,70	9,4	142,98	12	147,71	12,5
Terre agricole	761,57	63,7	733,27	61,5	715,82	60,4	Serres	19,43	1,6	40,80	3,4	76,47	6,4
							Maraichage_grande culture	742,14	62,1	692,47	58,1	639,34	53,9
Equipement	17,80	1,5	25,34	2,1	28,95	2,4	Cimetière	0	0	0,34	0,03	0,34	0,03
							Hôtel	0	0	0,09	0,008	0,09	0,01
							Parking	3,14	0,3	3,94	0,3	3,96	0,3
							Santé	0	0	0	0	0,077	0,01
							Administratif	0,055	0,005	0,15	0,01	0,18	0,01
							Assainissement (station d'épuration)	11,74	1	14,71	1,2	14,56	1,2
							Commercial/ Artisanal	0	0	0,62	0,05	0,75	0,1
							Educatif	1,44	0,1	1,61	0,1	1,82	0,1
							Environnemental (Centre cynégétique)	0,07	0,006	0,07	0,006	0,06	0,01
							Industriel	0,64	0,05	1,69	0,1	3,48	0,3
							Religieux (Mosquée)	0,59	0,05	1,11	0,1	1,21	0,1
							Socio-culturel	0	0	0,19	0,01	0,17	0,01
							Sportif	0,06	0,005	0,73	0,1	2,12	0,2
							Technique	0	0	0,03	0,003	0,07	0,01
							Tourisme	0,05	0,004	0,05	0,004	0,05	0,004
	200,11	16,7	190,27	16	191,78	16,2	Plage	26,55	2,2	24,06	2,02	25,11	2,1

Classe groupée	Année 2007		Année 2017		Année 2025		Classe	Année 2007		Année 2017		Année 2025	
	Superf (ha)	%	Superf (ha)	%	Superf (ha)	%		Superf (ha)	%	Superf (ha)	%	Superf (ha)	%
Milieu naturel							Cordon dunaire	2,66	0,2	2,66	0,2	2,66	0,2
							Espaces verts	9,24	0,8	8,24	0,7	7,68	0,6
							Forêts	48,31	4,04	48,44	4,1	48,705	4,1
							Maquis	89,05	7,4	82,28	6,9	83,02	7,004
							Maquis épars	24,29	2,1	24,59	2,1	24,59	2,1
Lac	96,97	8,1	93,40	7,8	93,40	7,9	Lac	96,97	8,1	93,4001	7,8	93,4001	7,9
Somme des classes groupée	1195,48	100	1192,27	100	1185,35	100	Somme des classes	1195,4845	100	1192,27	100	1185,35	100

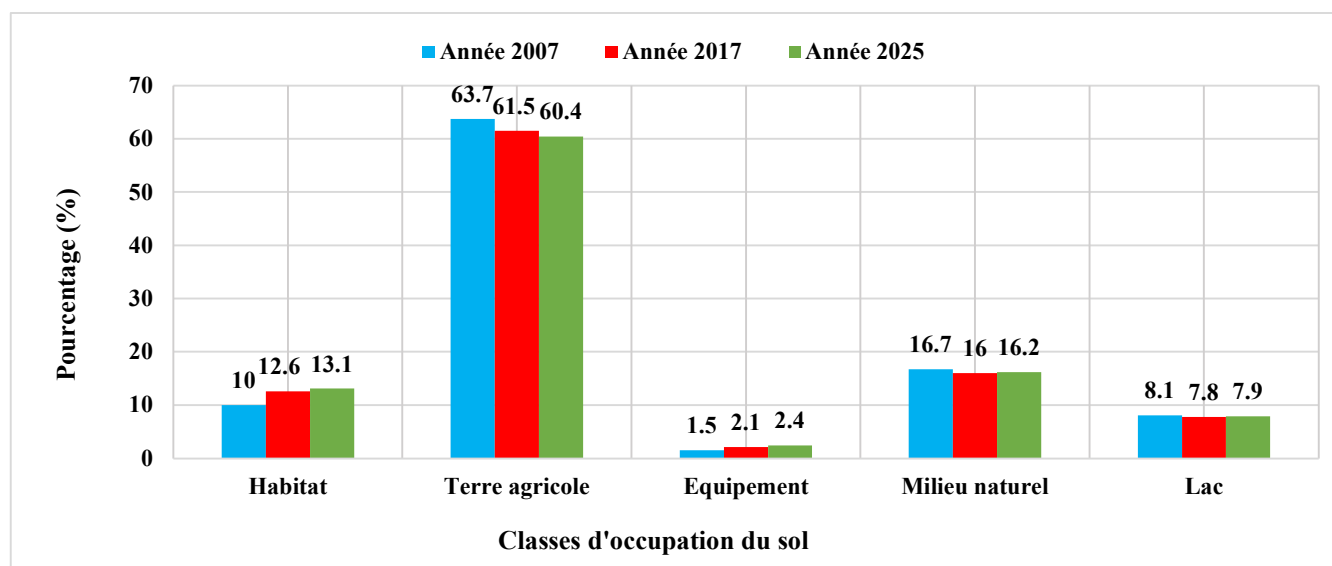


Figure 25 : Evolution de l'occupation du sol entre 2007 et 2025

4.1.3.4 Évolution de l'occupation du sol selon les zones de la réserve

L'analyse du Tableau 15, soutenue par la Figure 26 et la Figure 27, révèle une structuration spatiale fortement contrastée entre la zone centrale terrestre et la zone tampon.

La zone centrale est dominée par le milieu naturel (81,5% en 2007, 81,6% en 2017 et 83,4% en 2025), assurant une intégrité écologique stable voire en légère progression en tant que noyau protégé du système. Cette dynamique reflète une protection efficace qui bride les occupations anthropiques. Les terres agricoles y restent limitées et stables ($\approx 15\%$), confirmant une exploitation productive minimale, contrairement à la zone tampon. L'habitat y demeure marginal et connaît même une diminution notable, de 1,9% en 2007 à 0,7% en 2025 (suggérant une restructuration ou l'éradication d'installations informelles), tandis que les équipements demeurent négligeables et constants ($\approx 1,1\%$), alignés sur sa vocation protectrice.

La zone tampon, en revanche, est largement agricole (87,7% en 2007, 86% en 2017 et 85,2% en 2025), mais cette dominance recule au profit d'autres usages : l'habitat croît de 4% à 5,6%, et les équipements de 2,6% à 3,6% entre 2007 et 2025. Cette intensification anthropique marque le rôle de transition de cette zone entre la zone centrale protégée et les espaces plus urbanisés, impulsée par l'expansion des communes voisines et une structuration territoriale accrue.

Ce contraste illustre une organisation fonctionnelle du territoire : une zone centrale stable et préservée, opposée à une zone tampon en pleine transformation sous les pressions urbaines et les évolutions des usages du sol. Néanmoins, cette expansion reste relativement contrôlée. Il est important de noter également que la réserve de Réghaïa attire fortement le tourisme en raison de ses écosystèmes variés (marin, lacustre, forestier et agricole). La fréquentation estivale intense et les visites tout au long de l'année créent des pressions sur le site (Larid, 2015). La création d'une zone d'extension touristique (ZET) et l'installation d'infrastructures surdimensionnées risquent de perturber l'équilibre des écosystèmes et de provoquer des dysfonctionnements écologiques (Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, 2005).

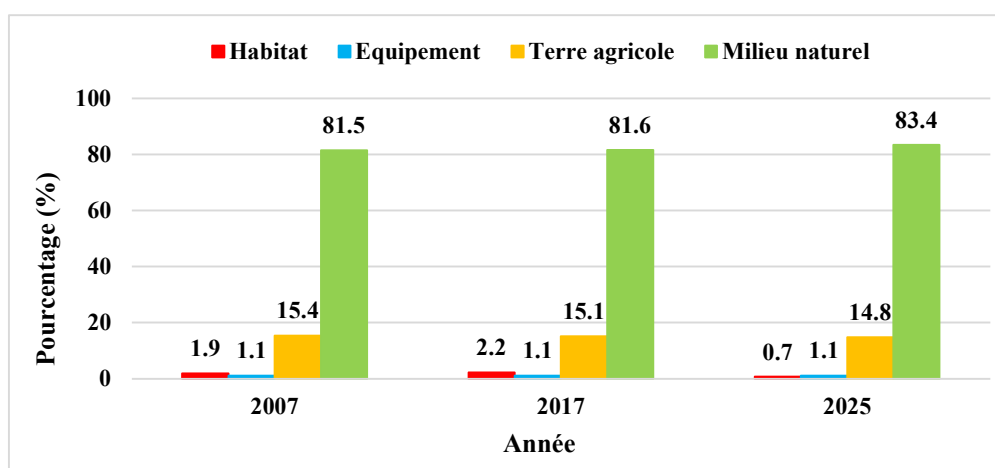


Figure 26 : Répartition de l'occupation du sol dans la zone centrale terrestre en 2007, 2017 et 2025

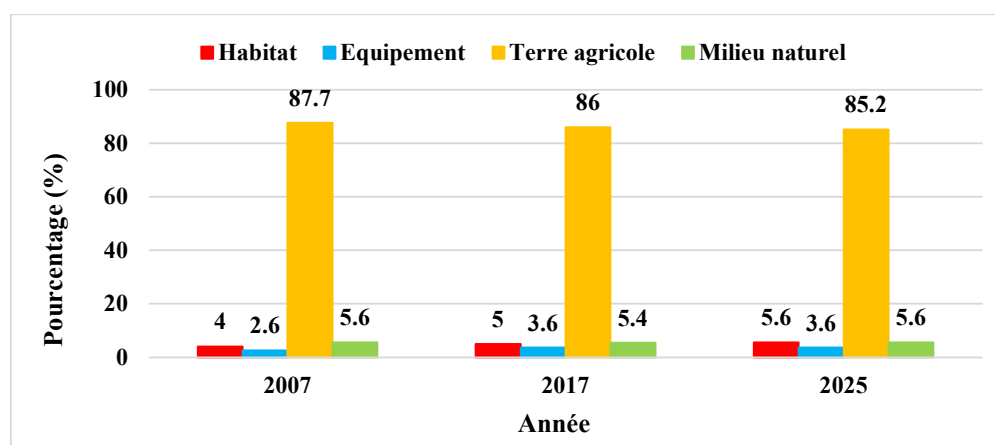


Figure 27 : Répartition de l'occupation du sol dans la zone tampon terrestre en 2007, 2017 et 2025

Tableau 15 : Évolution de l'occupation du sol dans la zone centrale et la zone tampon terrestre (2007, 2017 et 2025)

Classes groupée	Année	Zone centrale terrestre		Zone tampon terrestre	
		Superficie (ha)	Pourcentage (%)	Superficie (ha)	Pourcentage (%)
Habitat	2007	3,126	1,9	19,077	4
	2017	3,575	2,2	23,63	5
	2025	1,185	0,7	26,396	5,6
Equipement	2007	1,770	1,1	12,449	2,6
	2017	1,819	1,1	16,895	3,6
	2025	1,812	1,1	16,859	3,6
Terre agricole	2007	24,899	15,4	414,847	87,7
	2017	24,818	15,1	407,648	86

Classes groupée	Année	Zone centrale terrestre		Zone tampon terrestre	
		Superficie (ha)	Pourcentage (%)	Superficie (ha)	Pourcentage (%)
	2025	24,019	14,8	403,142	85,2
Milieu naturel	2007	131,656	81,5	26,665	5,6
	2017	134,282	81,6	25,713	5,4
	2025	135,827	83,4	26,827	5,6

4.1.3.5 Évolution de l'occupation du sol selon la loi 02-02

L'analyse de l'occupation des sols selon les zones définies par la loi 02-02 (Tableau 16, Figure 28, Figure 29 et Figure 30) permet de mieux comprendre la structuration spatiale du territoire en fonction de la distance au littoral. Elle met en évidence une organisation très marquée, révélant des niveaux différenciés de pression anthropique.

Dans la zone la plus proche du littoral (0–100 m), le milieu naturel domine quasi exclusivement, avec des valeurs supérieures à 94% sur l'ensemble de la période. Cette stabilité traduit le caractère fortement sensible et relativement protégé de cette bande, où les activités humaines demeurent très limitées. Cette configuration traduit un respect très satisfaisant des dispositions de la loi n° 02-02, notamment de la servitude de non-aedificandi applicable dans les 100 premiers mètres à partir du rivage.

Dans la zone 100–300 m, les terres agricoles deviennent dominantes, avec plus de 65% de l'occupation du sol. Toutefois, leur légère régression s'accompagne d'une progression de l'habitat et des équipements, ce qui traduit une pression croissante sur cette zone côtière sensible qui est frappée de servitude de non-aedificandi. A l'exception de la STEP, certains équipements observés ne nécessitent pas nécessairement une proximité immédiate de la mer, ce qui peut traduire un certain décalage entre les prescriptions de la loi 02-02 et les dynamiques d'aménagement observées sur le terrain. De plus, conformément à l'article 18 de la même loi, la servitude de non-aedificandi peut être étendue jusqu'à 300 m dans les milieux côtiers sensibles telle que la réserve de Réghaïa.

La zone 300–800 m se caractérise par une forte dominance agricole, supérieure à 84%, qui connaît également une diversification progressive des usages, notamment à travers l'augmentation de l'habitat. Elle constitue ainsi un espace de transition, où les fonctions agricoles coexistent avec une urbanisation émergente. Cette situation indique que cette bande

demeure globalement conforme aux orientations de la loi n° 02-02, bien qu'une pression anthropique croissante y soit perceptible.

Enfin, la zone située entre 800 m et 3 km se distingue par une dynamique d'urbanisation plus marquée. L'habitat y augmente sensiblement, de 12,8% en 2007 à 15,7% en 2025, de même que les équipements (de 2,2% à 3,6%). Cette évolution reflète l'extension de l'urbanisation dans les secteurs les plus éloignés du littoral, où les contraintes réglementaires sont moins strictes. Parallèlement, les terres agricoles y diminuent progressivement (70,7% en 2007, 66,4% en 2017 et 65,1% en 2025), confirmant leur conversion en zones urbanisées. Dans cette bande, les transformations observées restent compatibles avec les dispositions de la loi n° 02-02, les occupations du sol y étant réglementées mais non interdites.

Dans l'ensemble, l'évolution du milieu naturel dans ces différentes zones traduit une tendance à la fragmentation, particulièrement dans les zones intermédiaires, sous l'effet combiné de l'urbanisation et de l'exploitation agricole. Ainsi, les résultats montrent une relation directe entre la distance au littoral et l'intensité de la pression anthropique : plus on s'éloigne du littoral, plus les activités humaines s'intensifient au détriment des espaces naturels et des terres agricoles.

Pour conclure, il apparaît clair que la préservation de la réserve à long terme passe par une application concrète des principes de la GIZC. Depuis les années 2000, le gouvernement algérien a renforcé son cadre juridique et institutionnel pour intégrer ces principes de gouvernances, notamment après la ratification du protocole de Madrid sur la GIZC en 2008. Néanmoins, pour que la GIZC soit pleinement efficace en Algérie, un renforcement du partage des données, une meilleure participation de la société civile et une application plus stricte des lois environnementales existantes sont nécessaires (Khelil, 2021).

