

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEURE ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

المدرسة الوطنية العليا للعلوم البحر وتهيئة الساحل

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE DES SCIENCES DE LA MER ET DE L'AMÉNAGEMENT DU LITTORAL



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

Domaine : Sciences de la terre et de l'univers

Filière : Géographie et aménagement du territoire

Spécialité : Génie Côtier et Aménagement du Littoral

Dynamique de l'occupation du sol de la Réserve Naturelle Côtière du Lac de Réghaïa

Présenté par :

Salsabil Bouguerne

Saida Ghalmi

Soutenue le : 21 / 05 / 2026

Devant le jury composé de :

M. Lounes Fernane	MCB	ENSSMAL	Président
M^{me}. Romaïssa Harid	MCB	ENSSMAL	Promotrice
M^{me}. Mehdiya-Asma Keraghel	MCA	ENSSMAL	Examinatrice

Année Universitaire 2025 - 2026

Remerciements

C'est avec un cœur rempli de reconnaissance que nous achevons ce modeste travail. Avant de clôturer ce chapitre de notre vie d'étudiant, il nous est essentiel de remercier les piliers qui ont soutenu notre parcours.

En premier lieu, nous rendons grâce à **Dieu le Tout-Puissant** de nous avoir accordé la force, la patience et la volonté nécessaires pour mener à bien ce projet.

Nous exprimons notre profonde gratitude à notre promotrice, **Mme Romaissa HARID**, pour son encadrement, sa rigueur scientifique, ses précieux conseils. Sa bienveillance, son soutien constant tout au long de ce projet de fin d'études ont été pour nous une véritable source d'inspiration.

Nous adressons nos remerciements les plus sincères à **M. Lounes FERNANE**, Président du jury, pour l'honneur qu'il nous fait en acceptant d'évaluer ce travail.

Nos vifs remerciements s'adressent à **Mme Mehdiya-Asma KERAGHEL**, examinatrice de notre mémoire, pour l'intérêt qu'elle a porté à notre recherche, pour ses observations pertinentes et ses encouragements.

Enfin, l'expression de notre plus profonde affection s'adresse à **NOS PARENTS**. Aucune dédicace ne saurait exprimer l'immensité de notre amour, de notre reconnaissance. Merci pour vos sacrifices, vos prières, votre soutien inconditionnel qui nous ont permis d'atteindre ce jour.

À tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire, merci.

Dédicaces

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

{رَبِّ أَوْزِعْنِي أَنْ أَشْكُرَ نِعْمَتَكَ الَّتِي أَنْعَمْتَ عَلَيَّ وَعَلَىٰ وَالِدَيَّ وَأَنْ أَعْمَلَ صَالِحًا تَرْضَاهُ}

Merci Mon DIEU, d'avoir éclairé mon chemin et de m'avoir donné la force d'atteindre ce jour mémorable.

À l'homme de ma vie, mon pilier, mon premier exemple, mon cher père NACEREDDINE TAHER, Tu es le rocher sur lequel je me suis appuyée pour grandir. Ta fierté est ma plus belle récompense.

À mon paradis sur terre, la prune de mes yeux et ma source de lumière, ma tendre mère NADIA BELLOULA. Ce succès est avant tout le tien. Tu es le battement de mon cœur et la douceur qui a apaisé mes nuits de fatigue. Sans tes prières, rien n'aurait été possible.

À ma chère sœur HADI. Ma compagne de route depuis l'enfance. Merci d'être mon miroir, mon refuge et celle avec qui je partage mes rêves les plus fous.

À mes chers frères, MOHAMED ILYES et IYAD ABDELREZZAK, Vous êtes mon épaule droite, ma force, mon rempart. Que ce travail soit un témoignage de mon affection fraternelle.

À ma tante HALIMA. Ma grande supportrice, pour tes encouragements qui m'ont toujours poussée à aller de l'avant.

À ma meilleure amie KARIMA CHEBCHOUB. Tu es le plus beau cadeau que l'amitié m'ait offert. Merci d'être toujours là, dans les rires comme dans les défis.

À ma chère binôme SAIDA GHALMI.

Merci pour ton dévouement, ta patience et pour tous les moments partagés durant cette aventure scientifique. Ce projet est le fruit de notre synergie.

À mes chers collègues de la Promo 2026 GCAL. Que nos chemins soient couronnés de succès et de brillance.

***Le succès n'est pas la clé du bonheur, le bonheur est la clé du succès. Si vous aimez ce que vous faites, vous réussirez. ***

Salsabil

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
﴿وَكَانَ فَضْلُ اللَّهِ عَلَيْكَ عَظِيمًا﴾

*Je remercie Dieu Tout-Puissant de m'avoir accordé la santé, la patience et la force
nécessaires pour accomplir ce travail.*

*A ma chère maman, celle qui ma soutenue par ses prières avant tout, qui est toujours été ma
source de force et de tendresse. Que dieu te garde en bonne santé et te protège pour moi.*

*A mon cher papa, pour ses encouragements constants, ses conseils précieux et sa présence
rassurante tout au long de mon parcours. Grâce à toi, j'ai pu avancer sereinement et
poursuivre mes études.*

A Ma sœur Horia, qui a toujours été un véritable soutien pour moi.

*A ma chère binôme SALSABIL, avec qui j'ai partagé les efforts les difficultés et les
moments réussite.*

*A mes chères amies, celles avec qui j'ai tout vécu, les larmes avant les sourires, les moments
de doute avant la réussite, celle qui ne m'ont jamais lâchée et qui ont toujours cru en moi-
même quand je doutais. Vous êtes ma deuxième famille.*

*A Mon Amie HARAOUI YASMINA, ton absence aujourd'hui ne change rien à l'amour et
l'importance que tu as dans ma vie. Je pense fort à toi*

Je remercie dieu pour tout ce qu'il m'a donné.

SAIDA GHALMI

Liste des figures

Figure 1 : Délimitation de la réserve naturelle de la zone humide du lac de Réghaïa (<i>Home Ramsar Sites Information Service, 2003</i>).....	18
Figure 2 : Localisation géographique de la réserve naturelle du lac de Réghaïa.	25
Figure 3 : Climatologie mensuelle et variabilité interannuelle de la température de l'air dans la commune de Réghaïa (2000–2025).....	27
Figure 4 : Climatologie mensuelle et variabilité interannuelle des précipitations dans la commune de Réghaïa (2000–2025).....	28
Figure 5 : Climatologie mensuelle et variabilité interannuelle de vent dans la commune de Réghaïa (2000–2025).	29
Figure 6 : Carte du Réseau hydrographique de bassin versant de la réserve naturelle du lac de Réghaïa (étapes de réalisation 3.2.6.2).....	31
Figure 7 : Les étapes de digitalisation sous Google Earth Pro.	35
Figure 8 : Les étapes de traitement d'image Sentinel- sous SNAP	38
Figure 9 : Les étapes de téléchargement MNT.....	39
Figure 10 : Schématisation des étapes de travail pour réalisation du réseau hydrographique	39
Figure 11 : Schématisation des étapes de travail pour la carte des pentes	40
Figure 12 : Schématisation des étapes de travail pour la carte d'orientation des pentes	41
Figure 13 : Les étapes de réalisation buffer à 800 m.....	42
Figure 14 : La dynamique de la bande à 800 mètres.....	42
Figure 15 : Carte hypsométrique de la réserve naturelle du lac de Réghaïa (répartition altitudinale).....	44
Figure 16 : Carte des pentes de la réserve naturelle du lac de Réghaïa (degré d'inclinaison du relief)	46
Figure 17 : Carte de l'orientation des pentes (exposition) de la réserve naturelle du lac de Réghaïa.)	47
Figure 18 : Carte de l'occupation du sol de la Réserve de Réghaïa (2006 vs 2025).	50