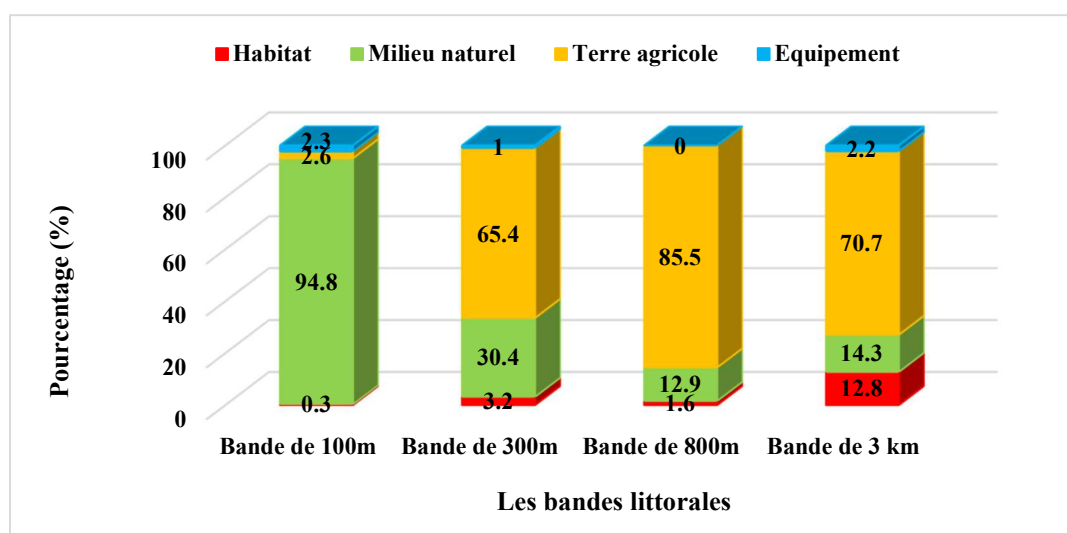


Figure 28 : Occupation du sol selon les zones réglementaires en 2007

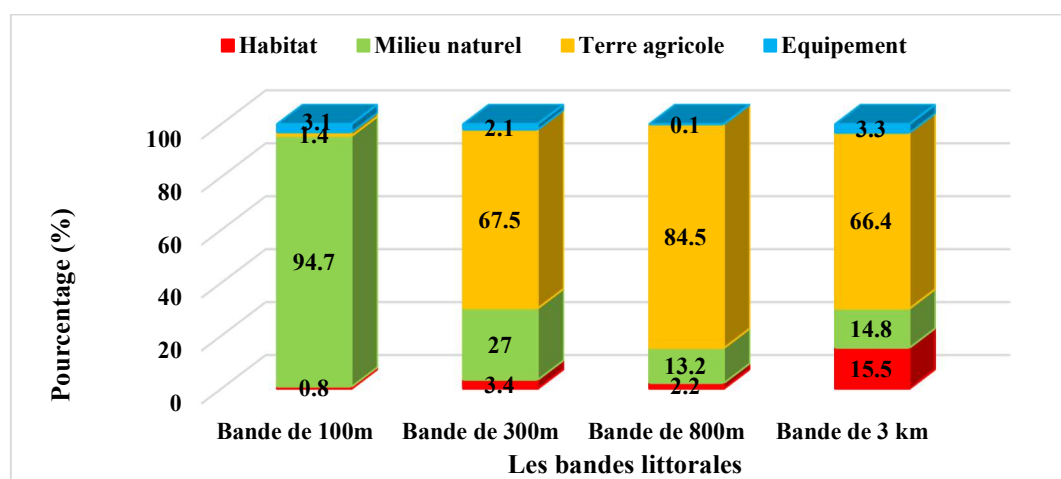


Figure 29 : Occupation du sol selon les zones réglementaires en 2017

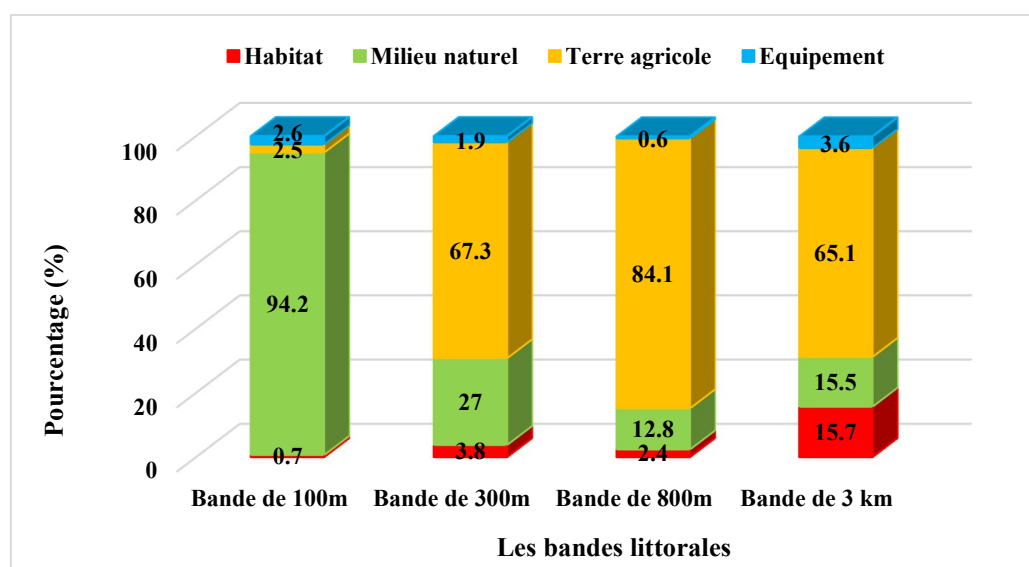


Figure 30 : Occupation du sol selon les zones réglementaires en 2025

Tableau 16 : Évolution de l'occupation du sol selon les zones de la loi 02-02 (2007, 2017 et 2025)

Classes groupée	Année	Zone 0m_100m		Zone 100m_300m		Zone 300m_800m		Zone 800m_3km	
		Superficie (ha)	Pourcentage (%)	Superficie (ha)	Pourcentage (%)	Superficie (ha)	Pourcentage (%)	Superficie (ha)	Pourcentage (%)
Habitat	2007	0,157	0,3	2,688	3,2	3,362	1,6	69,69	12,8
	2017	0,349	0,8	2,819	3,4	4,65	2,2	86,04	15,5
	2025	0,314	0,7	3,006	3,8	5,078	2,4	86,763	15,7
Equipement	2007	1,05	2,3	0,88	1	0	0	12,262	2,2
	2017	1,357	3,1	1,689	2,1	0,172	0,1	18,255	3,3
	2025	1,137	2,6	1,514	1,9	1,288	0,6	20,104	3,6
Terre agricole	2007	1,186	2,6	55,55	65,4	179,206	85,5	385,344	70,7
	2017	0,63	1,4	55,638	67,5	175,244	84,5	368,182	66,4
	2025	1,117	2,5	53,512	67,3	174,462	84,1	359,228	65,1
Milieu naturel	2007	44,086	94,8	25,777	30,4	26,998	12,9	77,748	14,3
	2017	41,778	94,7	22,25	27	27,258	13,2	82,287	14,8
	2025	41,975	94,2	21,52	27	26,662	12,8	85,446	15,5

4.2 Etude diachronique du trait de côte

4.2.1 Période 1980–2003

La première période d'analyse diachronique, couvrant une durée de 23 ans, met en évidence une dynamique littorale dominée par l'érosion sur l'ensemble du secteur côtier étudié, compris entre Réghaïa et Aïn Taya (Figure 31). La carte du NSM montre une forte prédominance des valeurs négatives sur la majorité des transects, traduisant un recul progressif du trait de côte au cours de cette période. Les secteurs les plus affectés correspondent principalement aux plages d'El Kadous, de Tarfaïa et Surcouf, où les classes d'érosion forte sont les plus représentées, tandis que certaines portions localisées de Déca et d'une partie de Réghaïa et d'El Kadous présentent une stabilité relative ou une légère accrétion. Les résultats statistiques obtenus à partir de l'extension DSAS indiquent un NSM moyen de -6,78 m et un EPR moyen de -0,29 m/an, avec 75,15 % des transects en érosion.

Le Tableau 17 des superficies confirme également cette dynamique régressive, avec 40 460,4 m² de zones érodées contre seulement 7 272,8 m² en accrétion, soit un bilan net négatif de - 33187,6 m². Cette perte importante de surface sableuse traduit un déficit sédimentaire marqué affectant particulièrement les plages centrales du littoral.

Cette dynamique érosive est principalement liée à l'action des houles dominantes de secteur nord à nord-est, qui génèrent une dérive littorale active assurant le transport longitudinal des sédiments d'ouest en est (Bellabad, 2020). Par ailleurs, la diminution progressive des apports solides issus de l'Oued Réghaïa, associée à l'urbanisation du littoral et à la dégradation des formations dunaires, a fortement réduit la capacité naturelle des plages à se reconstituer après les épisodes énergétiques (Bellabad, 2020). Ainsi, la période 1980–2003 correspond à une phase de déséquilibre morpho-dynamique marquée par une prédominance nette de l'érosion et une perte importante de surface sableuse sur l'ensemble du littoral étudié.

4.2.2 Période 2003–2015

La période 2003–2015, couvrant une durée de 12 ans, correspond à une phase d'intensification de la dynamique érosive sur le littoral étudié (Figure 32). La carte du NSM montre une extension des classes négatives sur une grande partie des transects, traduisant la persistance du recul du trait de côte. Les secteurs de Tarfaïa, Déca, les Flots Bleus, une partie de Surcouf et Réghaïa demeurent les zones les plus affectées, alors que certaines portions de Surcouf et d'El Kadous enregistrent localement des phases d'accrétion, indiquant une redistribution spatiale

des sédiments à l'échelle de la Baie de Zemmouri. La zone enregistre un NSM moyen de -5,93 m et un EPR moyen de -0,49 m/an, avec 68,05 % des transects en érosion.

Le tableau des superficies confirme cette tendance, avec 42 902,8 m² de surfaces érodées contre 14 256,5 m² en accrétion, soit un bilan net négatif de -28 646,3 m². Malgré l'augmentation locale des zones en accrétion, les pertes sédimentaires restent largement dominantes, traduisant une aggravation du déséquilibre morpho-dynamique. Ce déficit sédimentaire est lié à la combinaison de facteurs hydrodynamiques et anthropiques. D'après (Bellabad, 2020), les ouvrages de protection réalisés à Surcouf à partir de 2003 ont perturbé le transit sédimentaire longitudinal et favorisé les transports cross-shore liés aux courants de retour. La réduction des apports solides de l'Oued Réghaïa, accentuée par les aménagements réalisés au niveau du lac de Réghaïa, a également contribué à placer les plages dans une situation de déficit sédimentaire chronique, favorisant la dégradation progressive du cordon dunaire d'El Kadous (Bouakline, 2009; Otmani et al., 2019).

4.2.3 Période 2015–2025

La période récente 2015–2025, couvrant une durée de 10 ans, se distingue par une amélioration notable de la dynamique littorale, marquée par une tendance générale à la stabilisation et à une légère accrétion sur plusieurs secteurs du littoral (Figure 33). La carte du NSM montre une augmentation significative des classes positives, notamment au niveau des plages de Surcouf, une partie d'El Kadous et la partie Ouest des Flots Bleus, tandis que certaines portions d'El Kadous, de Tarfaia et la partie Est des Flots Bleus continuent de présenter des zones localement érodées. Les résultats indiquent un NSM moyen de +1,21 m et un EPR moyen de +0,11 m/an, avec 56,04 % des transects en accrétion.

Le tableau des superficies met également en évidence cette amélioration récente, avec 20 486,6 m² en accrétion contre 14 331,5 m² en érosion, soit un gain net positif de +6 155,1 m². Cette inversion du bilan sédimentaire traduit une phase de récupération partielle des surfaces sableuses sur plusieurs secteurs du littoral. Cependant, malgré cette amélioration relative, plusieurs secteurs demeurent fragilisés par les pressions anthropiques. Ceci pourrait être dû à la destruction de la végétation dunaire due au pâturage anarchique, à la forte fréquentation touristique estivale et aux activités de circulation mécanique sur les dunes qui ont accentué la vulnérabilité du littoral face à l'érosion (Bellabad, 2020). A titre indicatif, la plage El kadouss a reçu 4 millions de visiteurs durant l'été 2005 (Larid, 2008). Cette situation a favorisé localement des phénomènes de redistribution sédimentaire, notamment au niveau de l'embouchure de l'Oued Réghaïa et sur certaines portions de la plage de Réghaïa, en lien avec

la réorientation anthropique du chenal de l'oued et la dynamique des apports sableux le long du littoral.

4.2.4 Période 2003–2025

L'étude de la période 2003–2025 (Figure 34), couvrant une durée de 22 ans, met en évidence une dynamique intermédiaire caractérisée par une érosion encore dominante. La carte du NSM montre une prédominance des valeurs négatives dans les secteurs centraux du littoral, principalement au niveau des Flots Bleus, Déca, Tarfaia et la partie Ouest d'El Kadous et Réghaïa, tandis que les plages de Surcouf et la partie Est d'El Kadous présentent davantage de zones en accrétion ou en relative stabilité. Les résultats indiquent un NSM moyen de -5,21 m et un EPR moyen de -0,23 m/an, avec 63,31 % des transects en érosion.

Le tableau des superficies confirme cette tendance, avec 41 747,9 m² de surfaces érodées contre 16 338,1 m² en accrétion, soit un bilan net négatif de -25 409,8 m². Malgré une amélioration relative observée durant la période récente, l'érosion demeure dominante sur l'ensemble du littoral étudié. Cette évolution traduit une stabilisation progressive de certains secteurs grâce à des phases de réajustement morphologique et de redistribution sédimentaire. Toutefois, les plages centrales restent particulièrement vulnérables en raison de leur forte exposition aux houles dominantes et de la persistance du déficit sédimentaire chronique.

4.2.5 Période 1980–2025

L'analyse diachronique globale du trait de côte sur une période de 45 ans met en évidence une tendance générale dominée par l'érosion sur l'ensemble du littoral étudié (Figure 35). La carte du NSM montre une prédominance des valeurs négatives sur la majorité des transects, traduisant un recul cumulé important du rivage entre 1980 et 2025. Les secteurs centraux du littoral, notamment les plages de Tarfaia, Déca, Surcouf et la partie Ouest d'El Kadous et même Réghaïa, apparaissent comme les zones les plus vulnérables. Les résultats indiquent un NSM moyen de -12,1 m et un EPR moyen de -0,26 m/an, avec 86,29 % des transects en érosion.

Le tableau des superficies met également en évidence un fort déficit sédimentaire, avec 70 443,5 m² de zones érodées contre seulement 9 298,3 m² en accrétion, soit un bilan net négatif de -61 145,2 m². Ces résultats montrent que les gains récents restent insuffisants pour compenser les pertes accumulées depuis 1980. Cette évolution traduit l'existence d'un déficit sédimentaire structurel affectant durablement l'équilibre morpho-dynamique du littoral. La réduction des apports terrigènes, la dérive littorale active et l'anthropisation croissante du rivage expliquent la persistance de cette dynamique érosive à long terme. L'exploitation illégale et chaotique du

sable a conduit également à la dégradation des dunes majeures. Ces opérations d'extraction entraînent inévitablement une salinisation de la région terrestre et marécageuse, la nappe phréatique est à moyen terme condamnée, n'étant plus protégée de la mer par le cordon dunaire qui faisait également office de filtre mécanique. Ainsi, l'intégralité de l'agriculture et l'approvisionnement en eau potable pour toute la région de Réghaia sont en danger (Metna, 2014). Il convient également de souligner l'importance d'une régulation des flux humains balnéaires pour la préservation des dunes bordières de la zone de Réghaia (Larid, 2008).

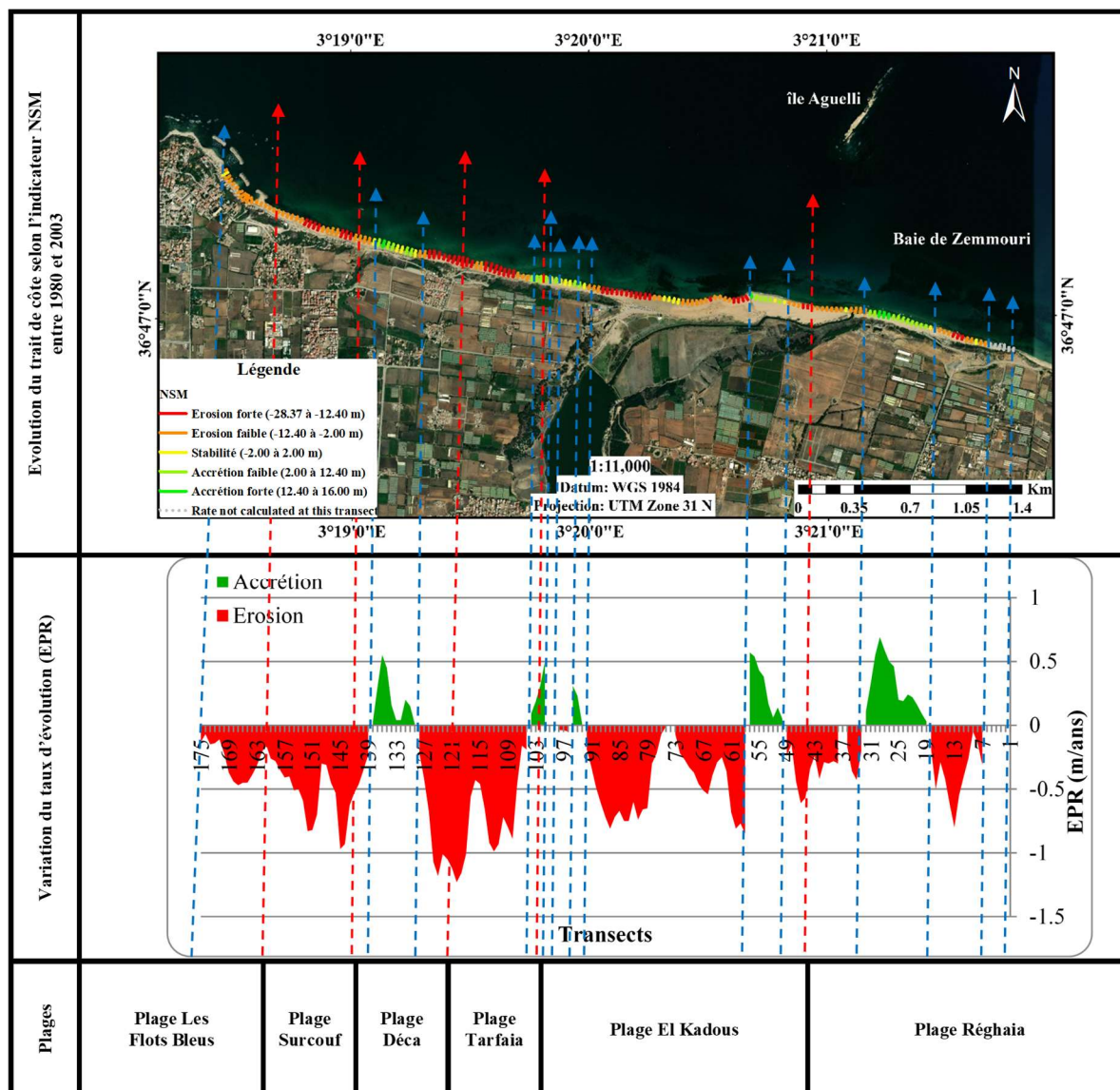


Figure 31 : Cartographie de l'évolution du trait de côte selon l'indicateur NSM et distribution des taux d'évolution EPR entre 1980 et 2003