Figure 19 : Diagramme de l'évolution des unités d'occupation du sol de la Réserve de Réghaïa (2006 vs 2025).....	52
Figure 20 : Evolution des limites du lac Réghaïa entre 2006 et 2025.....	55
Figure 21 : Carte de la bande littorale des 800 mètres de Loi 02-02 entre 2006 et 2025.	56
Figure 22 : Carte du couvert végétal de la bande côtière de Réghaïa (2006 vs 2025).....	59
Figure 23 : Carte de distribution spatiale des concentrations en Chlorophylle-a (mg/m^3) et en Matières en Suspension (g/m^3) dans le lac de Réghaïa.	61
Figure 24 : Canard colvert (Fettis, 2016b)	62
Figure 25 : Aigrette gazette (Fettis, 2016b).....	62

Liste des tableaux

Tableau 1 : Les statiques des classes des altitudes de la réserve naturelle de lac de Réghaïa.	45
Tableau 2 : Les statiques des classes des pentes de la réserve naturelle de lac de Réghaïa....	46
Tableau 3 : Les statiques des classes des expositions de la réserve naturelle de lac de Réghaïa.	48
Tableau 4 : Dynamique de l'occupation du sol à lac du Réghaïa entre 2006 et 2025	54
Tableau 5 : Dynamique de la bande de zone littoral à 800 mètres entre 2006 et 2025	57

Liste des abréviations

DGF : Direction Générale des Forêts

ODV: Ocean Data View

SNAP: Sentinel Application Platform

MNT: Modèle Numérique de Terrain

USGS: United States Geological Survey

Km: Kilomètre

Ha: Hectare

KML: Keyhole Markup Language

SIG : Système d'Information Géographique

UTM : Universal Transverse Mercator

WGS: World Geodetic System

SHP: Shapefile

C2RCC : Case 2 Regional/CoastColour

MES : Matières En Suspension

KMZ : Keyhole Markup Zip

GIZC : Gestion Intégrée des Zones Côtières

SDAU : Schéma Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme

POS : Plan d'Occupation des Sols

STEP : Station d'épuration des eaux usée

Introduction

Sommaire

Introduction	15
1 Généralités.....	18
1.1 La Réserve Naturelle du Lac de Réghaïa	18
1.1.1 Inscription et classement officiel sur la liste de Ramsar	18
1.1.2 Critères d'importance internationale du site	19
1.1.3 Conservation et gestion durable	19
1.2 Pressions anthropiques et menaces sur l'écosystème du lac	19
1.3 Caractérisation biophysique et organisation spatiale de l'occupation du sol	20
1.4 Apport de la télédétection spatiale dans le suivi environnemental.....	20
1.4.1 Définition de la télédétection	20
1.4.2 Principe de la télédétection	20
1.4.3 Type de données	21
1.4.4 L'algorithme C2RCC.....	21
1.5 Rôle du SIG dans l'analyse de la dynamique spatio-temporelle.....	21
1.5.1 Définition du SIG	22
1.5.2 Principe du SIG	22
1.5.3 Les composants du SIG.....	22
1.5.4 Type de données	22
1.6 Le cadre législatif : La Loi n° 02-02 du 05 février 2002.....	22
2 Zone d'étude.....	25
2.1 Localisation géographique.....	25
2.2 Situation administrative.....	25
2.3 Climat de la région	25
2.3.1 Température.....	26

2.3.2	Précipitations	27
2.3.3	Vent.....	28
2.4	Biodiversité de la région.....	29
2.4.1	La flore	29
2.4.2	La faune.....	30
2.5	Relief et hydrographie	30
3	Matériel et méthodes	33
3.1	Matériel.....	33
3.2	Méthodes	33
3.2.1	Digitalisation et cartographie de l'occupation du sol.....	33
3.2.2	Intégration et correction topologique sous ArcGIS.....	35
3.2.3	Calcul des superficies et analyse statistique sous ArcGIS	36
3.2.4	La dynamique.....	36
3.2.5	Données satellitaires et traitement d'imagerie	36
3.2.6	Données topographiques de la réserve de reghaïa	38
3.2.7	Réalisation du buffer de la bande côtière 800m	41
4	Résultats et Discussion.....	44
4.1	Caractéristiques topographiques de la Réserve de Réghaïa	44
4.1.1	Altitude.....	44
4.1.2	Pente	45
4.1.3	Exposition.....	47
4.2	Occupation du sol dans la Réserve de Réghaïa	48
4.2.1	Analyse de l'état initial (2006)	48
4.2.2	Analyse de l'état actuel (2025)	49
4.2.3	Analyse comparative de l'occupation du sol (2006-2025)	51
4.3	Dynamique de l'occupation des sols	52

4.4	Évolution des limites du Lac de Réghaïa	55
4.5	Zone littoral (800m).....	56
4.6	Évaluation de la qualité des eaux	60
4.6.1	Analyse de la Chlorophylle-a	60
4.6.2	Analyse des Matières en Suspension (MES - Turbidité).....	60
4.7	Impact des changements d'occupation du sol sur les oiseaux de la réserve.....	61
4.8	Gestion durable de la réserve.....	63
	Conclusion.....	66
	Références bibliographiques	69
	Annexes	75

Introduction

Les zones humides et les réserves naturelles constituent des piliers fondamentaux pour la préservation de la biodiversité mondiale. Ces espaces, véritables refuges écologiques, assurent des services écosystémiques vitaux, allant de la régulation des cycles hydrologiques au maintien des habitats fragiles nécessaires à la survie de nombreuses espèces. Cette importance est reconnue à travers les engagements mondiaux de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN). À l'échelle du bassin méditerranéen, considéré comme un hotspot de biodiversité mondiale (Myers et al., 2000), ces milieux sont soumis à des pressions anthropiques croissantes qui exigent une vigilance accrue. La mise en place de structures de conservation demeure l'outil le plus efficace pour endiguer la dégradation de ces écosystèmes et garantir leur résilience face aux mutations environnementales actuelles.

En Algérie, la gestion des espaces naturels protégés repose sur une réserve juridique rigoureuse visant à concilier le développement économique et la protection de l'environnement. La loi n° 11-02 du 17 février 2011 relative aux aires protégées dans le cadre du développement durable (Loi n° 11-02, 2011), constitue le socle fondamental de cette gestion, complétée par la loi n° 02-02 du 05 février 2002 relative à la protection et à la mise en valeur du littoral (Loi n° 02-02, 2002). Ces textes établissent des mécanismes de contrôle de l'occupation du sol et imposent des contraintes strictes pour les activités situées à proximité des sites sensibles. Ce cadre législatif national offre, en théorie, les outils nécessaires pour prévenir la dégradation des écosystèmes et garantir une gestion pérenne du foncier naturel sur l'ensemble du territoire national.

Le lac de Réghaïa, zone humide d'importance internationale classée site Ramsar (n° 1304), représente un écosystème d'une valeur écologique majeure qui nécessite une attention particulière. Les travaux scientifiques antérieurs, notamment ceux de Boudjelas, S., et al., (2012), les propositions de réhabilitation côtière menées par Hachemi & Sadeli, 2010, ont mis en lumière la richesse de sa faune et de sa flore, tout en soulignant une dégradation continue de son intégrité écologique. En observant l'évolution du site, nous constatons que la pression urbaine et l'artificialisation des berges ont considérablement altéré son fonctionnement naturel. Cette dynamique spatiale négative révèle une vulnérabilité accrue face aux rejets urbains et à l'empiètement foncier. Par ailleurs, si le Décret n° 83-75 du 29 janvier 1983 portant création du Centre Cynégétique de Réghaïa., (1983), constitue l'actuel socle de gestion du site, et bien qu'un arrêté de la Wilaya d'Alger ait été promulgué en 1999 pour renforcer sa protection locale via les premières directives de gestion, (Wilaya d'Alger, 1999), le cadre juridique dans la région révèle

une lacune critique à savoir, l'absence d'un décret de classement national spécifique en "Réserve Naturelle" qui permettrait une protection foncière renforcée. Cette carence de statut officiel limite la portée des mesures de sauvegarde et empêche une protection rigoureuse face à l'étalement urbain incontrôlé. La persistance de cette dégradation démontre que les mesures actuelles, malgré leur intention, restent insuffisantes pour stopper l'impact des activités humaines sur le lac, rendant nécessaire une nouvelle approche de suivi technique pour pallier ces manquements persistants.

Dans ce contexte, il devient impératif de dépasser le simple constat de la dégradation pour engager une action opérationnelle fondée sur une connaissance précise des changements spatiaux. La problématique centrale de ce travail réside dans la nécessité de mettre en corrélation l'évolution de la dynamique de l'occupation du sol avec l'efficacité des dispositifs de gestion actuels. Il est nécessaire de démontrer que la maîtrise des outils de suivi spatio-temporel constitue le préalable indispensable pour orienter les décisions d'aménagement et assurer une protection réelle du site, afin de pallier l'inadéquation persistante entre les pressions exercées et les mesures de conservation appliquées.

Pour répondre à cette problématique, notre travail s'articule autour de quatre axes principaux, basés sur une analyse de la dynamique de l'occupation du sol sur la période 2006-2025 :

- Chapitre 1 : Généralités et cadre théorique, où nous abordons les concepts liés aux zones humides, le phénomène de littoralisation et les mécanismes de gouvernance des espaces protégés.
- Chapitre 2 : Présentation de la zone d'étude, qui détaille les caractéristiques géographiques, écologiques et socio-économiques spécifiques du lac de Réghaïa.
- Chapitre 3 : Méthodologie et suivi de la dynamique spatio-temporelle, en exposant le processus de traitement des données ainsi que les outils SIG et de télédétection utilisée pour quantifier l'évolution de l'occupation du sol sur la période précitée.
- Chapitre 4 : Analyse des résultats et stratégie de gestion durable, axé sur l'interprétation des changements observés, l'identification des zones de pression critique et la formulation de recommandations concrètes pour bonne préservation du site.

Généralités

1 Généralités

Les zones humides en Algérie constituent des écosystèmes d'une richesse biologique et d'une importance socio-économique capitale.

1.1 La Réserve Naturelle du Lac de Réghaïa

La réserve naturelle du lac de Réghaïa représente l'un des écosystèmes côtiers les plus emblématiques et les plus sensibles de la région algéroise. Classée comme site Ramsar, cette zone humide bénéficie d'un statut de protection spécifique exigeant une gestion rigoureuse et concertée. La Figure 1 ci-dessous illustre la délimitation géographique du périmètre de la réserve, offrant ainsi une base cartographique indispensable pour comprendre la structure spatiale et les dynamiques écologiques à l'œuvre au sein de ce complexe humide.



Figure 1 : Délimitation de la réserve naturelle de la zone humide du lac de Réghaïa (*Home | Ramsar Sites Information Service, 2003*)

1.1.1 Inscription et classement officiel sur la liste de Ramsar

Le complexe humide du lac de Réghaïa a été officiellement proposé pour son inscription sur la liste des zones humides d'importance internationale le 02 février 2003, date symbolique coïncidant avec la Journée mondiale des zones humides. Ce processus national a abouti à une reconnaissance officielle au niveau international le 04 juin 2003, date à laquelle le site a été définitivement intégré à la Convention de Ramsar sous le numéro d'identification 1304. Il représente l'un des derniers écosystèmes naturels du littoral algérois, s'étendant sur une

superficie de 842 hectares incluant des zones terrestres, lacustres et marines (Direction Générale des Forêts, 2003; *Réserve Naturelle du Lac de Réghaïa* | *Service d'information sur les Sites Ramsar*, 2019) .

1.1.2 Critères d'importance internationale du site

Conformément aux directives de la Convention de Ramsar, le lac de Réghaïa répond à plusieurs critères de sélection. Un critère de représentativité, qui constitue un exemple rare de zone humide naturelle dans la région biogéographique méditerranéenne (vestige de la Mitidja). Un critère biologique, qui reflète un soutien des populations d'espèces végétales et animales essentielles au maintien de la biodiversité locale (Dehane, 2012). Un critère ornithologique, la réserve sert de corridor migratoire vital, offrant un refuge pour la nidification et l'hivernage de nombreuses espèces d'oiseaux d'eau entre l'Europe et l'Afrique (Metallaoui & Houhamdi, 2010).

1.1.3 Conservation et gestion durable

L'application des principes de Ramsar au lac de Réghaïa vise à assurer une *utilisation rationnelle* des ressources du site. Cela implique la protection de son système hydrologique (Oued Réghaïa) et de sa ceinture végétale (Phragmites, Typha) contre les pressions anthropiques et l'urbanisation environnante, afin de garantir la pérennité de ses fonctions écologiques (Direction Générale des Forêts, 2003).

1.2 Pressions anthropiques et menaces sur l'écosystème du lac

Le complexe humide de Réghaïa, bien qu'il bénéficie d'un statut de protection internationale, se trouve au cœur d'un tissu urbain et industriel en perpétuelle expansion. Selon (Larid, 2008), l'anthropisation du site se manifeste principalement par un étalement urbain non maîtrisé sur les versants du bassin versant, entraînant une imperméabilisation des sols et une modification de la dynamique hydrologique naturelle. À ces pressions spatiales s'ajoute une menace qualitative liée aux rejets industriels et domestiques provenant des zones limitrophes, ce qui provoque une eutrophisation du plan d'eau et une régression de la végétation héliophytique (roselières). Dans ce contexte de mutations rapides, l'intégration des outils de la télédétection et des Systèmes d'Information Géographique (SIG) devient une nécessité impérative. Ces technologies permettent non seulement de cartographier l'étendue de la fragmentation des habitats, mais aussi de quantifier avec précision les changements d'occupation du sol sur plusieurs décennies, offrant ainsi une base scientifique pour la gestion et la restauration de cet écosystème fragile.

1.3 Caractérisation biophysique et organisation spatiale de l'occupation du sol

L'étude de la dynamique de la zone humide de Réghaïa repose sur l'analyse de sa configuration biophysique à travers les outils de la géomatique. Selon plusieurs études (Bouزيد, M., 2015; Girard & Girard, 2010; Lillesand, T.M. and Kiefer, R.W, 2015), l'exploitation de la télédétection spatiale permet de caractériser avec précision l'organisation spatiale de l'occupation du sol. L'utilisation de la télédétection spatiale pour la cartographie de l'occupation du sol repose sur la capacité des capteurs satellitaires à différencier les divers éléments de la surface terrestre. En effet, chaque unité paysagère (eau, végétation, sol nu, zones bâties) possède des propriétés physiques propres qui permettent de l'identifier avec précision lors du traitement des images. À cet égard, la photo-interprétation assure une analyse visuelle détaillée des formes, validant ainsi l'identification des classes d'occupation du sol pour une cartographie multi-date précise. Cette démarche est indispensable pour suivre l'évolution des habitats naturels face aux changements environnementaux.

1.4 Apport de la télédétection spatiale dans le suivi environnemental

La télédétection spatiale s'est imposée comme un outil incontournable pour l'observation des écosystèmes fragiles tels que le lac de Réghaïa. Grâce à la richesse des archives satellitaires, il est désormais possible de reconstituer l'historique des changements biophysiques du site sur plusieurs décennies. Selon plusieurs études (Chuviéco, E., 2020; Hamadouche, M.A. & Bachir, A., 2014; Jensen, John R., 2015), le traitement numérique de ces images permet de dépasser les limites des observations de terrain classiques en offrant une vue synoptique et répétitive. Cette approche multi-date est cruciale pour quantifier avec précision l'évolution des différentes classes d'occupation du sol et pour détecter les tendances de changement qui affectent la structure même de la réserve naturelle.

1.4.1 Définition de la télédétection

La télédétection spatiale se définit comme l'acquisition d'informations à distance sur les propriétés de la surface terrestre, sans contact physique direct, grâce à des capteurs embarqués sur des plates-formes satellitaires.