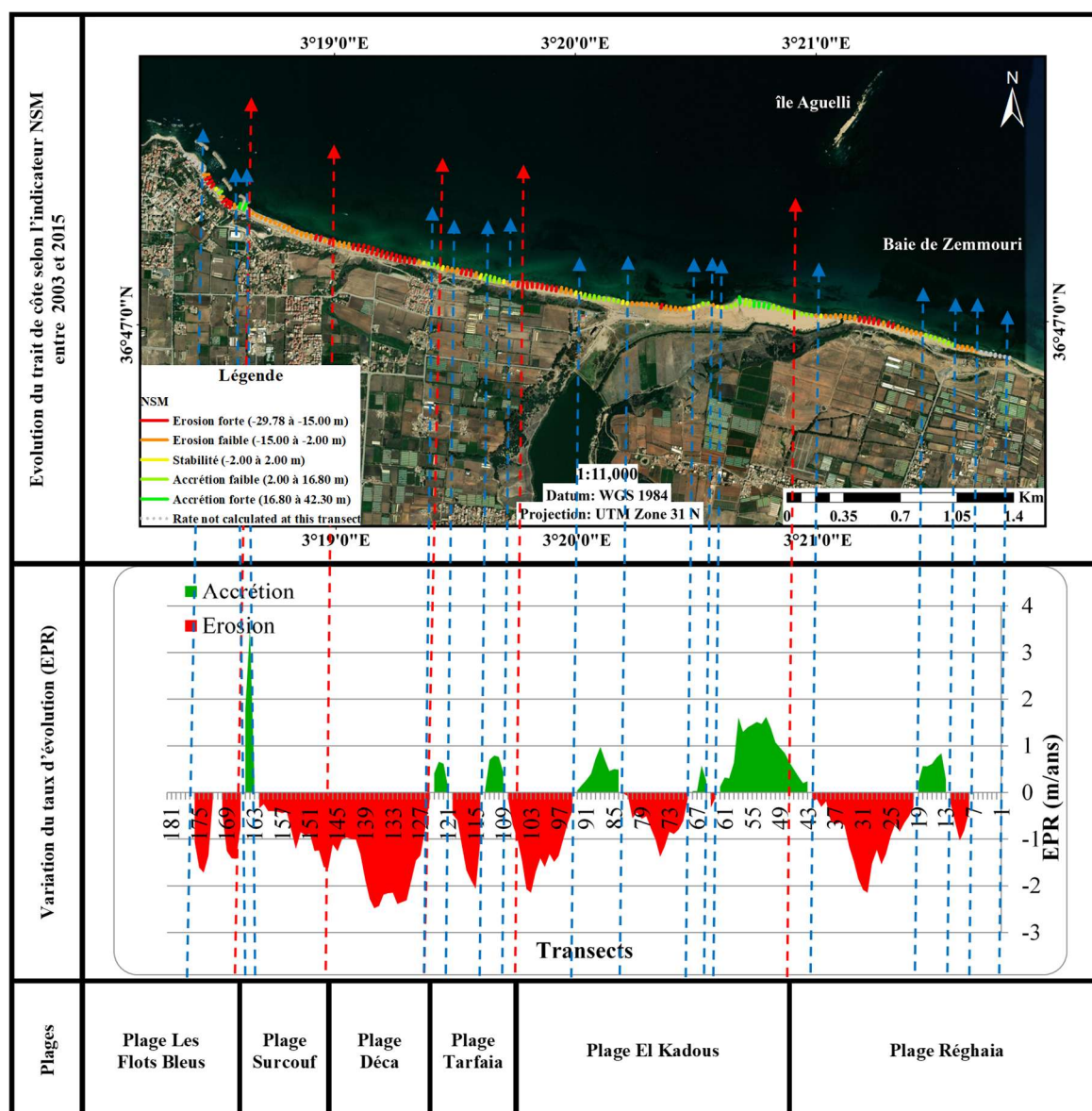


Figure 32 : Cartographie de l'évolution du trait de côte selon l'indicateur NSM et distribution des taux d'évolution EPR entre 2003 et 2015

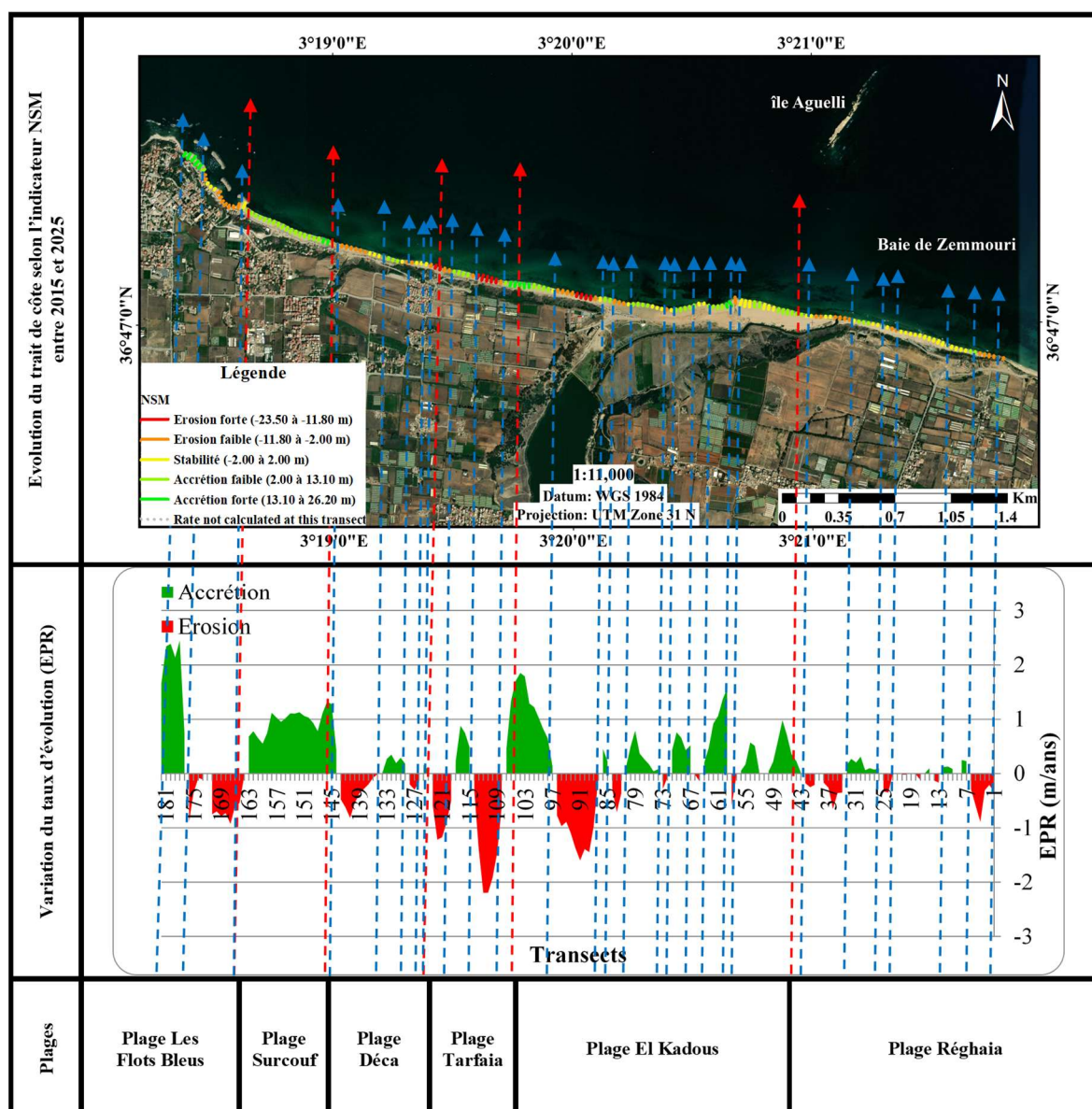


Figure 33 : Cartographie de l'évolution du trait de côte selon l'indicateur NSM et distribution des taux d'évolution EPR entre 2015 et 2025

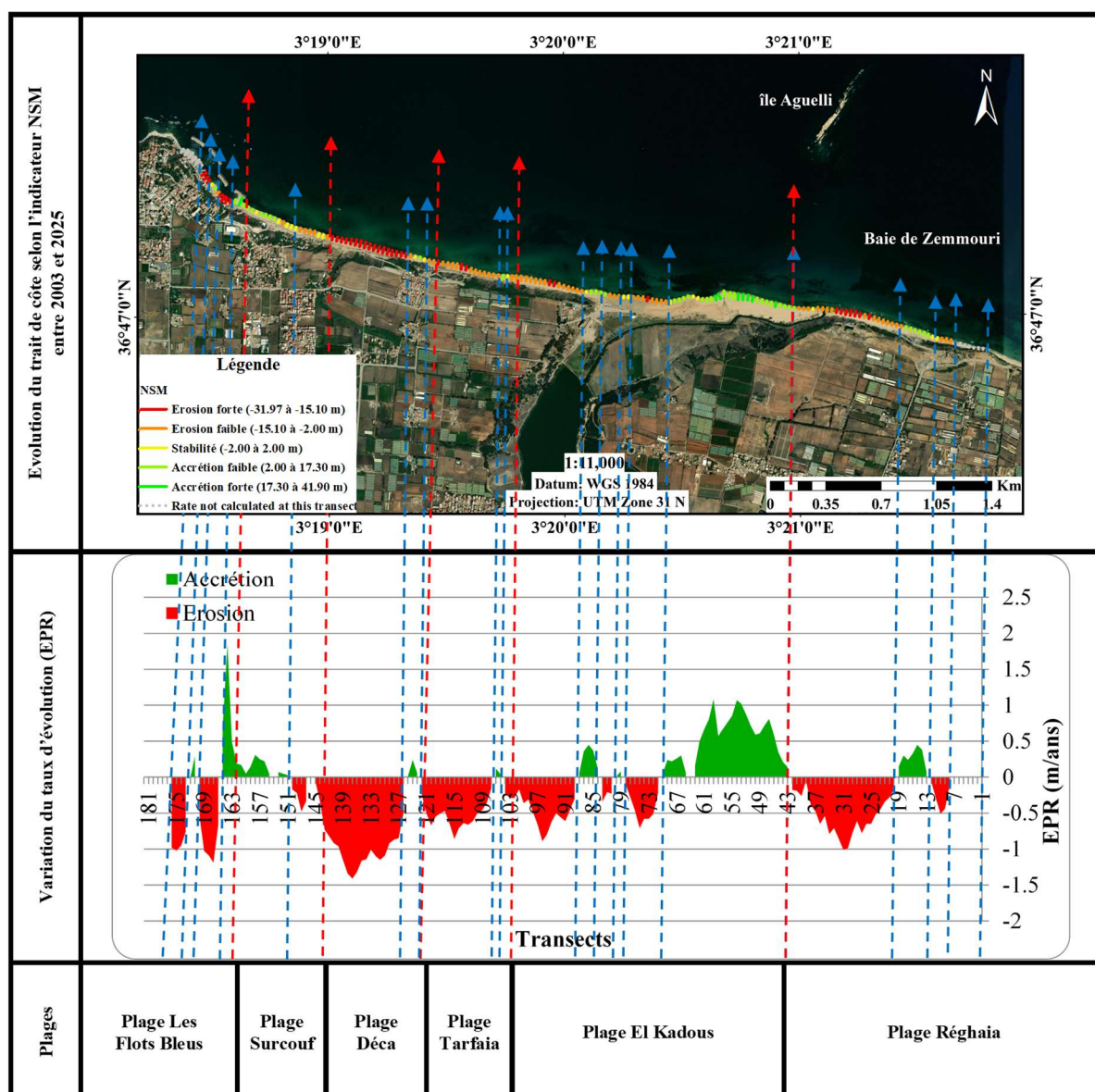


Figure 34 : Cartographie de l'évolution du trait de côte selon l'indicateur NSM et distribution des taux d'évolution EPR entre 2003 et 2025

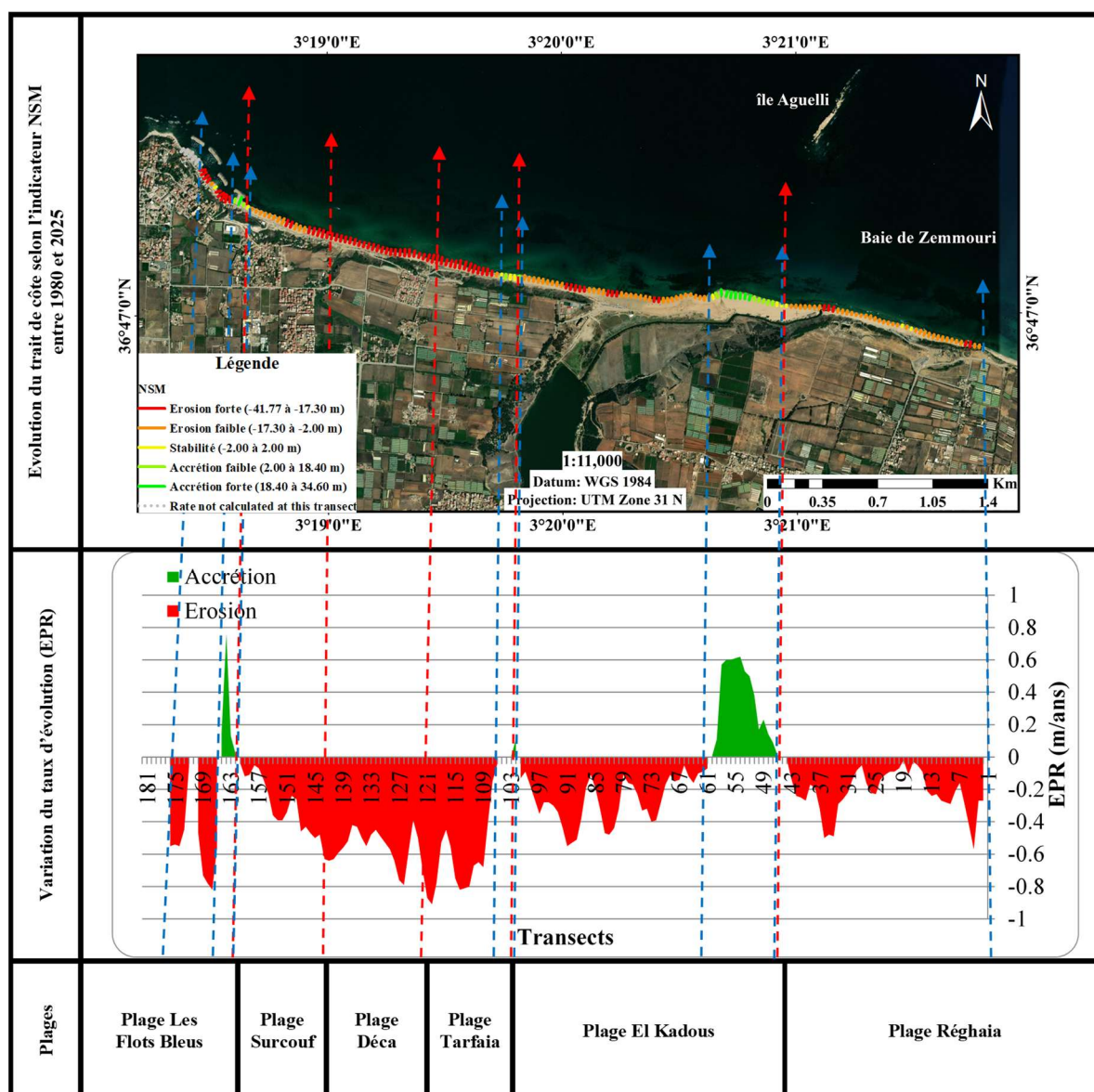


Figure 35 : Cartographie de l'évolution du trait de côte selon l'indicateur NSM et distribution des taux d'évolution EPR entre 1980 et 2025

Tableau 17 : Bilan surfacique comparatif des zones en érosion et en accrétion pour les différentes périodes d'étude

Périodes	Superficie des zones d'érosion(m ²)	Superficie des zones d'accrétion (m ²)	Bilan (Accrétion-Erosion) (m ²)
1980_2003	40 460,4	7 272,8	-33 187,6
2003_2015	42 902,8	14 256,5	-28 646,3
2015_2025	14 331,5	20 486,6	+6 155,1
1980_2025	70 443,5	9 298,3	-61 145,2
2003_2025	41 747,9	16 338,1	-25 409,8

Conclusion

Conclusion

Le présent travail s'inscrit dans un contexte marqué par la dégradation progressive des zones humides côtières sous l'effet des pressions anthropiques croissantes. À travers l'exemple de la Réserve naturelle de Réghaïa, ce mémoire avait comme objectif d'analyser les dynamiques d'occupation du sol entre 2007 et 2025 et leur impact sur cet écosystème fragile, tout en intégrant l'étude de l'évolution du trait de côte comme indicateur des transformations littorales.

Les résultats obtenus ont permis de mettre en évidence des transformations significatives à différentes échelles d'analyse. À l'échelle du bassin versant, l'analyse de l'occupation du sol en 2025 révèle une forte domination des espaces bâtis, qui représentent environ 36,9 % de la superficie totale, suivis par les milieux naturels avec 29,8 %, les terres agricoles avec 22,4 %, tandis que les zones industrielles occupent près de 9,7 %. Cette répartition traduit une urbanisation intensive, notamment dans les zones de Rouïba et Réghaïa, où se concentrent les activités industrielles. Cette configuration spatiale engendre des pressions environnementales importantes, notamment en termes de pollution des eaux superficielles, les rejets industriels et les eaux de lessivage des terres agricoles étant en grande partie dirigés vers l'Oued Réghaïa et ses affluents.

À l'échelle communale, les résultats confirment une expansion continue de l'urbanisation, caractérisée par une artificialisation croissante des sols et une extension de l'habitat vers les zones périphériques. Cette dynamique est particulièrement marquée dans les communes de Haraoua et d'Aïn Taya, où les espaces bâtis atteignent respectivement 44,2 % et 43,6 % de la superficie communale en 2025. La commune de Réghaïa présente également une forte pression anthropique avec 23,6 % d'espaces bâtis et 18,6 % de zones industrielles, tandis que Rouïba se distingue par une importante expansion industrielle atteignant 18 % de sa superficie. Parallèlement, les terres agricoles régressent progressivement, passant notamment à 50,8 % à Réghaïa, 52,1 % à Aïn Taya et 49,1 % à Haraoua en 2025. Cette évolution traduit une forte pression démographique et un développement territorial insuffisamment maîtrisé, accentuant les risques environnementaux tels que les inondations, la fragmentation des habitats naturels et la dégradation progressive des écosystèmes.

À l'échelle de la réserve naturelle, l'étude met en évidence une évolution contrastée entre les différentes zones de protection. Dans la zone centrale, les efforts de conservation semblent produire des effets positifs, avec une augmentation des milieux naturels de 81,5 % en 2007 à 83,4 % en 2025, tandis que l'habitat recule de 1,9 % à seulement 0,7 %. À l'inverse, la zone

tampon connaît une intensification progressive des pressions anthropiques, marquée par une augmentation de l'habitat de 4 % à 5,6 % entre 2007 et 2025 ainsi qu'une progression des équipements de 2,6 % à 3,6 %. Ces résultats montrent que, malgré l'efficacité relative des mesures de protection au cœur de la réserve, les espaces périphériques demeurent fortement exposés à l'urbanisation croissante des communes voisines.

Par ailleurs, l'analyse diachronique du trait de côte, basée sur les périodes 1980–2003, 2003–2015, 2015–2025 et 1980–2025, a permis de mettre en évidence des dynamiques littorales contrastées. Les indicateurs NSM et EPR révèlent une tendance générale dominée par l'érosion sur l'ensemble de la période d'étude. Les secteurs les plus vulnérables correspondent principalement aux plages de Tarfaia, Déca, Surcouf ainsi qu'à la partie ouest d'El Kadous et de Réghaïa. Sur la période globale 1980–2025, le recul moyen du trait de côte atteint 12,1 m (NSM moyen), avec un taux moyen d'évolution de -0,26 m/an et plus de 86 % des transects affectés par l'érosion. Le bilan surfacique met également en évidence une perte nette de 61 145,2 m², avec 70 443,5 m² de zones érodées contre seulement 9 298,3 m² en accrétion. La période 2015–2025 constitue toutefois une phase relativement plus favorable, caractérisée par un bilan positif de +6 155,1 m², traduisant une certaine redistribution sédimentaire. Cette variabilité spatiale et temporelle résulte de l'action combinée des facteurs naturels, de la réduction des apports sédimentaires et des pressions anthropiques liées aux aménagements côtiers et à l'anthropisation croissante du littoral.

Malgré l'existence d'un cadre de gestion basé sur la GIZC, plusieurs lacunes ont été identifiées dans sa mise en œuvre sur le terrain. La GIZC constitue une approche pertinente qui permet d'intégrer les dimensions environnementales, économiques et sociales dans la gestion des zones côtières. Elle favorise également la concertation entre les différents acteurs et la prise en compte des spécificités territoriales. Cependant, dans le cas de la réserve de Réghaïa, bien que des réunions de concertation aient été organisées lors de l'élaboration des plans de gestion, celles-ci ne semblent pas être maintenues de manière régulière dans la phase de mise en œuvre. Ce manque de continuité dans la gouvernance participative constitue une faiblesse importante dans le processus de gestion.

Par ailleurs, parmi les principales lacunes de gestion observées, il convient de souligner que le décret final de classement de la réserve tarde encore à être publié. À ce jour, la protection du site repose essentiellement sur deux arrêtés de wilaya, ce qui limite la portée juridique et opérationnelle des mesures de gestion et de protection mises en œuvre. Cette situation réduit

l'efficacité des actions de préservation et complique l'application stricte des réglementations environnementales au sein de la réserve

En outre, la question du financement représente un obstacle majeur. L'absence de ressources financières suffisantes limite la mise en œuvre effective des actions de gestion et de protection. Le secteur de l'environnement, en Algérie, bénéficie d'un budget relativement faible par rapport à d'autres secteurs, ce qui rend les initiatives de gestion fortement dépendantes des programmes et financements internationaux. Cette dépendance peut entraîner une certaine instabilité dans la continuité des projets et limiter leur efficacité à long terme.

Ainsi, malgré les efforts engagés, la gestion actuelle de la réserve reste insuffisante face à l'ampleur des pressions anthropiques, ce qui souligne la nécessité de renforcer les dispositifs institutionnels, financiers et opérationnels.

Dans une perspective d'amélioration des stratégies de gestion actuelles, plusieurs recommandations peuvent être proposées. Il apparaît essentiel de renforcer le suivi spatio-temporel de l'occupation du sol à l'aide d'outils de télédétection et de systèmes d'information géographique. Il est nécessaire d'assurer une continuité dans les processus de concertation entre les différents acteurs, notamment les institutions publiques, les collectivités locales et la société civile. Une meilleure implication des parties prenantes contribuerait à une gestion plus efficace et durable. Enfin, l'amélioration des mécanismes de financement paraît indispensable. Le développement de partenariats nationaux et internationaux, ainsi que la mobilisation de ressources financières dédiées à la protection de l'environnement, permettraient de renforcer les capacités de gestion et d'assurer la pérennité des actions engagées.

En conclusion, cette étude met en évidence l'importance de l'analyse de l'occupation du sol et du trait de côte comme outils d'aide à la décision pour la gestion des zones humides côtières. Elle souligne également la nécessité d'adopter une approche intégrée et durable, capable de concilier les exigences du développement et de la préservation environnementale, afin d'assurer la protection à long terme de la réserve naturelle de Réghaïa.

Bibliographie

Bibliographie

- Ahriz, S., Nedjraoui, D., Sadki, N., (2010).** The impact of industrial pollution on the ecosystem of Réghaia Lake (Algeria). *Desalination Water Treat.* 24, 1–6. <https://doi.org/10.5004/dwt.2010.130>
- Akkouche, I., Mahdjoub Araïbi, A., (2016).** Le lac de reghaia, pour la preservation d'un patrimoine naturel. Département d'architecture, Faculté du Génie de la Construction. Tizi Ouzou : Université Mouloud Mammeri.
- Annani, F., (2013).** Essai de biotypologie des zones humides du constantinois. Thèse de doctorat. Écologie. Annaba : Université Badji Mokhtar.
- Barbier, E.B., Acreman, M.C., Knowler, D., (1997).** Evaluation économique des zones humides: guide à l'usage des décideurs et planificateurs. Gland, Suisse : Bureau de la Convention de Ramsar.
- Bellabad, F., (2020).** Etude de l'évolution surfacique et volumétrique du cordon dunaire d'El Kados (commune de Heraoua). Mémoire d'ingénieur. Spécialité : Gestion et protection du littoral. Alger : École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral.
- Benabdi, M., (2015).** Plan de gestion de la réserve naturelle de réghaia en algérie. CAR/ASP - PNUE/PAM, Tunis : CAR/ASP - Projet MedMPAnet.
- Bernard, G., Girardin, S., (2011).** Travaux en zones humides : Vade-mecum des bonnes pratiques. Orléans : Fédération des Conservatoires d'Espaces Naturels.
- Bouakline, S., (2009).** Variations historiques de la ligne de rivage et érosion côtière le long de la côte Est Algéroise entre Cap Matifou et l'embouchure de l'oued Reghaïa. Thèse de doctorat. Alger: Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene (USTHB).
- Bouchelouche, D., Saal, I., Arab, A., (2021).** Study of the impact of metal and organic pollution on benthic macrofauna using multivariate analyses in coastal wetland of Reghaïa, Algeria. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 46816–46826. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14820-7>
- Boudjada, Z., Boutaleb, H., (2021).** Contribution à l'étude de la biodiversité d'une zone humide dans la wilaya de Jijel (cas de la réserve naturelle de béni-bélaid). Mémoire de master. Spécialité : Écologie. Jijel : Université Mohamed Seddik Ben Yahia.
- Bouhezila, F., Hacene, H., Aichouni, M., (2020).** Water quality assessment in Réghaïa (North of Algeria) lake basin by using traditional approach and water quality indices. *Kuwait Journal of Science*, 47(4), 57–71.
- Boussaid, K., Chebouti-Meziou, N., (2020).** Biochemical approach to assess groundwater pollution by heavy metals pollutants and organics (case Reghaia Lake, Algeria). *Highlights in BioScience*, 3. <https://doi.org/10.36462/H.BioSci.20225>
- Boutria, S., (1986).** Contribution à l'étude de la pollution de la zone industrielle Rouiba-Réghaia cas de la mégisserie de Rouiba. Mémoire de projet de fin d'études. Génie de l'Environnement. Alger : École Nationale Polytechnique.

- CAR/ASP - PNUE/PAM, (2015).** Plan de gestion de la future réserve naturelle de Réghaia en Algérie. Par Mouloud BENABDI. Ed. CAR/ASP - Projet MedMPAnet, Tunis: 120 p.
- Chelghoum, A., (2012).** Contribution méthodologique au bilan-diagnostic du « plan GIZC de Réghaïa ». Mémoire d'ingénieur. Spécialité : Aménagement. Alger : École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral.
- Conservatoire du littoral, (s.d).** Les zones humides. [En ligne]. [Consulté le 22/04/2026]. Disponible sur le web : <https://www.conservatoire-du-littoral.fr/84-les-zones-humides.htm>
- Convention Ramsar, (2019).** Fiche d'information Ramsar — DZ1304 : Réserve naturelle du Lac de Réghaïa, Algérie. [En ligne]. [Consulté le 14/02/2026]. Disponible sur le web : <https://rsis.ramsar.org/ris/1304>
- Convention sur les zones humides (Ramsar), (2007).** Les zones humides : qu'est-ce que c'est. [En ligne]. [Consulté le 02/02/2026]. Disponible sur le web : <https://www.ramsar.org>
- DGF and MedWet, (2006).** Plan de Gestion de la Réserve Naturelle du Lac de Réghaïa (Algérie). Par Marc Thibault. Projet LIFE3 TCY/INT/031 : Maghreb zones humides, Protection et développement durable des zones humides en Afrique du Nord.
- Faye, I.B.Nd., Giraudet, E., Gourmelon, F., Hénaff, A., (2012).** Cartographie normalisée de l'évolution du trait de côte. Mappemonde 104, <http://mappemonde.mgm.fr/num32/articles/art11404.html>.
- Fettis, N., (2016).** Inventaire et Ecologie de l'avifaune aquatique de la réserve naturelle du lac de Réghaia. Mémoire de master. Spécialité : Diversité et écologie des peuplements animaux. Tizi-Ouzou : Université Mouloud Mammeri.
- Gasmi, O., (2013).** Analyse des données environnementales dans la zone humide de Réghaia (Qualité des eaux). Mémoire de master en Sciences de la mer. Alger : École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral.
- Gouga, H., (2015).** Biodiversité faunistique à Sebkhet Bazer (Sud de Sétif) connaissance et conservation. Mémoire de magister. Spécialité : Biologie animale. Sétif : Université Ferhat Abbas.
- Hachemi, I., Sadeli, N., (2010).** Contribution au projet de réserve naturelle "lac de Réghaia": Approche de la réhabilitation de la zone côtière. Mémoire d'ingénieur. Spécialité : Aménagement du littoral. Alger : École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral.
- Himmelstoss, E.A., Henderson, R.E., Kratzmann, M.G., Farris, A.S., (2018).** Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 5.0 user guide (No. 2018–1179), Open-File Report. U.S. Geological Survey. <https://doi.org/10.3133/ofr20181179>
- Khelil, N., (2021).** La gestion intégrée de la zone côtière algéroise : entre doctrine et pratique. Thèse de doctorat. Alger : École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral.
- Lardjane- Hamiti, A., (2014).** Ethologie et biologie de la reproduction du Fuligule nyroca Aythya nyroca (Guldenstadt, 1770) et du Fuligule milouin Aythya ferina (Linnaeus, 1758) dans la réserve naturelle du lac de Réghaia. Thèse de doctorat en sciences biologiques. Tizi-Ouzou : Université Mouloud Mammeri.

- Larid, M., (2015).** L'apport du retour d'expérience au processus de gestion intégrée des zones côtières. Méditerranée. Revue géographique des pays méditerranéens / Journal of Mediterranean Geography, 125, 141–152. <https://doi.org/10.4000/mediterranee.8091>
- Larid, M., (2010).** Contribution méthodologique pour la connaissance du rôle des acteurs locaux dans la réalisation d'un projet de territoire : le cas du projet de la réserve naturelle de Réghaia dans la zone côtière Est de l'Algérois. Développement durable et territoires, 1(3). <https://doi.org/10.4000/developpementdurable.8694>
- Larid, M., (2008).** La zone côtière humide de Réghaia dans le littoral Est Algérois (Algérie) : Contribution méthodologique à son plan de gestion. Cybergeog : European Journal of Geography, Article 425. <https://doi.org/10.4000/cybergeog.18852>
- Loi n° 11-02, (2011).** Loi n° 11-02 du 14 Rabie El Aouel 1432 correspondant au 17 février 2011 relative aux aires protégées dans le cadre du développement durable. Journal officiel de la République algérienne n°13 du 28 février 2011.
- Mallet, C., Michot, A., avec la collaboration de De La Torre Y., Lafon V., Robin M. et Prevotaux B., (2012).** Cartographie normalisée de l'évolution du trait de côte. Rapport BRGM/RP-60616-FR.
- Maltby, E., (2009).** Functional Assessment of Wetlands: Towards Evaluation of Ecosystem Services. Woodhead Publishing, Cambri
- Maltby, E., Acreman, M.C., (2011).** Ecosystem services of wetlands: pathfinder for a new paradigm. Hydrological Sciences Journal, 56(8), 1341–1359. <https://doi.org/10.1080/02626667.2011.631014>
- Metna, F., (2014).** Ecologie trophique, éthologie et biologie de la reproduction de la foulque macroule fulica atra (linné, 1758) dans la réserve naturelle du lac de Réghaia (Algérois) et dans le barrage de djbla (Kabylie). Thèse de doctorat en sciences biologiques. Tizi-Ouzou : Université Mouloud Mammeri.
- Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, (2005).** Programme d'Aménagement Côtier (PAC) "Zone côtière algéroise" Activité: Gestion intégrée des zones côtières Action pilote: Site du lac de Réghaia. Programme d'Actions Prioritaires – Centre d'Activités Régionales, Alger, Algérie.
- Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, (2002).** CBD Thematic Report on Protected Areas – Algeria (National Report). Rapport national présenté dans le cadre de la Convention sur la diversité biologique. Alger, Algérie.
- Mitsch & Gosselink, (2007).** Mitsch, W.J. and Gosselink J.G. (2007) Wetlands. 4th Edition, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken. <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=882257> (accessed 2.6.26).
- Mitsch, W.J., Bernal, B., Hernandez, M.E., (2015).** Ecosystem services of wetlands. International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management, 11(1), 1–4. <https://doi.org/10.1080/21513732.2015.1006250>
- ONS, (2020).** Recensement général de la population et de l'habitat (RGPH). Office National des Statistiques.
- OTMANI, H., BELKESSA, R., RABEHI, W., GUERFI, M., BOUKHDICHE, W., (2019).** Dégénération des Dunes côtières algéroises entre pression de l'urbanisation et conséquences sur l'évolution de la ligne de rivage. Geo-Eco-Mar. 25 (2019), 131–145. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3609777>

- Programme Économie Bleue, Pêche et Aquaculture en Algérie, (2024).** Guide pour l'élaboration d'un Plan Local de Gestion Intégrée des Zones Côtières (PL-GIZC) en Algérie. Alger : Programme Économie Bleue, Pêche et Aquaculture en Algérie.
- Ramade, F., (2008).** Dictionnaire encyclopédique des sciences de la nature et de la biodiversité. Paris : Dunod, Collection Hors Collection.
- Ramade, F., (1981).** Ecologie des ressources naturelles. Paris : Masson, Collection « Écologie appliquée et Sciences de l'environnement ».
- Saadali, B., (2019).** Impact de l'activité anthropique sur la dégradation de la qualité des eaux et de l'environnement : cas du Parc National d'El Kala. Thèse de doctorat en sciences. Annaba : Université Badji Mokhtar – Annaba. [En ligne]. Disponible sur le web : <https://biblio.univ-annaba.dz/wp-content/uploads/2019/05/These-Saadali-Badreddine.pdf>. [Consulté le 02/02/2026].
- Saifouni, A., (2021).** Les zones humides en Algérie : proposition d'une nouvelle classification, inventaire national et typologie. Thèse de doctorat en sciences agronomiques. Alger : École Nationale Supérieure Agronomique (ENSA).
- Scott, D.A., (1989).** Design of a wetland data sheet for the database of Ramsar sites Mimeographed report. Gland, Ramsar Convention Bureau.
- Strahler, A.N., (1952).** Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. GSA Bulletin 63, 1117–1142. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1952\)63%255B1117:HAAOET%255D2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1952)63%255B1117:HAAOET%255D2.0.CO;2)
- Thibault, M., (2006).** NAWN – North African Wetlands Network : Profile des zones humides d'Afrique du Nord. MedWet / North African Wetlands Network, Montpellier.
- Zedam, A., (2018).** Etude de la flore endémique de la zone humide de chott hodna inventaire - préservation. Thèse de doctorat en sciences biologiques. Sétif : Université Ferhat Abbas – Sétif 1.
- Zedler, J.B., Kercher, S., (2005).** WETLAND RESOURCES: Status, Trends, Ecosystem Services, and Restorability. Annual Review of Environment and Resources, 30, 39–74. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.30.050504.144248>

Annexes

Annexe 01

Tableau 18 : Tableau récapitulatif des Aires Protégées en Algérie. Source : (Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, 2002)

AIRES PROTEGEES			WILAYA	SUPERFICIE	DATE DE CREATION	PARTICULARITES
Les Parcs Nationaux	Parcs côtiers	-Parc National d'El Kala	El Taref	80.000 Ha	Décret n° 83-462 du 23.07.1983	- Présence de 3 écosystèmes (forestier, lacustre et marin) - Englobe une zone humide unique en son genre, classée réserve de la Biosphère en 1990 par le M.A.B
		-Parc National de Gouraya	Béjaia	2080 Ha	Décret n° 84-327 du 03.11.1984	- Unique station à Euphorbia dendroides
		-Parc National de Taza	Jijel	3807 Ha	Décret n° 84-328 du 03.11.1984	- Présence de la rare Sittelle kabyle Particularité géomorphologique (grottes et falaises)
	Parcs des Zones de montagne	-Parc National de Théniet El Had	Tissemsilt	3425 Ha	Décret n° 83-459 du 23.07.1983	- Belles futaies de Cèdre - Plus belle vue de montagne à partir du sommet de Kef Siga (1714 m)
		-Parc National du Djurdjura	Bouira-Tizi ouzou	18.850 Ha	Décret n° 83-460 du 23.07.1983	-Richesse floristique (des pelouses jusqu'aux plus belles forêts de cèdre -Diversité faunistique -Grotte du Makabé et du Léopard.
		-Parc National de Chréa	Blida-Médéa et Ain Defla	26.600 Ha	Décret n° 83-461 du 23.07.1983	-Sujets centenaires à base d'If et de Houx mélangés à des Cèdres -Curiosité botanique (Berberis vulgaris) -Ruisseau des Singes.
		-Parc National de Belezma	Batna	26.250 Ha	Décret n° 84-326 du 03.11.1984	-Magnifiques peuplements de Cèdre. -Présence de l'unique peuplement de Lonicera etrusca et la très rare Epipactis helleborine.
		-Parc National de Tlemcen	Tlemcen	8225 Ha	Décret n° 93-117 du 12.05.1993	-Richesses archéologiques et spéléologiques (mosquées et grottes)
	Parcs sahariens	-Parc National du Tassili	Illizi	80.000 Km ²	1972	-Patrimoine culturel riche (15000 oeuvres rupestres). -Vestiges archéologiques. -Classé patrimoine Mondial en 1982 par l'UNESCO. -Classé Réserve de l'Homme et de la Biosphère en 1986 par le M.A.B.
		-Parc National de l'Ahaggar	Tamanrasset	450.000 Km ²	Décret n° 87-231 du 03.11.1987	-Renferme des sites archéologiques datant de 600.000 à 1 million d'années. -Comporte le plus haut massif d'Algérie (Mont Tahat: 2918 m). -Renferme depuis plus de 3 milliards d'années un patrimoine naturel unique et très dense (géologie, flore, faune et paysages).