1.4.2 Principe de la télédétection

Le principe fondamental de cette technologie repose sur l'interaction entre le rayonnement électromagnétique et les différents composants du milieu naturel. Chaque cible au sol possède

une réponse spectrale unique, que les capteurs enregistrent sous forme de valeurs numériques, permettant ainsi de caractériser la nature physique des objets observés.

1.4.3 Type de données

Sur le plan technique, les données issues de ces capteurs se distinguent par quatre types de résolutions essentielles à l'analyse environnementale : spatiale, spectrale, radiométrique et temporelle. Plus précisément, la résolution spectrale désigne la capacité du capteur à séparer les fines longueurs d'onde pour identifier la signature spectrale des objets, tandis que la résolution radiométrique détermine sa sensibilité aux variations de l'énergie réfléchie. La combinaison de ces résolutions permet de convertir les mesures physiques en informations géographiques exploitables pour la cartographie et le suivi des changements de l'occupation du sol (Campbell & Wynne, 2011).

Les données de télédétection sont classées selon leur niveau de traitement : le niveau L0 correspond aux données brutes, tandis que le niveau L1 inclut des corrections radiométriques et géométriques de base. Les niveaux L2 et L3 fournissent des produits corrigés des effets atmosphériques et ortho rectifiés, alors que le niveau L4 représente des résultats issus de modèles d'analyse complexes.

1.4.4 L'algorithme C2RCC

Le traitement des images satellitaires dans les eaux côtières nécessite des algorithmes spécialisés, car les corrections atmosphériques standards (conçues pour les terres) sont inadaptées aux eaux complexes de type « Case 2 ». Il existe plusieurs solutions dédiées à ce milieu comme, mais nous avons opté pour le processeur C2RCC (Case 2 Regional CoastColour), car il est spécifiquement conçu pour les milieux turbides et riches en sédiments. Grâce à son approche basée sur les réseaux de neurones, il permet de corriger simultanément les effets atmosphériques et les propriétés de l'eau. C'est cet algorithme qui nous permet d'extraire avec précision la « water-leaving reflectance » (réflectance à la sortie de l'eau), une donnée indispensable pour caractériser les propriétés optiques des eaux du lac de réghaïa.

1.5 Rôle du SIG dans l'analyse de la dynamique spatio-temporelle

Le SIG constitue un outil décisionnel incontournable pour appréhender la complexité des mutations territoriales. Dans le cadre de l'analyse spatio-temporelle, le SIG ne se limite pas à la simple cartographie ; il permet de modéliser l'évolution des paysages en superposant des données multi-dates, facilitant ainsi la détection des changements d'occupation du sol sur le

long terme (Heywood et al., 2011). Grâce à sa capacité à intégrer des informations environnementales hétérogènes, il offre une vision dynamique indispensable pour le suivi des milieux fragiles, tels que les zones humides et les réserves naturelles, permettant une gestion optimisée et proactive du territoire.

1.5.1 Définition du SIG

Le SIG est un système informatique conçu pour acquérir, stocker, manipuler, analyser et visualiser des données spatialement référencées. Il permet de gérer des informations complexes liées à la localisation géographique pour faciliter la prise de décision.

1.5.2 Principe du SIG

Le principe de fonctionnement du SIG repose sur la superposition et l'analyse croisée de différentes couches de données (spatiales et attributaires). Grâce à des outils de modélisation, il permet d'intégrer des informations hétérogènes pour simuler des scénarios ou comprendre des processus environnementaux dynamiques à travers le temps et l'espace.

1.5.3 Les composants du SIG

Un SIG est composé de cinq éléments fondamentaux qui interagissent pour garantir l'efficacité de l'analyse spatiale :

1. **Les données** : les informations géographiques et alphanumériques.
2. **Le matériel (Hardware)** : les ordinateurs et serveurs de traitement.
3. **Le logiciel (Software)** : les outils de traitement et d'analyse.
4. **Les méthodes** : les protocoles et procédures analytiques.
5. **Les utilisateurs** : le facteur humain qui pilote l'analyse.

1.5.4 Type de données

Les données intégrées dans un SIG se divisent principalement en deux formats :

- **Données vectorielles** : représentées par des points, des lignes ou des polygones, idéales pour modéliser des entités discrètes (bâti, réseaux).
- **Données matricielles (Raster)** : organisées en grilles de pixels, particulièrement adaptées au traitement des images satellites et des modèles numériques de terrain.

1.6 Le cadre législatif : La Loi n° 02-02 du 05 février 2002

Dans le cadre de la gestion intégrée des zones côtières (GIZC) en Algérie, la loi n° 02-02 du 05 février 2002 constitue l'instrument juridique fondamental pour la protection et la mise en valeur

du littoral. Cette loi instaure, en son article relatif à l'aménagement, une bande inconstructible de 800 mètres à partir de la limite du rivage de la mer. Cette mesure, visant à prévenir l'urbanisation anarchique, joue un rôle crucial dans la préservation des écosystèmes fragiles, tels que la Réserve Naturelle du Lac de Réghaïa, en maintenant une zone tampon protectrice contre les pressions anthropiques et l'imperméabilisation des sols. En limitant toute nouvelle infrastructure lourde dans ce périmètre, ce cadre législatif garantit la pérennité écologique de la zone humide et assure une meilleure maîtrise de l'occupation du sol face aux aléas marins (Loi n° 02-02, 2002; Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, 2005) .

Zone d'étude

2 Zone d'étude

2.1 Localisation géographique

La réserve naturelle de lac Réghaïa est située à environ 30 km à l'Est d'Alger, à la limite Nord-Est de la plaine de la Mitidja. Bordée au Nord par la mer Méditerranée, au Sud par la route nationale N°5 (Alger-Constantine), à l'Est par la ville de Boudouaou, et à l'Ouest par Ain Taya. La réserve naturelle de lac Réghaïa est définie par les coordonnées suivantes : entre 3°19' et 3°21' Est de longitude, et 36°45' à 36°48' Nord de latitude (Figure 2).

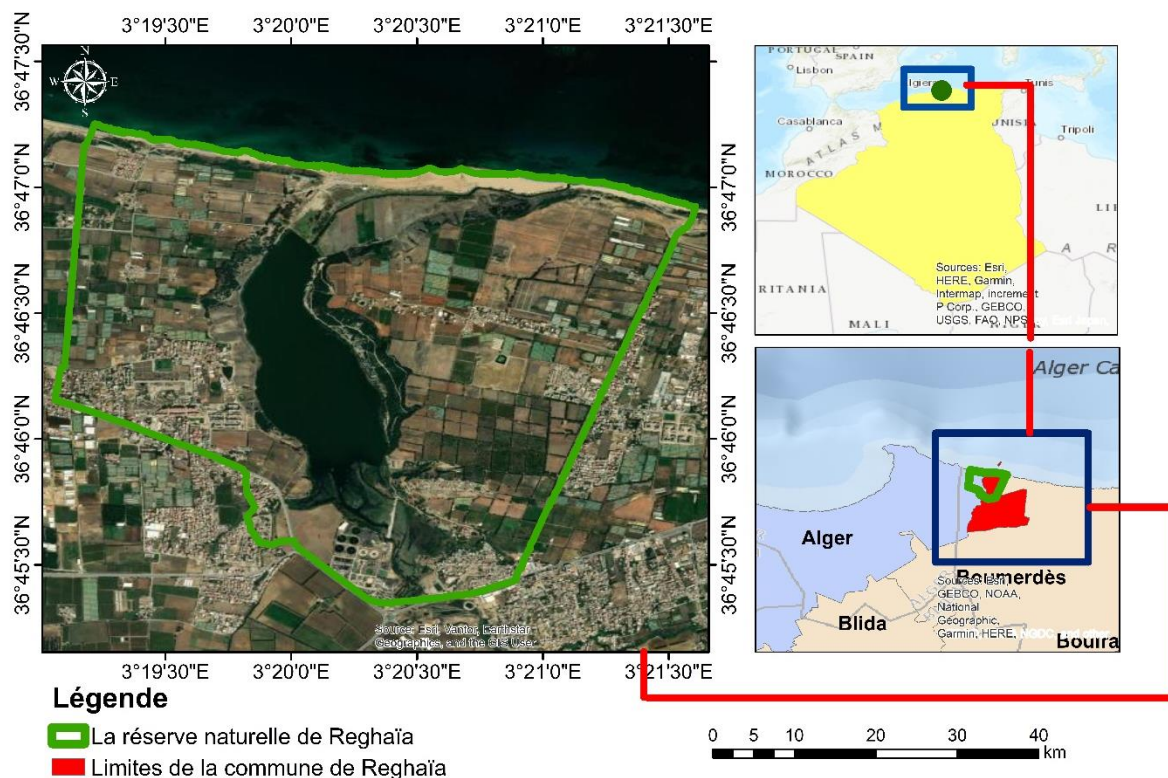


Figure 2 : Localisation géographique de la réserve naturelle du lac de Réghaïa.