II Annexes

AIRES PROTEGEES		WILAYA	SUPERFICIE	DATE DE CREATION	PARTICULARITES
Les Réserves Naturelles	-Réserve Naturelle de la Macta	Mostaganem	19.750 Ha		-Végétation aquatique représentée par:les Joncs. -Site attractif pour les Flamants roses.
	-Réserve Naturelle de Mergueb	M'Sila	13.482 Ha	1979	-Rares populations de Gazelles de cuvier et de l'Outarde houbara. -Ecosystèmes steppiques unique en son genre
	-Réserve Naturelle des Béni-Saleh	Guelma	2000 Ha	1972-73	-Présence du Cerf de Barbarie (espèce en danger)
	-Réserve Naturelle des Babors	Sétif	2367 Ha	Elle a été sujette des discussions depuis 1931, mais n'est pas encore classée	-Espèces endémiques : le Sapin de Numidie (flore) et Sittelle kabyle (faune). -Présence de quelques reliques glaciaires (Populus tremula et Orchis nidus).
Les Réserve de Chasses	-Réserve de chasse de Djelfa	Djelfa	32.000 Ha	Décret n° 83-116 du 05.02.1983.	-Se trouve en plein forêt naturelle de Pin d'Alep.
	-Réserve de chasse de Mascara	Mascara	7000 Ha	Décret n° 83-117 du 05.02.1983.	-Présence de la Perdrix rouge (espèce très menacée)
	-Réserve de chasse de Tlemcen	Tlemcen	2000 Ha	Décret n° 83-126 du 12.02.1983	-Espèce végétale principale : le thuya
	-Réserve de chasse de Zéralda	Tipaza	1200 Ha	Décret n° 84-45 du 18.02.1984.	-Dominance de Pin d'Alep
Les Centres Cynégétiques	-Centre cynégétique de Réghaia	Boumerdès	130 Ha	Décret n° 83-75 du 08.01.1983.	-Association typique des marais (Joncs). -Incendie en Avril 1994.
	-Centre cynégétique de Zéralda	Tipaza	20 Ha	Décret n° 83-76 du 8.01.1983	-Présence du rare Cerf de Barbarie -Avifaune représentée surtout par les Faisans
	-Centre cynégétique de Sétif	Sétif		Décret n° 83-77 du 08.01.1983.	-Pas encore concrétisé.
	-Centre cynégétique de Mostaganem	Mostaganem		Décret n° 83-78 du 08.01.1983.	-Zone diversifiée en faune et en flore. -Pas encore réalisé.
	-Centre cynégétique de Tlemcen	Tlemcen	2 Ha	Décret n° 83-79 du 08.01.1983.	-Genette en danger.

Annexe 02

Tableau 19 : Les zones humides d'Algérie inscrits sur la liste de la convention de Ramsar des zones humides d'importance internationale entre 1983 et 2004.

Nom de la zone humide	Date de classement	Wilayas	Superficie (ha)	Coordonnées géographiques	Type de zone humide selon la nouvelle classification (source : (Saifouni, 2021))
Réserve Intégrale du Lac Oubeïra	04/11/1983	El-Tarf	2200	36°51'N 008°23'E	Lac
Réserve Intégrale du Lac Tonga	11/04/1983	El-Tarf	2700	36°51'N 008°30'E	Lac
Réserve Naturelle du Lac des Oiseaux	22/03/1999	El-Tarf	120	36°47'N 008°07'E	Lac
Chott Ech Chergui	02/02/2001	Saïda	855500	34°16'N 000°33'E	Chott
Chott El Hodna	02/02/2001	M'Sila, Batna	362000	35°26'N 004°42'E	Chott
Chott Merrouane et Oued Khrouf	02/02/2001	El-Oued	337700	33°53'N 006°11'E	Chott
Grande Sebkhet d'Oran	02/02/2001	Oran	56870	35°31'N 000°47'E	Sebkhet
Complexe de zones humides de la plaine de Guerbes-Sanhadja	02/02/2001	Skikda	42100	36°53'N 007°18'E	Zone inondable
Vallée d'Iherir	02/02/2001	Illizi	57892	25°20'N 008°29'E	Vallée
Gueltales d'Issakarassene	02/02/2001	Tamanrasset	35100	23°23'N 005°43'E	Gueltat
Marais de la Macta	02/02/2001	Mascara	44500	35°39'N 000°06'E	Marais maritime
Oasis de Ouled Saïd	02/02/2001	MostaAdrar ganem,	25400	29°27'N 000°18'E	Oasis / Ksar
Oasis de Tamantit et Sid Ahmed Timmi	02/02/2001	Adrar	95700	27°45'N 000°20'E	Oasis / Ksar
Aulnaie de Aïn Khiair	04/06/2003	El-Tarf	180	36°48'N 008°19'E	Ripisylve / Nachâat
Chott de Zehrez Chergui	04/06/2003	Djelfa	50985	35°13'N 003°32'E	Chott
Chott de Zehrez Gharbi	04/06/2003	Djelfa	52200	34°56'N 002°48'E	Chott
Chott Melghir	04/06/2003	El-Oued, Biskra et Khenchela	551500	34°41'N 001°22'W	Chott
Grotte karstique de Ghar Boumâaza	06/04/2003	Tlemcen	20000	34°41'N 001°22'W	Grotte / Ghar continental
Guelta Afilal	06/04/2003	Tamanrasset	20900	23°09'N 005°44'E	Gueltat
Lac de Fetzara	04/06/2003	Annaba	12000	36°47'N 007°31'E	Lac
Cirque de Aïn Ouarka	06/04/2003	Naâma	2350	32°44'N 000°10'E	Cirque
Marais de la Mekhada	06/04/2003	El-Tarf	8900	35°39'N 000°06'E	Lagune côtière
Oasis de Moghrar et Tiout	04/06/2003	Naâma	195500	32°42'N 000°24'E	Oasis / Ksar
Réserve Naturelle du Lac de Béni-Bélaïd	04/06/2003	Jijel	600	36°53'N 006°06'E	Marais maritime
Réserve Naturelle du Lac de Réghaïa	06/04/2003	Alger	842	36°47'N 003°21'E	Lagune côtière
Tourbière du Lac Noir	06/04/2003	El-Tarf	5	36°51'N 008°12'E	Tourbière
Chott Aïn El Beïda	12/12/2004	Ouargla	6853	31°59'N 005°19'E	Chott
Chott El Beïdha Hammam Essoukhna	12/12/2004	Sétif, Batna	12223	35°55'N 005°49'E	Chott
Chott Oum El Raneb	12/12/2004	Ouargla	7155	32°02'N 005°24'E	Chott

Source : (Saifouni, 2021)

Annexe 03

Tableau 20 : Tableau représentatif des différentes zones de la réserve naturelle de Réghaia avec leur Superficies et nature juridique.

Nom de la zone	Superficies			Nature juridique
	ha	Are	Ca	
Lac	75			Domaine fluvial
Terrain à vocation forestière	76	50	18	Etat
(Forêt/ maquis/ terres incultes marais/ marais salants/ landes)	23	21	82	Privé
Terres agricoles	284	58	25	Etat
	132	65	43	Privé
Sol bâtiment	4	84	10	Etat
	3	6	30	Privé
Total zone terrestre	599	86	08	-
Total zone marine	501	00	00	Domaine maritime de l'Etat
Superficie totale de la réserve	1100	86	08	-

Source : (Gasmi, 2013)

Annexe 04

Tableau 21 : Les types de zones humides se trouvant dans le site de Réghaia.

Zones humides marines ou côtières

Types de zones humides (code et nom)	Nom local	Classement de l'étendue (ha)	Superficie (ha) du type de zone humide	Justification du Critère 1
A: Eaux marines peu profondes permanentes	Plage Kaddous et petite île Agueli ou Bounettah	1	500	Représentatif
D: Rivages marins rocheux	Plage Kaddous et petite île Agueli ou Bounettah	1	500	Représentatif
E: Rivages de sable fin, grossier ou de galets	Plage Kaddous et petite île Agueli ou Bounettah	1	500	Représentatif

Zones humides continentales

Types de zones humides (code et nom)	Nom local	Classement de l'étendue (ha)	Superficie (ha) du type de zone humide	Justification du Critère 1
Eau douce > Eau vive >> N: Rivières/ cours d'eau/ ruisseaux saisonniers/ intermittents/irréguliers	Lac, Boheira,barrage, Le marais, El Merdja	2	342	Rare
Eau douce > Lacs et mares >> O : Lacs d'eau douce permanents	Lac, Boheira,barrage, Le marais, El Merdja	2	342	Rare
Eau douce > Lacs et mares >> Tp : Marais/ mares d'eau douce permanents	Lac, Boheira,barrage, Le marais, El Merdja	2	342	Rare
Eau douce > Marais sur sols inorganiques >> Ts : Marais/ mares d'eau douce saisonniers/intermittents sur sols inorganiques	Lac, Boheira,barrage, Le marais, El Merdja	2	342	Rare
Eau douce > Eau vive >> Y : Sources d'eau douce permanentes ; oasis	Lac, Boheira,barrage, Le marais, El Merdja	2	342	Rare

Classement de l'étendue (ha) (1: la plus grande ; - 4: la plus petite)

(ECD) Connectivité de l'habitat	La zone marine située autour de la petite île Agueli ou Bounettah lieu de nidification de certaines espèces telles que le Grand cormoran <i>Phalacrocorax carbo</i> et le Goéland leucophaée <i>Larus cachinnans</i> .
---------------------------------	--

Source : (Convention Ramsar, 2019)

Annexe 05

Tableau 22 : Historique du site de Réghaia (source : Grimes (2013) in (Benabdi, 2015)).

Années	Actions	Considération des enjeux marins
Avant 1930	Présence de dunes qui retenaient l'oued / le lit de l'oued non recreusé et existence d'un marais naturel très riche en sauvagine.	Équilibres naturels maintenus
1930	Assèchement de l'oued par pompage / drainage et plantation d'eucalyptus (en quête de nouvelles terres agricoles). Ce projet a été finalement abandonné et une digue en terre a été construite afin de créer un réservoir pour l'irrigation.	Rupture des équilibres naturels
1932-1938	Réalisation d'une station de pompage (mise en service et rénovation)	Impact non connu
1971-1974	Curage et construction d'une digue pour retenir des volumes plus importants d'eau de l'oued. Recalibration du canal sur la partie Nord du lac donnant sur la mer.	Réduction du débit sur la partie marine
1983	Aménagement du Centre Cynégétique de Réghaia pour la production d'oiseaux destinés au repeuplement des zones humides et barrages (canards notamment).	Favoriser la protection globale du site y compris la partie côtière
1997	Mise en service d'une station d'épuration des eaux usées domestiques, industrielles (traitement mécanique partiel et rejetant dans le lac).	Réduction de la pollution arrivant en mer
1999	Arrêté N° 1844 /wilaya d'Alger/ classement du site en Réserve Naturelle.	Préservation du site
2001	Visite du Bureau de la Convention de Ramsar sur les zones humides, de la coordination du MedWet, de la Fondation MAVA pour la Protection de la Nature et du Fond Mondial pour la Nature (WWF - International).	Intérêt international devant définir des actions pour préserver le site, y compris marins côtiers
Juin 2003	Inscription du marais de Réghaia comme site d'importance écologique de dimension internationale sur la liste de la convention de RAMSAR.	Préservation de la partie marine côtière jusqu'à 6 m de profondeur
2006	Elaboration du plan de gestion du site par la Tour du Valat (Thibault, 2006)	Des objectifs et des actions pour la préservation de la partie marine
2007	Site de démonstration pour le projet AMIS SMAP ¹² III	
2004-2006	Aménagement d'un Centre d'Education à l'Environnement comprenant un centre nature pour enfants. Projet de plan de gestion (Programme Life-Pays Tiers ¹³). Ce plan de gestion est mis en œuvre dans sa 1 ^{ère} phase par le CCR.	

2008	Déviation de l'embouchure de l'oued - plage de Réghaia vers la plage El Kaddous	Pollution marine
2009	Fin du financement - projet Life-Pays Tiers qui a permis la mise en place de deux centres pilotes d'éducation environnementale et de sensibilisation pour enfants/adultes aux valeurs des zones humides et la nécessité de les préserver.	Devant permettre l'amélioration de la sensibilisation
2013	Étude écologique marine Aguelli – El Marsa (Nephrops) / MATE-CAR/ASP	Amélioration des connaissances des habitats marins remarquables
2012-2014	Site pilote de la stratégie nationale GIZC (Élaboration d'un Plan Côtier de Réghaia- PCR)	La recherche des articulations opérationnelles pour la préservation de la partie marine
2015	Élaboration d'un plan de gestion dans le cadre de la GIZC (dernière couche).	Intégration progressive des enjeux marins dans la planification, notamment la protection du littoral, la gestion des ressources et la prise en compte des écosystèmes côtiers.
2016	Création d'une commission nationale dédiée à la GIZC.	Renforcement de la gouvernance et de la coordination institutionnelle pour une meilleure gestion des enjeux marins et côtiers.
2019	Élaboration d'un schéma directeur et d'un plan de gestion.	Approche stratégique globale intégrant les enjeux marins, la planification spatiale du littoral et la gestion durable des ressources.
Décembre 2025	Arrêté du Wali d'Alger relatif à la gestion du littoral.	Application concrète des orientations GIZC à l'échelle locale, avec une prise en compte accrue des pressions anthropiques et des enjeux marins.

¹¹ Plan d'aménagement côtier de la wilaya d'Alger (2014) : caractérisation écologique de la zone 'île
Aguelli - l'îlot Sandja à la limite du Cap Matifou (2012).

¹² AMIS SMAP III (2006-2008/APPL-CIRSA/Université de Ravenna/ Bologne/ Italie) / GIZC de la
wilaya d'Alger).
Projet LIFE- Pays-tiers : « Protection et développement durable des zones humides d'Afrique du Nord »
Plan de gestion- projet réserve naturelle du lac de Réghaia.

Annexe 06 : Poster



Annexe 07 : BMC



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي
والبحث العلمي



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل
Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral

Etude technico-économique en vue de l'obtention du diplôme Start-up

Thème :

**L'utilisation du Wave Glider pour la surveillance côtière
et le suivi des poissons en Algérie**

Présenté par :

- **LOUNIS Wissam**
- **REZRAZI Anfel**

Soutenue le 24/06/2025, devant le jury composé de :

M^{me} Sengouga Amina	MCB (ENSSMAL)	Présidente
M^{me} Keraghel Mehdi	MCA (ENSSMAL)	Promotrice
M. Otmani Housseyn	MCA (ENSSMAL)	Co-promoteur
M^{me} Saci Zahra	Représentant Socio-économique	Examinatrice
M^{me} Maoual Djamila	Enseignante (ENSSMAL)	Représentante de l'incubateur

Année universitaire : 2025/2026

Carte d'information

Equipe d'encadrement :

M ^{me} Maoual Djamila	Enseignante– ENSSMAL
M ^{me} Keraghel Mehdia Asma	Enseignante – ENSSMAL
M. Otmani Housseyn	Enseignant – ENSSMAL

Equipe de projet :

LOUNIS Wissam	Génie Côtier et l'Aménagement de Littoral (GCAL) – ENSSMAL
REZRAZI Anfel	Génie Côtier et l'Aménagement de Littoral (GCAL) – ENSSMAL

Remerciements

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce projet.

Nous adressons nos sincères remerciements à Madame Djamila Maouel, responsable de l'incubateur BlueStart, pour son accompagnement, son soutien, sa disponibilité et ses précieux conseils tout au long de notre parcours entrepreneurial.

Nous remercions également Madame Keraghel, pour son encadrement, ses orientations et son suivi, qui ont grandement contribué à l'amélioration de notre projet.

Nous remercions l'ensemble des formateurs et coaches qui nous ont suivis et accompagnés à travers l'incubateur BlueStart.

Enfin, nous exprimons notre reconnaissance à toutes les personnes qui ont participé, de près ou de loin, à l'aboutissement de ce Business Model Canvas.