2.2 Situation administrative

Le lac de Réghaïa est situé dans la wilaya d'Alger, relevant de la circonscription administrative de la daïra de Rouiba. Il s'étend principalement sur le territoire des communes de Réghaïa et de Heuraoua. Cette zone humide et sa réserve naturelle chevauchent ainsi ces deux communes, l'oued Réghaïa constituant souvent une limite naturelle entre elles (Gasmi, 2013).

2.3 Climat de la région

Pour caractériser le contexte climatique de la zone d'étude, les données météorologiques (température, précipitations et vent) ont été obtenues auprès de l'Office National de la Météorologie (ONM), provenant de la station synoptique de Dar El Beïda.

2.3.1 Température

La Figure 3A présente la climatologie mensuelle de la température de l'air dans la commune de Réghaïa, permettant d'observer la variation moyenne des températures au cours des différents mois de l'année. La Figure 3B illustre la variabilité interannuelle de la température de l'air enregistrée dans la commune de Réghaïa durant la période allant de 2000 à 2025.

La Figure 3A met en évidence une variation saisonnière typique du climat méditerranéen. Les températures les plus faibles sont observées durant la période hivernale, notamment entre janvier et février, avec des valeurs proches de 10 à 12 °C. À partir du mois de mars, les températures augmentent progressivement durant le printemps pour atteindre leur maximum en été, particulièrement en juillet et août, où les valeurs dépassent 25 °C. Par la suite, une diminution progressive des températures est observée à partir du mois de septembre jusqu'au mois de décembre.

La Figure 3B montre l'évolution des températures sur une période de 25 ans (2000–2025). On observe une fluctuation interannuelle marquée, caractérisée par une alternance de valeurs relativement élevées et faibles selon les années. Toutefois, la ligne de tendance indique une légère augmentation des températures moyennes au cours de cette période, traduisant une tendance au réchauffement progressif dans la région. Cette augmentation progressive de la température de l'air peut avoir des impacts importants sur l'environnement local, notamment sur l'équilibre hydrologique du lac de Réghaïa, en favorisant l'augmentation de l'évaporation et en influençant la dynamique des écosystèmes de la zone humide.

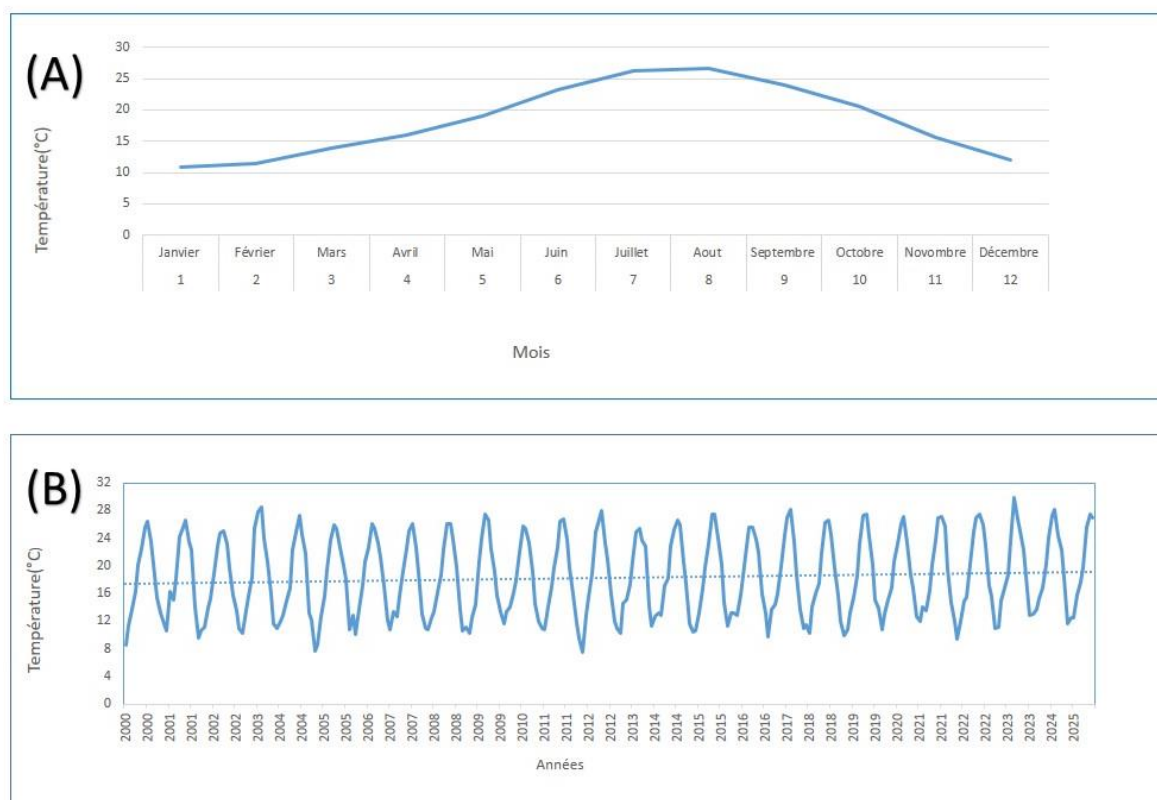


Figure 3 : Climatologie mensuelle et variabilité interannuelle de la température de l'air dans la commune de Réghaïa (2000–2025).

2.3.2 Précipitations

La Figure 4A présente la climatologie mensuelle des précipitations dans la commune de Réghaïa, illustrant la répartition moyenne des pluies au cours des différents mois de l'année. La Figure 4B montre la variabilité interannuelle des précipitations enregistrées dans la commune de Réghaïa entre 2000 et 2025.

La Figure 4A met en évidence une répartition saisonnière des précipitations caractéristique du climat méditerranéen. Les précipitations les plus importantes sont enregistrées durant les saisons automnale et hivernale, notamment entre les mois de novembre, décembre et janvier. En revanche, la période estivale, particulièrement les mois de juin, juillet et août, se caractérise par une très faible pluviométrie, parfois proche de zéro.

La Figure 4B montre une forte variabilité interannuelle des précipitations entre 2000 et 2025. Nous observons des alternances entre des années relativement humides et des années plus sèches, avec des épisodes de précipitations intenses pouvant atteindre des valeurs élevées. Cette

irrégularité traduit une instabilité pluviométrique qui peut être associée à des événements météorologiques extrêmes.