Table des matières

Introduction	4
Le premier axe : Présentation du projet.....	5
1. L'idée de projet.....	5
2. Les valeurs proposées.....	6
3. Equipe de travail	7
4. Objectifs du projet	7
5. Calendrier de réalisation du projet	8
Deuxième axe : Aspects innovants.....	9
1. Nature des innovations.....	9
2. Domaines d'innovation	9
Troisième axe : Analyse stratégique du marché.....	9
1. Le segment du marché	9
2. Mesure de l'intensité de la concurrence	10
3. La stratégie marketing.....	11
Quatrième axe : Plan de production et organisation	11
1. Le processus de production	11
2. L'approvisionnement	17
3. La main d'œuvre.....	17
4. Les principaux partenaires.....	18
Cinquième axe : Plan financier	18
1. Les coûts et charges.....	18
2. Le chiffre d'affaires prévisionnel.....	21
3. Les comptes de résultats escomptés.....	21
4. Le plan de trésorerie — Année N+1	22
Sixième axe : Prototype expérimental.....	22
Business Model Canvas — Wave Glider Algeria	28
Conclusion.....	30

Listes des abréviations

MATE	Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement
DGF	Direction Générale des Forêts
CNRDPA	Centre National de Recherche et Développement de la Pêche et de l'Aquaculture
AGIL	Agence de Gestion Intégrée du Littoral
ENSSMAL	École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral
ADCP	Acoustic Doppler Current Profiler
CTD	Conductivity Temperature Depth
GPS	Global Positioning System
IMU	Inertial Measurement Unit
SaaS	Software as a Service

Introduction

Dans un contexte de changement climatique global et de pression anthropique croissante sur les écosystèmes côtiers, la surveillance intelligente des zones littorales constitue un enjeu stratégique majeur pour l'Algérie. Avec ses 2 148 kilomètres de côtes méditerranéennes et ses nombreux plans d'eau intérieurs, le pays fait face à des défis environnementaux complexes : érosion côtière, pollution industrielle et agricole, surexploitation des ressources halieutiques et dégradation des écosystèmes aquatiques.

Face à cette problématique, le projet Wave Glider Algeria propose une approche innovante et disruptive : déployer deux véhicules marins autonomes de surface, un en milieu marin (Mer Méditerranée, au large de la réserve naturelle de Réghaia) et un en milieu lacustre (Lac de Réghaia), capables de se propulser grâce à l'énergie des vagues et du courant, sans consommation de carburant.

Chaque unité est équipée d'une suite de capteurs environnementaux multiparamètres couvrant la physico-chimie de l'eau, la pollution (métaux lourds, hydrocarbures, microplastiques), la biologie marine (présence et comportement des poissons par hydrophone) et la météorologie côtière. Les données sont transmises en temps réel vers la plateforme numérique **CoastWatch**, accessible aux institutions, chercheurs et gestionnaires des ressources naturelles.

Ce document structure notre démarche entrepreneuriale autour des six axes stratégiques de l'Arrêté Ministériel n° 1275 Diplôme-Startup, démontrant la viabilité technique, écologique et économique de cette solution algérienne pionnière.

Le premier axe : Présentation du projet

1. L'idée de projet

Wave Glider Algeria est un projet d'innovation technologique dédié à la surveillance environnementale intégrée des milieux aquatiques — marin et lacustre — en Algérie. L'idée est née d'un double constat réalisé lors des travaux de fin d'études sur la réserve naturelle de Réghaia (Wilaya d'Alger) :

- Les méthodes de suivi du littoral et des plans d'eau algériens sont ponctuelles, coûteuses et fragmentées — aucune donnée continue en temps réel n'est disponible.
- La réserve de Réghaia concentre à la fois un lac côtier et un accès direct à la mer Méditerranée, offrant un terrain d'application idéal pour deux types de déploiement complémentaires.

Notre solution consiste à fabriquer et déployer **deux unités Wave Glider** — des véhicules marins autonomes exploitant l'énergie cinétique des vagues ainsi que l'énergie solaire pour se propulser sans carburant :

Wave Glider WG-01 — Déploiement en mer (Baie de Zemmouri)

Le premier Wave Glider sera déployé dans les eaux marines de la façade méditerranéenne de la réserve de Réghaia (baie de Zemmouri). Sa mission principale est la surveillance côtière continue : qualité des eaux marines, détection de la pollution (hydrocarbures, métaux lourds, microplastiques), suivi des populations de poissons par hydrophone acoustique, mesure des paramètres physico-chimiques (température, salinité, pH, oxygène dissous) et surveillance météo-océanographique (houle, vent, courants de surface). Les données collectées permettront d'alimenter le système d'alerte précoce de pollution marine et de suivre l'état écologique du littoral en continu pour une meilleure gestion intégrée de la réserve de Réghaia.

Wave Glider WG-02 — Déploiement en lac (Lac de Réghaia)

Le second Wave Glider sera adapté au milieu lacustre et déployé dans le lac de Réghaia, zone humide d'importance internationale (site Ramsar). Son profil de propulsion sera optimisé pour les faibles profondeurs et l'absence de houle significative — il utilisera principalement l'énergie solaire embarquée et un léger courant résiduel. Sa mission est le suivi de la qualité de l'eau douce/saumâtre, la détection de la pollution agricole et industrielle (nitrates, phosphates, pesticides, métaux lourds), le suivi de la biodiversité aquatique (poissons, oiseaux aquatiques via microphone environnemental) et la mesure des paramètres limnologiques (turbidité,

chlorophylle-a, cyanobactéries). Ce déploiement apportera des données inédites pour la gestion de cette zone humide protégée.

Forme juridique de l'entreprise : SARL (Société à Responsabilité Limitée)

2. Les valeurs proposées

- 1 **Modernité** : Premiers véhicules autonomes de surveillance aquatique déployés en Algérie — aucune solution similaire en milieu lacustre ou marin n'existait localement.
- 2 **Performance** : Collecte de données 24h/24, 7j/7, avec une précision et une continuité impossibles avec les méthodes de terrain traditionnelles.
- 3 **Réduction des coûts** : Zéro carburant nécessaire pour les WaveGliders : propulsion vagues et énergie solaire pour WG-01 ainsi que de l'énergie solaire complétée par une propulsion électrique d'appoint pour le WG-02 — réduction des coûts opérationnels de 60 à 80 % vs méthodes classiques.
- 4 **Durabilité** : Énergie 100 % renouvelable, zéro émission, zéro perturbation de la faune aquatique.
- 5 **Polyvalence milieux** : Solution adaptée aux deux milieux (marin et lacustre) avec des configurations de capteurs spécifiques à chaque environnement.
- 6 **Accessibilité** : Données disponibles en ligne sur la plateforme CoastWatch pour les chercheurs, gestionnaires et décideurs publics en temps réel.
- 7 **Accomplissement de tâches** : Aide directe au suivi réglementaire de la réserve de Réghaia, à la gestion des zones humides et à la protection des ressources halieutiques.

3. Equipe de travail

Membre	Rôle & Compétences
LOUNIS Wissam (Porteur de projet)	Génie côtier & aménagement du littoral — conception hydrodynamique, déploiement WG-01 (mer), suivi environnemental marin.
REZRAZI Anfel (Co-porteuse)	Génie côtier & sciences de la mer — adaptation WG-02 (lac), analyse et validation des données récoltées, validation scientifique, partenariats institutionnels.
Encadrant principal : Mme. Maoual	Enseignante spécialiste en Gestion des entreprises — ENSSMAL.
Encadrante : Mme. Keraghel M.A.	Enseignante spécialiste en géochimie marine et Systèmes d'informations géographiques — ENSSMAL.
Co-encadrant : Mr. Otmani H.	Enseignant spécialiste en aménagement du littoral et gestion des aires protégées — ENSSMAL.

L'équipe fonctionne selon un schéma horizontal et agile, avec une coordination hebdomadaire assurée conjointement par les deux co-porteuses. La communication se fait via des outils collaboratifs numériques (Drive, WhatsApp...etc) et des réunions régulières avec l'équipe d'encadrement. LOUNIS Wissam pilote le volet déploiement marin (WG-01) tandis que REZRAZI Anfel coordonne le volet lacustre (WG-02) et l'analyse et validation des données récoltées.

4. Objectifs du projet

- Court terme (0–2 ans) : Développer et valider les deux prototypes Wave Glider sur la réserve de Réghaia — obtenir un premier contrat pilote avec le MATE, le CNRDPA ou la Direction Générale des Forêts (DGF), organisme de tutelle de la réserve naturelle de Réghaia et du centre cynégétique associé.
- Moyen terme (2–4 ans) : Déployer 5 à 10 unités sur les principales zones côtières et lacustres algériennes — atteindre 15 % du marché institutionnel de la surveillance aquatique.
- Long terme (5 ans) : Devenir le premier fournisseur algérien de données aquatiques en continu (marines et lacustres). Devenir le premier fournisseur de systèmes autonomes

de surveillance aquatique dans la région africaine— exporter vers les pays nationaux, offrir l’expertise scientifique et technique de gestion.

5. Calendrier de réalisation du projet

N°	Tâche	Période
1	Études préalables & conception CAO (WG-01 + WG-02)	Mois 1–2
2	Achat composants, capteurs & électronique embarquée	Mois 2–4
3	Assemblage WG-01 (hull fibre de verre, sous-glider marin)	Mois 3–5
4	Assemblage WG-02 (hull adapté lac, propulsion solaire)	Mois 3–5
5	Développement firmware & dashboard CoastWatch	Mois 3–6
6	Tests en bassin universitaire — validation propulsion & étanchéité	Mois 6
7	Déploiement WG-01 en mer — Réserve de Réghaia (72h)	Mois 7
8	Déploiement WG-02 en lac — Lac de Réghaia (72h)	Mois 8

Deuxième axe : Aspects innovants

1. Nature des innovations

- 2. Innovation technologique radicale :** Exploitation de l'énergie des vagues (WG-01) et de l'énergie solaire (WG-02) pour la propulsion autonome — technologie de rupture vs méthodes de surveillance classiques.
- 3. Innovation de produit :** Premier système Wave Glider adapté au milieu lacustre en Algérie — configuration inédite de capteurs combinant surveillance marine et limnologique sur une même architecture.
- 4. Innovation de marché :** Première application de cette technologie au contexte algérien — segments de marché entièrement nouveaux (surveillance lac + mer simultanée).
- 5. Innovation environnementale :** Suite de capteurs de pollution (hydrocarbures, métaux lourds, microplastiques, pesticides) non disponible sur les systèmes existants en Algérie — réponse directe aux problématiques de contamination industrielle et agricole.

6. Domaines d'innovation

- Nouveaux processus : collecte en continu automatisée vs relevés ponctuels — gain d'efficacité opérationnelle majeur pour les deux milieux.
- Nouvelles fonctionnalités : intégration simultanée de capteurs avancés de pollution (hydrocarbures, métaux lourds, microplastiques, pesticides et cyanobactéries) au sein d'une plateforme autonome adaptée aux milieux marin et lacustre, fonctionnalité encore inexistante en Algérie.
- Nouveaux clients : gestionnaires zones humides, institutions de surveillance de pollution, autorités portuaires, collectivités locales riveraines.
- Nouveau modèle d'affaires : offre combinée matériel + données + plateforme SaaS (Software as a Service – logiciel accessible en ligne sous forme d'abonnement annuel) permettant l'accès aux données, aux alertes automatiques et aux outils d'analyse environnementale.

Troisième axe : Analyse stratégique du marché

1. Le segment du marché

Marché potentiel : toute institution algérienne ayant besoin de données sur la qualité des eaux marines, côtières ou lacustres — ministères, universités, parcs nationaux, ports, sociétés industrielles, agences de bassin, pêcheurs professionnels.

Marché cible prioritaire : les institutions publiques de protection de l'environnement, de gestion des zones humides et des ressources halieutiques (MATE, MADRP, CNRDPA, Direction des parcs nationaux, Agences de bassin hydrographique, DGF), en raison de leur budget dédié et de leur obligation réglementaire de surveillance. Les organisations internationales intervenant dans les domaines de l'environnement, de la conservation de la biodiversité, de la gestion intégrée des zones côtières et de la protection des zones humides constituent également un segment de marché potentiel. Il s'agit notamment des programmes financés par le PNUD, l'Union Européenne, la Banque Mondiale ou encore la Convention Ramsar.

2. Mesure de l'intensité de la concurrence

Concurrent	Description & Faiblesses
Liquid Robotics (USA)	Wave Glider commercial haut de gamme — 5 à 10 fois plus cher, aucun support local, non adapté aux lacs.
Saildrone (USA)	Drones de surface à voile — milieu marin uniquement, prix prohibitif pour les institutions algériennes.
Bouées fixes MEDA/POSEIDON	Statiques, données limitées, maintenance coûteuse, ne couvrent pas les lacs.
Missions manuelles terrain	Ponctuelles, coûteuses, risquées, impossibles en continu pour les deux milieux.

Notre avantage concurrentiel principal réside dans la double couverture (mer + lac), la fabrication locale réduisant les coûts de 5 à 10 fois par rapport aux alternatives importées, et l'intégration de capteurs pollution spécifiques au contexte algérien (agriculture intensive, rejets industriels). Un autre avantage majeur réside dans la disponibilité locale des opérations de maintenance et de réparation, réduisant considérablement les temps d'arrêt. De plus, La commercialisation porte sur les services de surveillance environnementale, l'accès aux données en temps réel via la plateforme CoastWatch, les rapports d'analyse et les abonnements destinés aux institutions publiques et privées.

3. La stratégie marketing

Élément	Description
Produit	Deux Wave Gliders autonomes (WG-01 marin + WG-02 lacustre) + plateforme CoastWatch avec tableau de bord temps réel.
Prix	Tarification compétitive : zéro carburant = 60 % moins cher que les solutions importées. Abonnement données annuel pour les institutions.
Distribution	Appels d'offres publics, partenariats directs ENSSMAL/universités, salons scientifiques, conférences environnementales nationales et internationales, ainsi qu'aux conférences spécialisées dans la surveillance marine et la gestion des écosystèmes aquatiques.
Promotion	Publications scientifiques indexées, démonstrations sur sites pilotes, participation à des salons et conférences spécialisés, communication institutionnelle et mise à disposition d'un accès public à une partie des données environnementales via la plateforme CoastWatch.

Quatrième axe : Plan de production et organisation

1. Le processus de production

Le processus de production s'articule autour de deux chaînes d'assemblage parallèles — une pour le WG-01 marin et une pour le WG-02 lacustre — partageant la même base architecturale mais avec des configurations adaptées à chaque milieu.

Étape	Activité	Résultat attendu
1	Conception CAO — hull marin (WG-01) et hull lacustre (WG-02)	Plans 3D validés × 2
2	Achat des composants électroniques, des systèmes de communication (4G/Iridium), des capteurs et des équipements de lestage nécessaires à la stabilité des plateformes.	Stock prêt pour les 2 unités
3	Fabrication hull WG-01 (fibre de verre IP68, 1,2 m)	Structure marine étanche
4	Fabrication hull WG-02 (polyéthylène HD, 1,0 m, fond plat)	Structure lacustre stable
5	Assemblage sous-glider WG-01 (4 flaps, propulsion par les vagues) et intégration de panneaux photovoltaïques pour assurer l'alimentation énergétique complémentaire.	Propulseur marin fonctionnel
6	Intégration panneau solaire WG-02 + hélice électrique appoint	Propulsion lacustre validée
7	Intégration capteurs spécifiques mer et lac	Systèmes de mesure opérationnels
8	Développement firmware & plateforme CoastWatch	Dashboard temps réel prêt
9	Tests bassin + déploiement mer 72h + déploiement lac 72h	Données réelles validées × 2

Étape	Activité	Résultat attendu
1	Conception CAO — hull marin (WG-01) et hull lacustre (WG-02)	Plans 3D validés × 2
2	Achat des composants électroniques, des systèmes de communication (4G/Iridium), des capteurs et des équipements de lestage nécessaires à la stabilité des plateformes.	Stock prêt pour les 2 unités
3	Fabrication hull WG-01 (fibre de verre IP68, 1,2 m)	Structure marine étanche
4	Fabrication hull WG-02 (polyéthylène HD, 1,0 m, fond plat)	Structure lacustre stable
5	Assemblage sous-glider WG-01 (4 flaps, propulsion par les vagues) et intégration de panneaux photovoltaïques pour assurer l'alimentation énergétique complémentaire.	Propulseur marin fonctionnel
6	Intégration panneau solaire WG-02 + hélice électrique appoint	Propulsion lacustre validée
7	Intégration capteurs spécifiques mer et lac	Systèmes de mesure opérationnels
8	Développement firmware & plateforme CoastWatch	Dashboard temps réel prêt
9	Tests bassin + déploiement mer 72h + déploiement lac 72h	Données réelles validées × 2

Description technique détaillée des capteurs

Les deux Wave Gliders partagent un tronc commun de capteurs et intègrent des modules spécifiques adaptés à chaque milieu. Le tableau ci-dessous présente l'ensemble du système de mesure :

Capteurs communs (WG-01 mer + WG-02 lac)

Capteur	Paramètre mesuré	Précision / Plage	Utilité
CTD (Conductivité- Température- Profondeur)	Température, salinité/conductivité, profondeur	T°: $\pm 0,01^{\circ}\text{C}$ Sal: $\pm 0,001 \text{ S/m}$ P: $\pm 0,1 \text{ dbar}$	Profil thermique et salin — indicateur climatique et halieutique
Capteur pH	Acidité/basicité de l'eau	$\pm 0,01$ unité pH Plage : 0–14	Détection acidification marine, stress biologique
Oxygène dissous (O ₂)	Taux d'oxygène dans l'eau	$\pm 0,1 \text{ mg/L}$ Plage : 0–20 mg/L	Indicateur qualité eau — zones hypoxiques mortelles pour poissons
GPS haute précision	Géolocalisation continue	Précision $\pm 2 \text{ m}$ Mise à jour : 1 Hz	Cartographie trajectoire, géoréférencement données
Module 4G / Iridium	Transmission données temps réel	Couverture : 4G + satellite global	Envoi données toutes les 5 min à la plateforme CoastWatch
Panneau solaire	Alimentation électronique	20W monocristallin Batterie LiPo 48V	Énergie appoint pour électronique et communication
IMU (Centrale inertielle)	Cap, roulis, tangage, accélération	Précision $0,1^{\circ}$	Navigation autonome, stabilisation capteurs

Capteurs spécifiques WG-01 — Milieu marin (Mer Méditerranée)