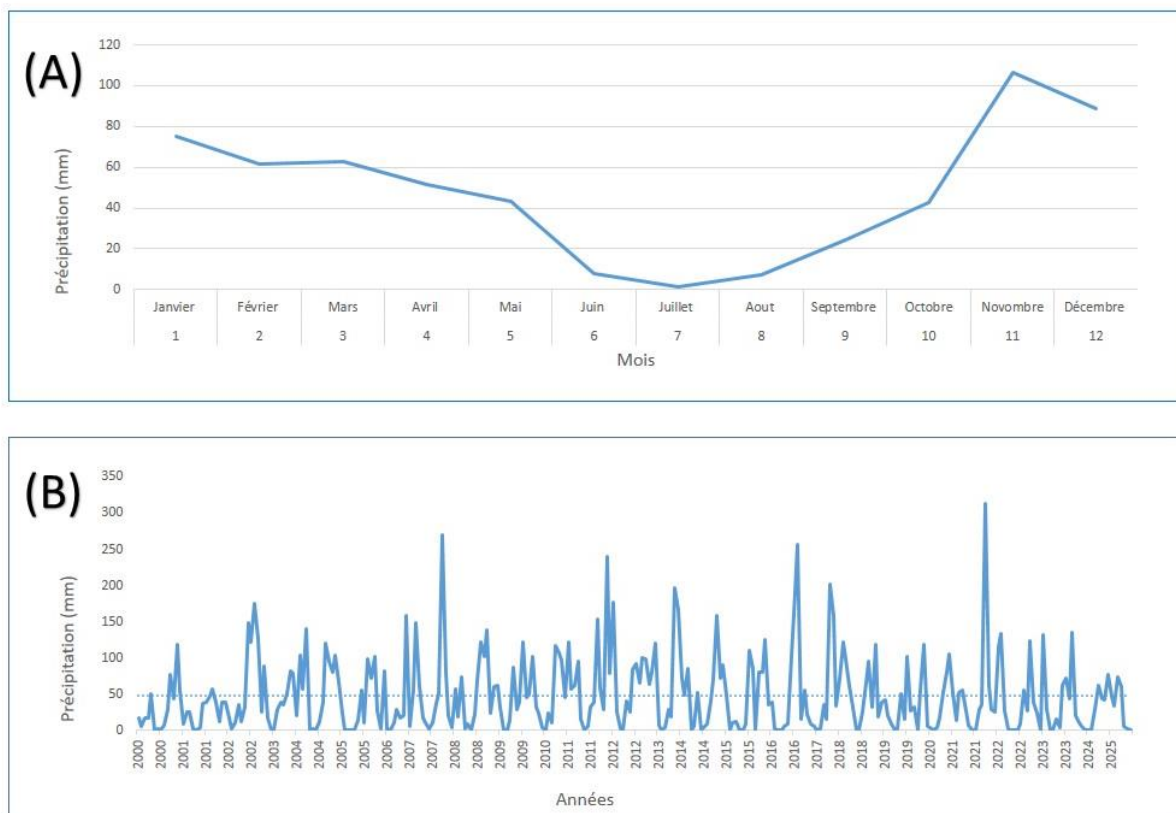


Figure 4 : Climatologie mensuelle et variabilité interannuelle des précipitations dans la commune de Réghaïa (2000–2025).

2.3.3 Vent

La Figure 5A présente la climatologie mensuelle de la vitesse du vent dans la commune de Réghaïa, tandis que la Figure 5B illustre la variabilité interannuelle de la vitesse du vent enregistrée entre 2000 et 2025.

La Figure 5A montre la variation moyenne de la vitesse du vent au cours des différents mois de l'année. Nous observons généralement des vitesses de vent plus importantes durant certaines périodes de l'année, notamment au printemps ou en hiver, tandis que d'autres mois présentent des vitesses plus modérées.

La Figure 5B met en évidence une variabilité interannuelle de la vitesse du vent entre 2000 et 2025. Les valeurs fluctuent d'une année à l'autre sans présenter une tendance très marquée, ce qui indique une certaine instabilité des conditions atmosphériques influençant la circulation des masses d'air dans la région.

La vitesse du vent joue un rôle important dans la dynamique environnementale de la région de Réghaïa, notamment en contribuant au brassage des eaux du lac, à la dispersion des polluants atmosphériques et à la régulation du microclimat local.

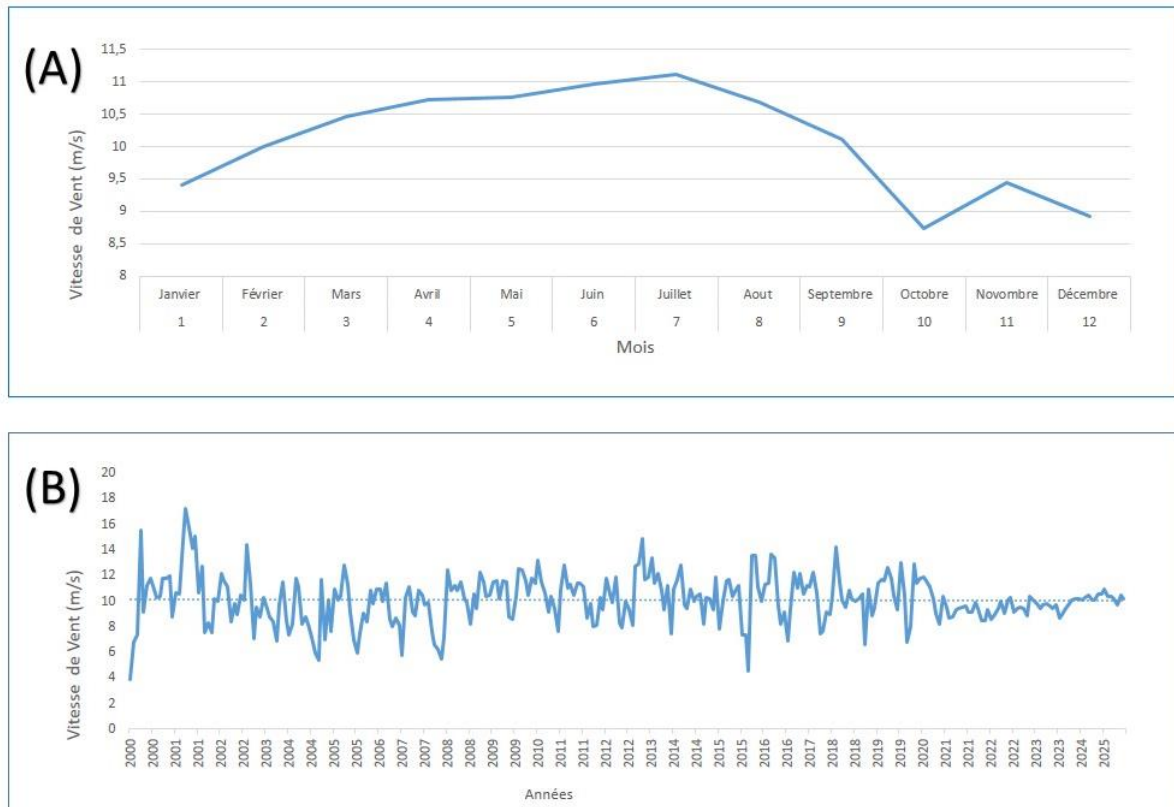


Figure 5 : Climatologie mensuelle et variabilité interannuelle de vent dans la commune de Réghaïa (2000–2025).

2.4 Biodiversité de la région

La région du Lac de Réghaïa se distingue par une biodiversité remarquable, fortement conditionnée par la richesse de sa flore et de sa faune ainsi que par la diversité de ses habitats (zones humides, marais, dunes et terres agricoles).

2.4.1 La flore

La végétation joue un rôle central dans la structuration de la biodiversité. La réserve abrite environ 233 espèces végétales, représentant près de 13 % de la flore du nord de l'Algérie (Benayache & Reguig, 2018). Les groupements hygrophiles, situés dans les zones marécageuses, et les groupements halophiles, présents dans les zones de transition vers les dunes, fournissent à la fois nourriture, abri et sites de reproduction pour de nombreuses espèces animales. Par exemple, les roselières à *Phragmites communis* et les massettes (*Typha latifolia*)

sont des habitats essentiels pour les oiseaux d'eau et certains amphibiens (Benayache & Reguig, 2018).

2.4.2 La faune

La faune de la zone est également diversifiée : 20 espèces de mammifères, 9 espèces de reptiles et d'amphibiens, et 203 espèces d'oiseaux, dont 82 oiseaux d'eau, sont recensés (Benayache & Reguig, 2018). Parmi ces oiseaux, 55 espèces sont protégées par la législation algérienne, et 4 sont rares à l'échelle internationale (Haouati, 2015). Ces animaux dépendent directement de la végétation pour leur survie, que ce soit pour la nourriture, la nidification ou la protection contre les prédateurs.