Capteur	Paramètre mesuré	Précision / Plage	Utilité
Hydrophone acoustique (passif)	Sons sous-marins, présence poissons, mammifères marins	20 Hz – 20 kHz Sensibilité: -160 dBV/μPa	Détection bancs de poissons, espèces marines, pollution sonore
Turbidimètre	Turbidité (matières en suspension > 0,45 μm)	0–1000 NTU ±2 % pleine échelle	Suivi des matières en suspension et détection des pollutions organiques et minérales particulières affectant la qualité des eaux.
Capteur hydrocarbures (fluorescence UV)	Huiles, pétrole, carburants	0–1000 ppb ±5 %	Alerte pollution marine par hydrocarbures (marées noires)
Capteur métaux lourds (voltamétrie)	Pb, Cd, Cu, Zn, Hg, As	ng/L – μg/L ±10 %	Surveillance rejets industriels, ports, pollution diffuse
Capteur microplastiques (optique/fluorescence)	Particules plastiques < 5 mm	Comptage particules/L	Quantification pollution microplastiques en surface
Anémomètre + girouette	Vitesse et direction du vent	0–60 m/s, ±2 % 0–360°	Météorologie côtière, prévision houle et dérive
Jauge de vague (IMU)	Hauteur significative, période houle	±0,05 m	Caractérisation houle, sécurité navigation côtière
Courantomètre ADCP	Courants de surface (vitesse + direction)	±0,01 m/s	Circulation côtière, dispersion polluants

Capteurs spécifiques WG-02 — Milieu lacustre (Lac de Réghaia)

Capteur	Paramètre mesuré	Précision / Plage	Utilité
Fluorimètre chlorophylle-a	Concentration en phytoplancton et algues	0–500 µg/L ±5 %	Détection eutrophisation, blooms algaux et cyanobactéries
Capteur cyanobactéries (phycocyanine)	Cyanobactéries toxiques (Blue-Green Algae)	0–200 000 cellules/mL	Alerte toxines cyanobactériennes — danger santé publique
Capteur nitrates (NO ₃)	Azote nitrique — pollution agricole	0–100 mg/L ±2 %	Suivi ruissellement agricole, engrais — eutrophisation
Capteur phosphates (PO ₄)	Phosphore total — pollution agricole et domestique	0–50 mg/L ±3 %	Indicateur eutrophisation, rejets eaux usées
Capteur pesticides (biosenseur)	Herbicides, insecticides organochlorés	ppb niveau ±15 %	Surveillance périmètres agricoles autour du lac de Réghaia
Capteur métaux lourds	Pb, Cd, Cu, Zn (sources industrielles)	ng/L – µg/L ±10 %	Pollution industrielle et urbaine du bassin versant
Microphone environnemental	Sons aériens (oiseaux aquatiques, activité humaine)	20 Hz – 20 kHz	Suivi biodiversité (site Ramsar), détection braconnage
Turbidimètre	Turbidité (matières en suspension)	0–3000 NTU ±2 %	Charge sédimentaire, charge organique

2. L'approvisionnement

Composant	Fournisseur / Source
Capteurs CTD, pH, O ₂ , turbidité	YSI, RBR, Atlas Scientific (importation directe)
Hydrophone + microphone environnemental	Ocean Sonics, DolphinEar (fournisseurs spécialisés)
Capteurs (hydrocarbures, pesticides) pollution métaux,	Turner Designs, Analytik Jena (import Europe)
Fluorimètre chlorophylle + cyanobactéries	Turner Designs C3 (Canada) ou équivalent
Électronique embarquée (Arduino, RPi, GPS, IMU)	Disponibles en Algérie + fournisseurs en ligne
Matériaux structure (fibre de verre, polyéthylène, aluminium)	Disponibles localement en Algérie
Module communication Iridium / 4G LTE	Prestataires télécom internationaux

3. La main d'œuvre

- Phase prototype (année 1) : 3 ingénieurs (génie côtier, électronique, informatique) + 2 techniciens spécialisés = 5 emplois directs.
- Phase commerciale (années 2–5) : extension à 5–8 emplois directs (ingénieurs, techniciens, développeur logiciel, data scientist, commercial).
- Emplois indirects estimés : prestataires transport maritime, sous-traitants électroniques, agents logistiques = 20–30 emplois indirects.

4. Les principaux partenaires

Catégorie	Partenaires clés
Institutions gouvernementales	MATE, Ministère de la Pêche, DGF, Direction des parcs nationaux, Agences de bassin hydrographique
Instituts scientifiques	CNRDPA, ENSSMAL, USTHB, laboratoires limnologie et écologie marine
Financement	ANSEJ/ANADE, Fonds National Environnement, UE (programme voisinage ENI), Banque Mondiale
Partenaires techniques	Incubateurs universitaires (AM 1275), ASAL, fournisseurs capteurs IoT et instruments analytiques
Acteurs terrain	Pêcheurs professionnels, coopératives pêche, gestionnaires réserve Réghaia, Centre Cynégétique de Réghaia, ONG environnementales
4.2.6 Organisations internationales	PNUD, Convention Ramsar, UICN, Union Européenne, Banque Mondiale.

Cinquième axe : Plan financier

1. Les coûts et charges

Le projet Wave Glider Algeria nécessite un investissement initial destiné à la conception, à la fabrication des deux prototypes (WG-01 marin et WG-02 lacustre), au développement de la plateforme CoastWatch ainsi qu'à la réalisation des essais de validation. Les dépenses sont réparties entre les investissements initiaux (charges fixes) et les charges annuelles d'exploitation.

Tableau 1. Charges fixes (Investissements initiaux)

Poste de dépense	Détail	Coût (DZD)
Capteurs WG-01	CTD, hydrophone, turbidimètre, hydrocarbures, métaux lourds, microplastiques, ADCP, anémomètre	3 500 000
Capteurs WG-02	CTD, fluorimètre, cyanobactéries, nitrates, phosphates, pesticides, métaux lourds, microphone	2 500 000
Structure WG-01	Coque en fibre de verre, résine époxy, sous-glider	600 000
Structure WG-02	Coque en polyéthylène HD, panneau solaire, hélice électrique	500 000
Électronique embarquée	Arduino, Raspberry Pi, GPS, IMU, batteries	700 000
Modules de communication	4G LTE + Iridium	400 000
Développement logiciel CoastWatch	Dashboard, API, firmware, alertes	500 000
Tests et déploiement	Logistique, bateau support, autorisations	300 000
Frais administratifs et propriété intellectuelle	Création startup, assurance, dépôt de brevet	300 000
Total des investissements		9 300 000 DZD

Tableau 2. Charges annuelles d'exploitation

Poste	Coût annuel (DZD)
Salaires	2 500 000
Location	600 000
Maintenance	300 000
Frais logistiques	500 000
Frais divers (électricité, Internet...)	200 000
Marketing et communication	600 000
Total charges annuelles	4 700 000 DZD

2. Structure de financement

Le coût global du projet est estimé à **10 500 000 DZD**. Le financement est assuré par plusieurs sources afin de garantir le lancement et la réalisation du projet.

Source de financement	Montant (DZD)
Financement ANADE / Startup	4 740 000
Apport des associés	1 580 000
Apport personnel des porteurs du projet	1 580 000
Investisseur privé / partenaire stratégique	2 600 000
Total	10 500 000 DZD

3. Le chiffre d'affaires prévisionnel

Année	Chiffre d'affaires (DZD)
N+1	0
N+2	2 000 000
N+3	5 000 000
N+4	10 000 000
N+5	18 000 000

Année	Prévision
N+1	Développement de la plateforme et validation des prototypes
N+2	Contrats pilotes de fourniture de données environnementales
N+3	Extension des abonnements CoastWatch auprès des institutions nationales
N+4	Développement des services de surveillance continue et d'analyse des données
N+5	Extension des services de surveillance vers d'autres régions d'Algérie

4. Les comptes de résultats escomptés

- Seuil de rentabilité (break-even) : atteint en N+2 (scénario optimiste) ou N+3 (scénario pessimiste).
- Besoin en fonds de roulement (BFR) : maîtrisé grâce aux contrats institutionnels à paiement annuel anticipé.
- Marge brute estimée à partir de N+2 : 55–65 % (faibles coûts variables après amortissement des deux unités).

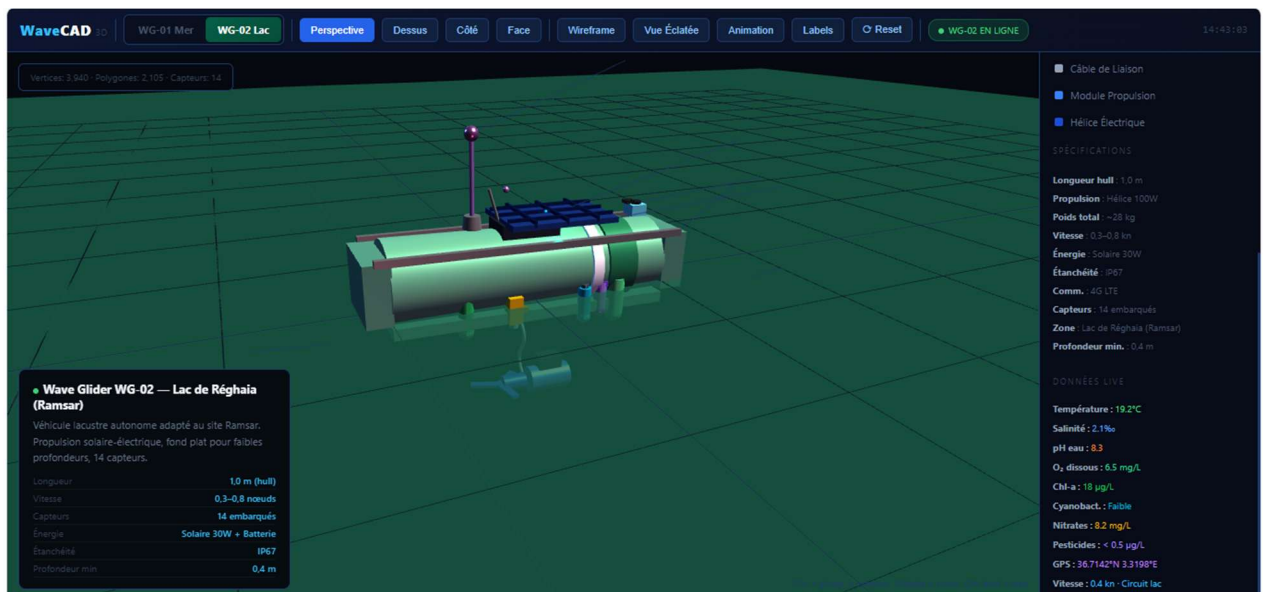
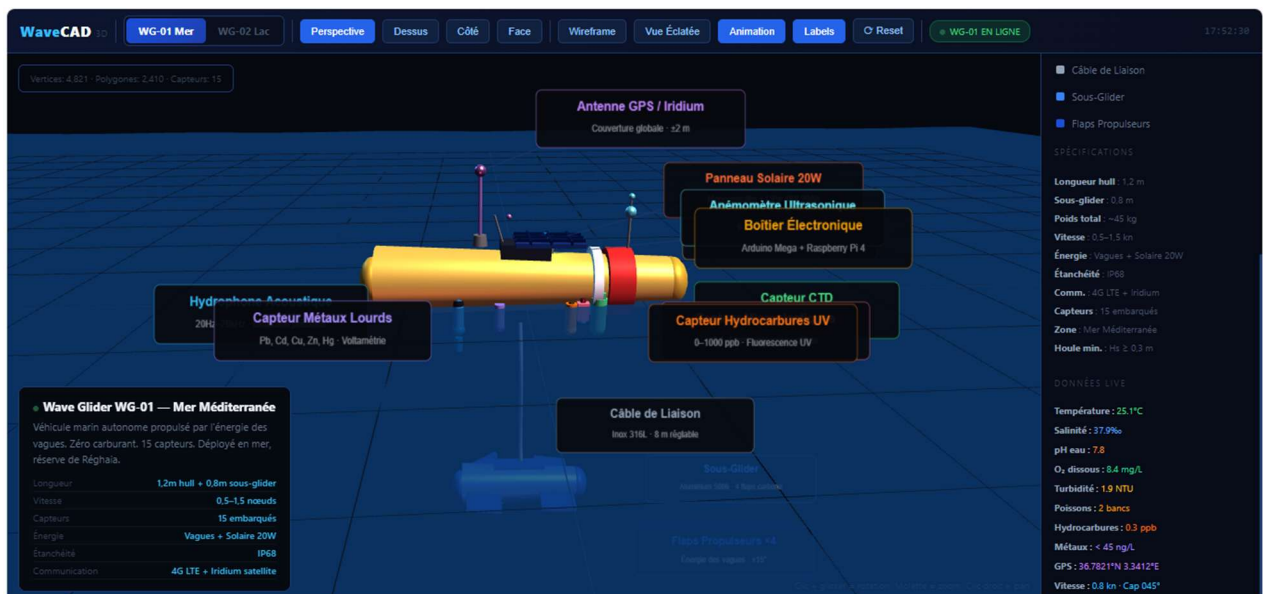
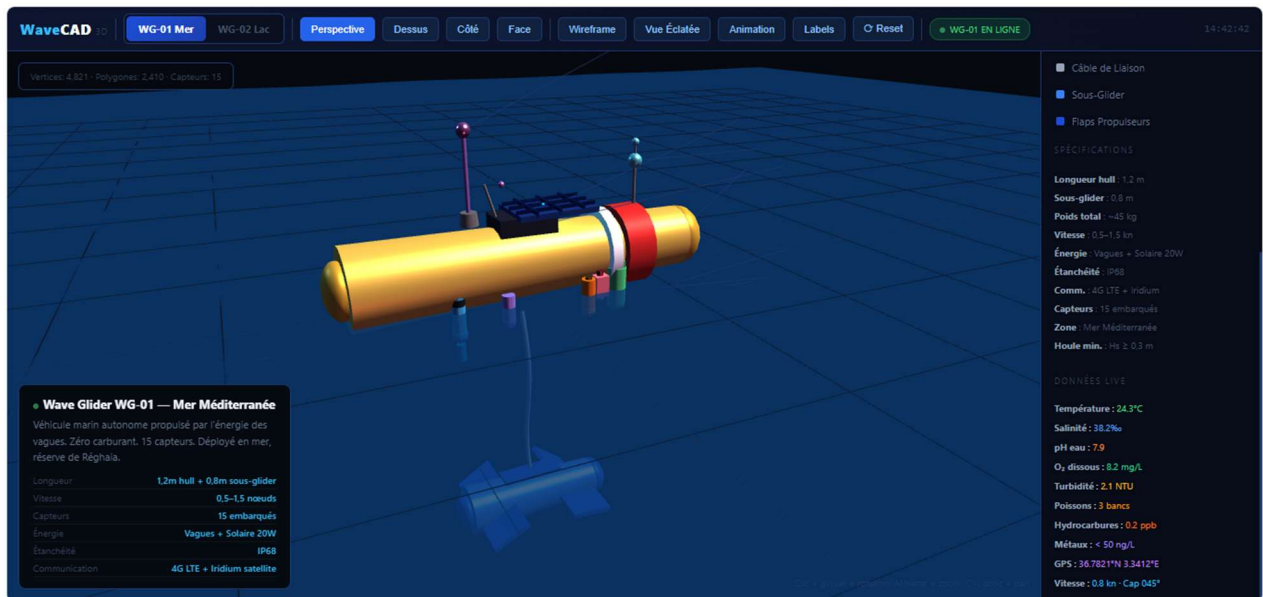
- Investissement total à récupérer : 7 900 000 DZD — récupération prévue sur 2 à 3 ans selon le scénario.