La biodiversité de la région résulte donc de l'interaction étroite entre la faune et la flore :

- La flore offre des ressources alimentaires et des habitats diversifiés.
- La faune participe à la régulation des populations végétales, à la dispersion des graines et au maintien des écosystèmes.
- Ainsi, le lac de Réghaïa et ses environs représentent un écosystème complexe et dynamique, où la diversité des espèces végétales et animales contribue directement à la richesse biologique globale de la région (Benayache & Reguig, 2018).

2.5 Relief et hydrographie

Le Lac de Réghaïa est situé à une altitude inférieure à 10 mètres au-dessus du niveau de la mer. Son plan d'eau couvre une superficie d'environ 75 hectares. Le lac est dominé par quatre plateaux principaux :

- Le plateau Ouest, situé dans la commune de Heraoua, est constitué de falaises présentant des pentes plus ou moins abruptes qui se prolongent jusqu'à la plage.
- Le plateau Est s'étend vers la plage de Réghaïa, dont il est séparé par une falaise.
- Le plateau Sud est formé de terrasses qui se terminent, au sud de l'oued Réghaïa, par des zones marécageuses.
- Le plateau central correspond à la zone de l'oued Réghaïa et se compose de petits bassins versants. L'un se situe à l'est, où se trouvent les domaines agricoles Saïdi et Ali Khoja, actuellement occupés par le centre cynégétique ainsi que par une station d'épuration et de pompage. L'autre bassin versant se situe à l'ouest, où se trouvent le domaine agricole Boudhane et le douar Aïn El Kahla (Hachemi & Sadeli, 2010).

Les eaux du lac proviennent principalement des précipitations ainsi que de l'affleurement des eaux de la nappe phréatique. Le lac de Lac de Réghaïa est alimenté par trois principaux cours d'eau :

- Oued Bouriah : Il prend sa source au niveau de Rouïba et draine les eaux de ruissellement provenant de la partie nord-est de la plaine de la Mitidja.
- Oued Réghaïa : Il prend sa source dans les environs d'Ouled Moussa.
- Oued El Biar : Il prend naissance à proximité de la zone industrielle de Rouïba–Réghaïa et alimente le lac en traversant la commune de Hraoua (Aissat, 2013).

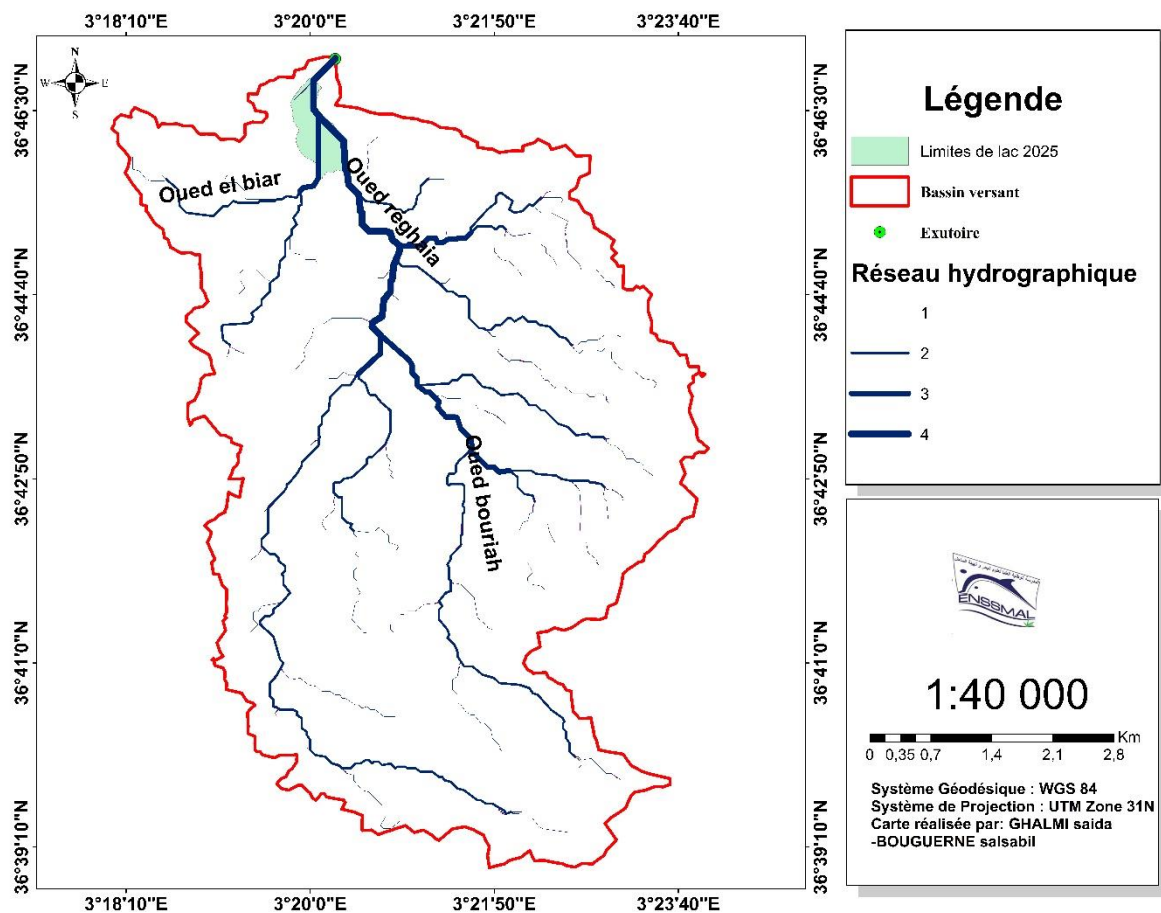


Figure 6 : Carte du Réseau hydrographique de bassin versant de la réserve naturelle du lac de Réghaïa (étapes de réalisation 3.2.6.2).

Matériel et méthodes

3 Matériel et méthodes

Ce chapitre expose la démarche méthodologique suivie pour l'étude de la dynamique de l'occupation du sol de notre zone d'étude. L'objectif est de quantifier et d'analyser les mutations spatiales pour les années 2006 et 2025 en utilisant des outils de télédétection et des SIG.

3.1 Matériel

Pour mener à bien cette analyse, nous avons mobilisé les ressources suivantes :

- Outils et Logiciels :

- Google Earth Pro (v 7.3.6.10441) (64-bit) : Logiciel principal utilisé pour la recherche de la zone d'étude, la navigation dans l'imagerie historique et la digitalisation directe des unités paysagères.
- ArcGIS Desktop (v 10.8.2) : Utilisé pour l'intégration des fichiers exportés (KMZ/Shapefiles), le traitement cartographique final et les analyses spatiales avancées.

- Données Satellitaires :

- Une série d'images à haute résolution de Google Earth Pro (2006-2025).
- Données Sentinel-2 (années 2025) pour l'analyse de la Chlorophylle-a et Matière en suspension (MES).
- Ocean Data View (ODV v.5.7.0) : Logiciel dédié à l'analyse et à la visualisation interactive de données environnementales et océanographiques.
- USGS : Organisme scientifique américain spécialisé dans l'étude de la Terre, chargé de la collecte, de l'analyse et de la diffusion de données relatives à la géologie, aux ressources en eau, aux risques naturels et à l'environnement.

3.2 Méthodes

La méthodologie adoptée repose sur une approche comparative multi-temporelle articulée autour des étapes clés suivantes :

3.2.1 Digitalisation et cartographie de l'occupation du sol

La numérisation vectorielle a été effectuée sur Google Earth Pro en exploitant deux scènes temporelles distinctes pour analyser l'évolution de la zone d'étude :

- **Scène de référence (2006) :** Imagerie du 20/07/2006, choisie pour représenter l'état initial de la réserve durant la saison estivale (l'image d'avril 2006 n'était pas suffisamment claire).
- **Scène actuelle (2025) :** Imagerie du 20/04/2025. Le choix de cette date est justifié par la disponibilité et la clarté des données de haute résolution les plus récentes à ce jour, permettant une comparaison actualisée de l'occupation du sol.