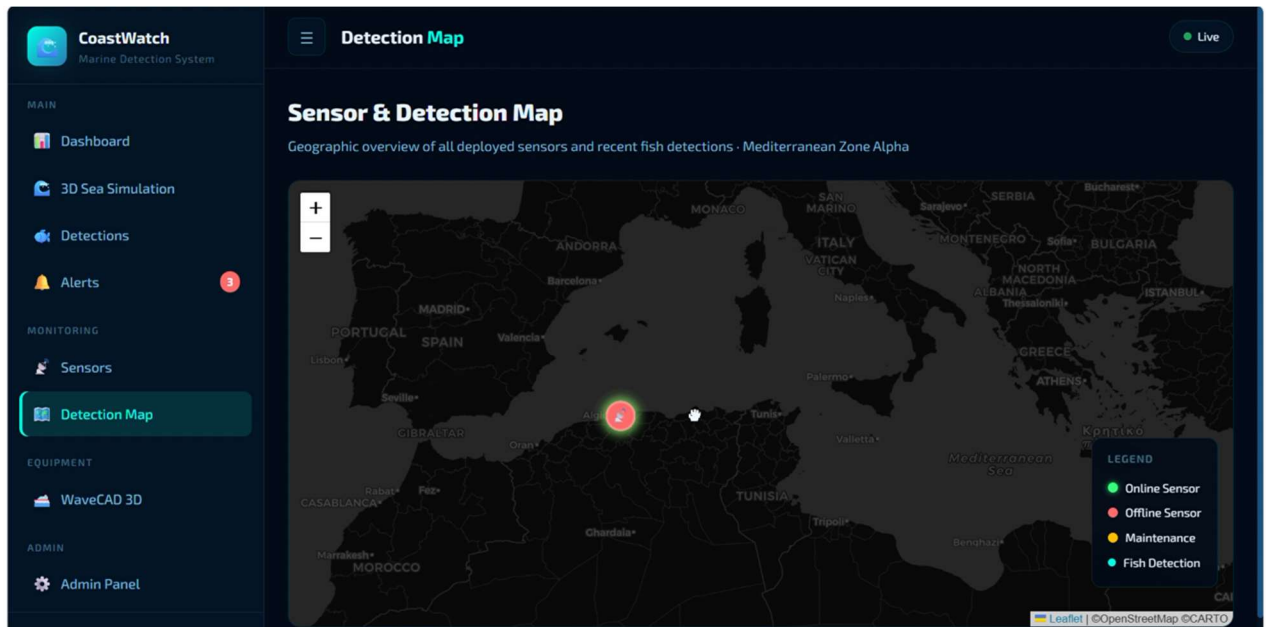
5. Le plan de trésorerie — Année N+1

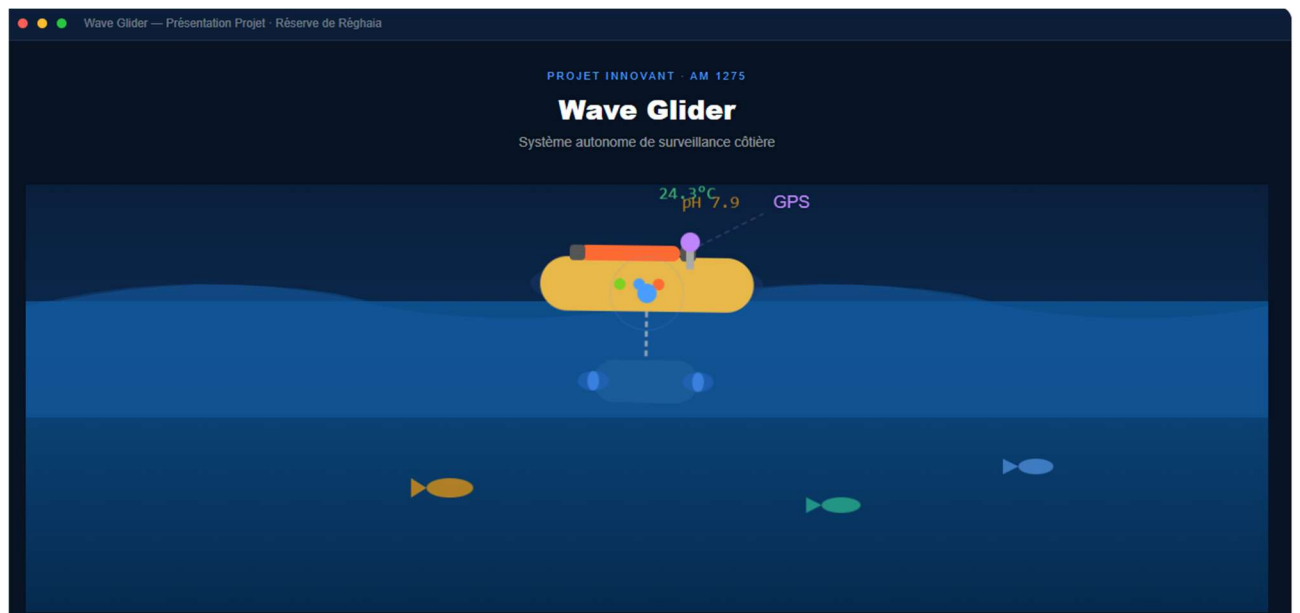
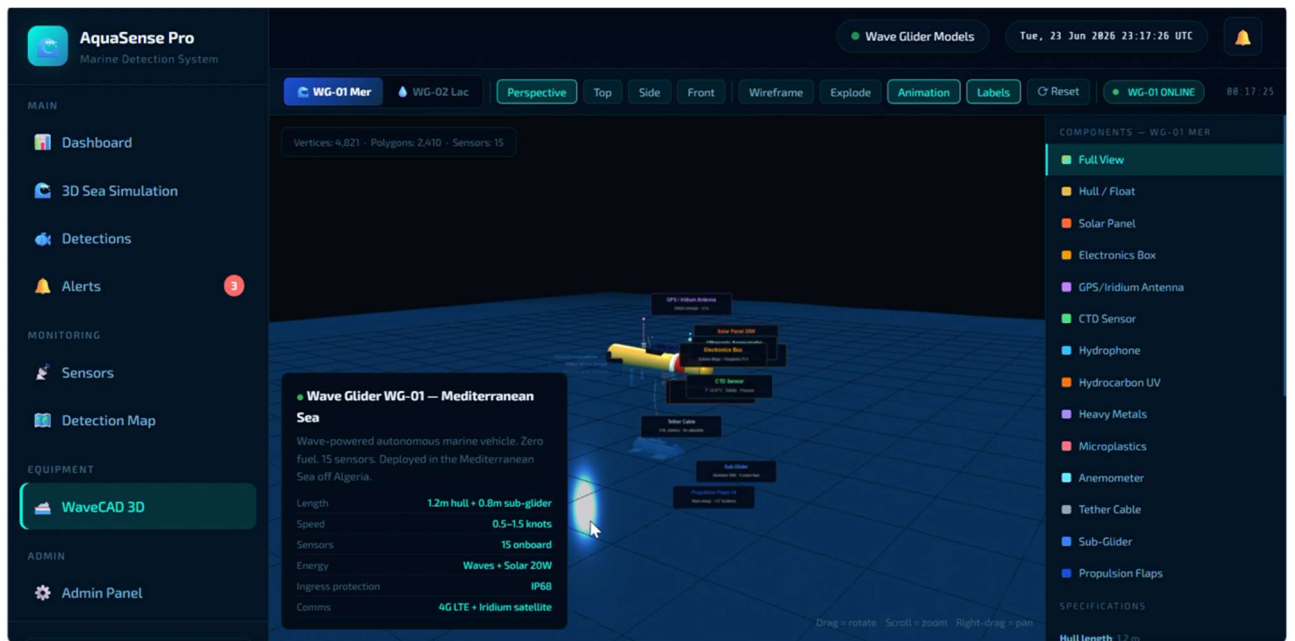
Période	Recettes (DZD)	Dépenses (DZD)
Mois 1–3	1 580 000 (subvention + apport propres)	2 100 000 (capteurs + matériaux)
Mois 4–6	4 740 000 (ANSEJ tranche 1)	2 800 000 (électronique + salaires + dev logiciel)
Mois 7–8	1 500 000 (contrat pilote MATE/CNRDPA)	700 000 (tests terrain + logistique)
Mois 9–12	0 (consolidation)	300 000 (salaires + maintenance)
TOTAL N+1	7 820 000	5 900 000
TRÉSORERIE FIN N+1	+ 1 920 000 DZD (excédent)	

Sixième axe : Prototype expérimental

Deux prototypes expérimentaux seront développés en parallèle. Chaque prototype est une version initiale à échelle 1:2, destinée à valider le concept de propulsion et l'intégration des capteurs en conditions réelles. Le déploiement se fera en deux phases : d'abord le WG-01 en mer, puis le WG-02 en lac.







Prototype WG-01 — Milieu marin

Caractéristique	Valeur / Description
Longueur hull	1,2 m — fibre de verre, étanchéité IP68
Sous-glider	0,8 m — 4 flaps articulés en composite carbone
Alimentation	Panneau solaire 20W + batterie LiPo 48V 20Ah
Microcontrôleur	Arduino Mega + Raspberry Pi 4 (traitement embarqué)
Capteurs embarqués	CTD + pH + O ₂ + turbidimètre + hydrophone + hydrocarbures + métaux lourds + microplastiques + ADCP + anémomètre + GPS + IMU
Communication	Module 4G LTE + Iridium satellite (backup)
Vitesse croisière	0,5 – 1,5 nœuds selon conditions de houle
Zone de déploiement	Mer Méditerranée — façade maritime réserve de Réghaia

Prototype WG-02 — Milieu lacustre

Caractéristique	Valeur / Description
Longueur hull	1,0 m — polyéthylène haute densité, fond plat stabilisé
Propulsion	Panneau solaire 30W + hélice électrique brushless (appoint courant)
Alimentation	Batterie LiPo 48V 30Ah — autonomie étendue en milieu calme
Microcontrôleur	Arduino Mega + Raspberry Pi 4
Capteurs embarqués	CTD + pH + O ₂ + fluorimètre Chl-a + cyanobactéries + nitrates + phosphates + pesticides + métaux lourds + microphone + turbidimètre + GPS + IMU

Communication	Module 4G LTE (couverture suffisante en lac)
Vitesse croisière	0,3 – 0,8 nœuds (propulsion solaire-électrique)
Zone de déploiement	Lac de Réghaia — site Ramsar, Wilaya d'Alger

Étapes de réalisation des prototypes

- Étape 1 : Modélisation 3D des deux hulls (SolidWorks / FreeCAD) — marin et lacustre.
- Étape 2 : Fabrication WG-01 en fibre de verre + WG-02 en polyéthylène HD.
- Étape 3 : Assemblage sous-glider WG-01 (flaps carbone) + intégration hélice électrique WG-02.
- Étape 4 : Intégration et câblage de toute l'électronique embarquée et des suites de capteurs.
- Étape 5 : Développement firmware (Arduino/Python) et tableau de bord CoastWatch (Node-RED / Grafana).
- Étape 6 : Tests en bassin universitaire — validation propulsion, étanchéité et calibration capteurs.
- Étape 7 : Déploiement WG-01 en mer (Réghaia) — collecte données réelles 72 heures consécutives.
- Étape 8 : Déploiement WG-02 en lac (Réghaia) — collecte données limnologiques 72 heures consécutives.
- Étape 9 : Analyse et validation des données collectées — comparaison mer vs lac, rédaction rapport scientifique.

Synthèse : Coût et durée du projet

Élément	Détail	Valeur
Coût total projet	2 Wave Gliders + capteurs + logiciel + déploiement + 1 an salaires	7 900 000 DZD
Durée conception → validation terrain	De la modélisation CAO au déploiement des 2 unités en conditions réelles	8 mois
Nombre de capteurs total WG-01	15 capteurs / modules embarqués (marin)	15 capteurs
Nombre de capteurs total WG-02	14 capteurs / modules embarqués (lac)	14 capteurs
Emplois directs créés (phase 1)	Ingénieurs + techniciens	5 postes
Seuil de rentabilité	Scénario optimiste	Année N+2
Part de marché cible à 5 ans	Marché algérien surveillance aquatique	15–20 %

Note sur le coût : Le montant de 10 500 000 DZD représente l'investissement complet pour les deux prototypes avec suites de capteurs étendues incluant les modules pollution (hydrocarbures, métaux lourds, microplastiques, pesticides, cyanobactéries). Une version allégée à capteurs réduits est possible pour **4 200 000 DZD** (capteurs physico-chimiques de base uniquement, sans modules pollution avancés).

Business Model Canvas — Wave Glider Algeria

Partenaires clés	Activités clés	Proposition de valeur	Relation client	Segments clients
● MATE / Environnement ● Ministère Pêche ● CNRDPA ● ENSSMAL / USTHB ● AGIL ● Incubateurs AM 1275 ● Fournisseurs capteurs ● Agences bassin hydro ● ONG Réghaia	● Conception 2 Wave Gliders ● Collecte données mer + lac ● Traitement & CoastWatch ● Maintenance 2 unités ● R&D IA / ML poissons ● Déploiement terrain	● Surveillance 24h/24 mer + lac ● 15+ capteurs par unité ● Détection pollution complète ● Réduction coûts 60 % ● Énergie 100 % renouvelable ● Plateforme CoastWatch live ● Solution locale Algérie	● Contrats annuels institutions ● Rapports personnalisés ● Dashboard en ligne ● Support & formation ● Alertes SMS / email Canaux de distribution ● Appels d'offres publics (ministères) ● Partenariats ENSSMAL / universités ● Conférences environnementales ● Site web / plateforme CoastWatch ● Publications scientifiques indexées	● Ministères (MATE, Pêche) ● Universités & CNRDPA ● Parcs nationaux / Ramsar ● Pêcheurs professionnels ● Ports & autorités ● Industries & Sonatrach ● ONG / projets UE / PNUD
Structure des coûts ● Capteurs & instruments analytiques (×2) ● Fabrication 2 hulls + propulseurs ● Développement logiciel CoastWatch ● Communication satellite / 4G (×2) ● Salaires équipe & R&D ● Tests terrain + déploiement		Sources de revenus ● Abonnements à la plateforme CoastWatch. ● Vente de données environnementales. ● Contrats de surveillance continue. ● Rapports et analyses environnementales. ● Services de conseil scientifique. ● Subventions et projets de recherche.		

Conclusion

Le projet Wave Glider Algeria représente une avancée significative dans la surveillance environnementale autonome des milieux aquatiques algériens. En déployant simultanément deux unités complémentaires — l'une en mer Méditerranée et l'autre dans le lac de Réghaia — ce projet offre pour la première fois en Algérie une couverture continue et multiparamètre des deux principaux types de milieux aquatiques côtiers.

La richesse de la suite de capteurs intégrés — 15 capteurs pour le WG-01 marin et 14 pour le WG-02 lacustre, couvrant la physico-chimie, la biologie et la pollution (hydrocarbures, métaux lourds, microplastiques, pesticides, cyanobactéries) — positionne ce système comme l'outil de surveillance environnementale le plus complet jamais développé localement en Algérie.

Avec un coût total de projet de 7 900 000 DZD et une durée de réalisation de 8 mois, Wave Glider Algeria démontre qu'une solution de pointe peut être conçue, fabriquée et déployée localement à un coût 5 à 10 fois inférieur aux alternatives importées, avec un impact environnemental nul et une parfaite adaptation aux spécificités du littoral et des zones humides algériennes.

Cette initiative contribue directement à la protection de la réserve naturelle de Réghaia, site Ramsar d'importance internationale, tout en posant les bases d'une entreprise technologique algérienne exportable vers les pays nationaux.



Wave Glider Algeria

Surveillance intelligente du littoral algérien

ENSSMAL · Génie Côtier et Aménagement du Littoral · 2025/2026

Résumé

Ce mémoire porte sur l'étude de l'évolution de l'occupation du sol au niveau de la Réserve naturelle de Réghaïa, une zone humide côtière classée site Ramsar et considérée parmi les espaces naturels les plus importants du littoral algérien. L'objectif principal est d'analyser les changements spatiaux ayant affecté cette zone entre 2007 et 2025, afin d'évaluer les pressions anthropiques et leurs impacts sur la préservation de cet écosystème fragile. La méthodologie repose sur l'utilisation des images satellitaires multi-dates, des systèmes d'information géographique (SIG) et de l'extension Digital Shoreline Analysis System DSAS pour le suivi du trait de côte. Les cartes produites ont permis de comparer l'évolution de l'occupation du sol à différentes échelles (bassin versant, communes limitrophes et réserve), ainsi que de mettre en évidence la dynamique du littoral. Les résultats à l'échelle communale montrent une régression progressive des milieux naturels et agricoles (de 73,34 % à 57,73 %) au profit des surfaces urbanisées et industrielles (de 15,03 % à 26,25 % et de 6,29 % à 12,16 %, respectivement). Cette transformation traduit une pression croissante liée à l'urbanisation, à l'agriculture et aux activités humaines autour de la réserve. L'analyse du trait de côte révèle également des secteurs en forte érosion (perte de 61 145,2 m² entre 1980 et 2025), ce qui confirme l'influence combinée des facteurs naturels et anthropiques sur la dynamique côtière. Ce travail souligne l'importance de la GIZC comme approche intégrée pour assurer la protection durable de la réserve et la gestion rationnelle des zones humides littorales.

Mots-clés : Réserve naturelle de Réghaïa, zone humide, occupation du sol, trait de côte, GIZC.

Abstract

This study focuses on the study of land use evolution in the Reghaia Nature Reserve, a coastal wetland classified as a Ramsar site and considered one of the most important natural areas on the Algerian coast. The main objective is to analyze spatial changes between 2007 and 2025 in order to assess human pressures and their impacts on the preservation of this fragile ecosystem. The methodology was based on the use of multi-date satellite imagery, Geographic Information Systems (GIS), and the DSAS extension for shoreline monitoring. The generated maps made it possible to compare land use changes at different scales (watershed, neighboring municipalities, and reserve) and to identify coastal dynamics. The results at the municipal scale show a gradual decline of natural and agricultural areas (from 73.34% to 57.73%) in favor of urban and industrial land (from 15.03% to 26.25% and from 6.29% to 12.16%, respectively). This transformation reflects increasing anthropogenic pressure related to urban expansion, agriculture, and human activities around the reserve. Shoreline analysis also highlights areas of severe erosion (a loss of 61,145.2 m² between 1980 and 2025), confirming the combined influence of natural and human factors on coastal dynamics. This study emphasizes the importance of ICZM as an integrated approach for sustainable protection of the reserve and rational management of coastal wetlands.

Keywords: Reghaia nature reserve, wetland, land use, shoreline, ICZM.

الملخص

تتناول هذه المذكرة دراسة تطور استعمالات الأرض على مستوى المحمية الطبيعية لرغاية، وهي منطقة رطبة ساحلية مصنفة ضمن اتفاقية رامسار وتعد من أهم الفضاءات الطبيعية في الساحل الجزائري. يهدف العمل إلى تحليل التغيرات المكانية التي عرفتها المنطقة بين سنتي 2007 و2025، من أجل تقييم الضغوط البشرية وتأثيرها على الحفاظ على هذا النظام البيئي الهش. اعتمدت الدراسة على صور الأقمار الصناعية متعددة التواريخ، ونظم المعلومات الجغرافية (SIG)، بالإضافة إلى أداة (DSAS) لدراسة تطور خط الساحل. وقد سمحت الخرائط المنجزة بتحليل تغيرات استعمالات الأرض على عدة مستويات مكانية، مع إبراز ديناميكية الساحل. تُظهر النتائج على المستوى البلدي تراجعاً تدريجياً للمساحات الطبيعية والزراعية (من 73.34% إلى 57.73%) لصالح الأراضي الحضرية والصناعية (من 15.03% إلى 26.25% ومن 6.29% إلى 12.16% على التوالي). كما بينت دراسة خط الساحل وجود مناطق تتعرض لتآكل شديد (خسارة قدرها 61,145.2 مترًا مربعًا بين عامي 1980 و2025)، ما يبرز تأثير العوامل الطبيعية والبشرية معاً على الديناميكية الساحلية. وتؤكد الدراسة أهمية الإدارة المتكاملة للمناطق الساحلية (GIZC) في تحقيق حماية مستدامة للمحمية وتسيير عقلاني للمناطق الرطبة الساحلية.

الكلمات المفتاحية: المحمية الطبيعية لرغاية، المنطقة الرطبة، استعمالات الأرض، خط الساحل، الإدارة المتكاملة للمناطق الساحلية.