3.2.1.1 Localisation et paramétrage de la zone

Sur Google Earth on a suivi les étapes suivantes pour la délimitation de la zone (Figure 7) ; Outil de recherche > Localisation du "Lac de Réghaïa" > Activation de l'outil "Images historiques" (icône horloge/clé temporelle) > Sélection de 1^{re} scène du 20/07/2006 > Désactivation des couches de données (Layers) dans le panneau "Infos pratiques" (Relief, Frontières, Routes, Bâtiments 3D) pour une lecture claire du terrain > Réorientation de la vue (Touche N) > Ajustement du Tilt à 90° (Vue nadirale).

3.2.1.2 Processus de numérisation vectorielle

Sur Google Earth on a suivi les étapes suivantes pour la digitalisation (Figure 7) ; Gestionnaire "Lieux" > Ajouter > Polygone > Configuration du style (Plein + Contour) > Digitalisation des 10 unités thématiques (Végétation, Bâtis et infrastructures, Sol nu, Sable, Zone inondable, Station d'épuration, Lac, Broussailles, Arboriculture, Plan d'eau, Sol cultivé) > Correction topologique par la méthode du Chevauchement (Overlapping) pour l'élimination des vides inter-polygonaux.

3.2.1.3 Délimitation et export des données

Sur Google Earth nous avons suivi les étapes suivantes pour exporter les vecteurs des unités d'occupation du sol ; Génération du polygone de la limite globale du site > Clic droit sur le dossier racine dans "Lieux" > Enregistrer le lieu sous... > Exportation au format KMZ pour le géotraitement et l'analyse spatiale sous ArcGIS.

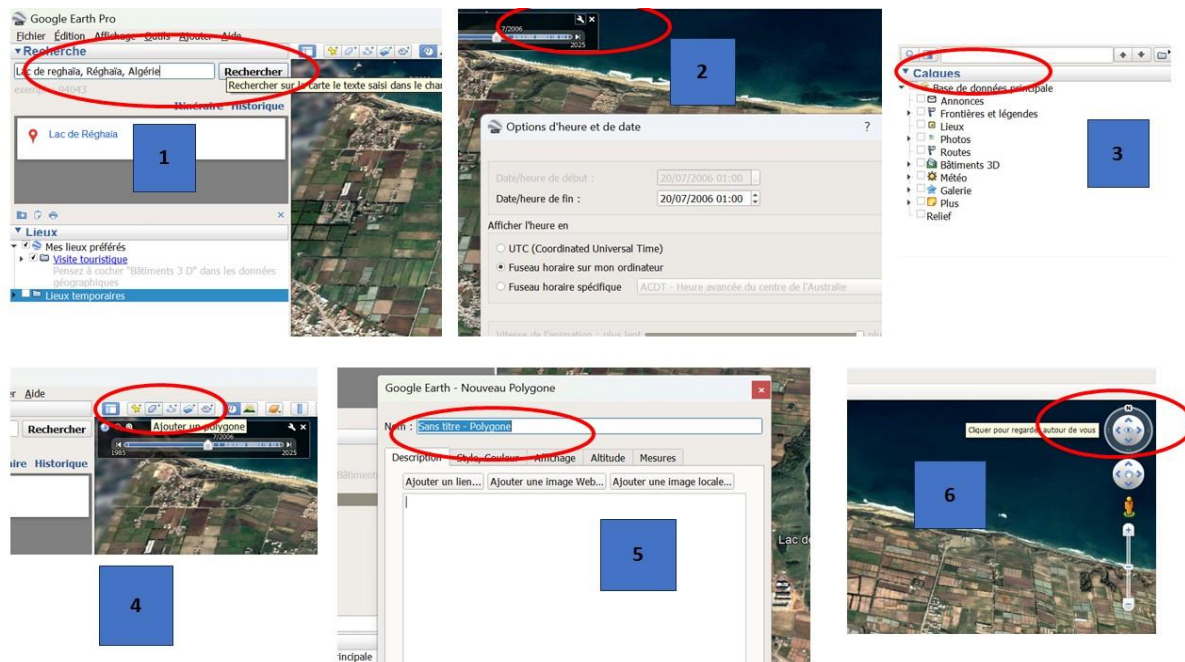


Figure 7 : Les étapes de digitalisation sous Google Earth Pro.

3.2.2 Intégration et correction topologique sous ArcGIS

Après l'importation des données depuis Google Earth, une phase de correction et d'ajustement spatial a été effectuée sous ArcMap (v 10.8.2) pour affiner les limites des polygones. Le protocole suivi est le suivant :

3.2.2.1 Conversion et Intégration

Outil KML To Layer > Conversion des fichiers KMZ en classes d'entités (Feature Classes) > Projection des données dans le système WGS 84 / UTM zone 31N (système métrique indispensable pour la précision des corrections) > Exportation vers une Géodatabase (GDB) pour activer les outils d'édition.

3.2.2.2 Correction du Chevauchement (Editing & Topology)

Activation de la barre d'outils Editor > Utilisation de l'outil "Reshape Feature Tool" pour ajuster les segments manuellement > Application de la fonction "Clip" (via l'éditeur) pour découper les zones de chevauchement excédentaires entre les unités adjacentes.

3.2.2.3 Automatisation des limites communes

Utilisation de l'outil "Integrate" (Data Management Tools) pour faire coïncider les sommets (Vertices) des polygones voisins > Validation de la continuité spatiale pour éviter les "Sliver Polygons" (petits polygones vides accidentels).

3.2.2.4 Finalisation de la couche d'occupation du sol

Vérification visuelle finale > Fusion des entités si nécessaire (Dissolve) > Préparation de la couche finale pour le calcul des superficies.

3.2.3 Calcul des superficies et analyse statistique sous ArcGIS

Cette étape consiste à extraire les données quantitatives pour chaque classe d'occupation du sol afin de quantifier les changements spatiaux.

3.2.3.1 Paramétrage du Système de Coordonnées

Vérification de la projection de la couche vers le système WGS 84 / UTM Zone 31N > Cette étape est impérative pour passer des unités de degrés vers les unités métriques, garantissant ainsi la précision du calcul des surfaces en hectares (ha).

3.2.3.2 Calcul Automatique des Surfaces :

Ouverture de la Table Attributaire (Attribute Table) > Création d'un champ "Superficie" > Utilisation de l'outil "Calculate Geometry" pour le calcul automatique de la surface de chaque polygone.

3.2.4 La dynamique

Sur Arcgis : Ouvrir le shapefile de la classification (année2006_année2025), Geoprocessing > intersection > Dans les inputs, nous commençons par la date la plus ancienne, puis par la plus récente, on choisit le nom et le chemin Output > Ok.

Sur l'image du résultat, clic droit > table attributaire > sélectionne un champ superficie > clic droit > calculate geometry > choisir unité en Hectares > ok.

Sélectionner tout le tableau > sur la petite flèche en haut à gauche > clic droit > copy selected.

Ouvrir L'Excel > insertion > table croisée dynamique > ok > on glisse l'année ancien dans la case « étiquette de colonne » > et glisse l'année récente dans « étiquette de ligne » > et on glisse la superficie dans les valeurs.

Copier > coller la table dans une nouvelle feuille > on remplir les cases vide par 0.

3.2.5 Données satellitaires et traitement d'imagerie

Cette partie expose le protocole de traitement des images Sentinel-2 pour l'extraction des paramètres biophysiques (Chlorophylle-a et MES) de lac de Réghaïa.

3.2.5.1 Téléchargement des données

Les images ont été acquises via la plateforme Copernicus Open Access Hub. Le choix s'est porté sur des scènes Level-1C (L1C), correspondant aux réflectances au sommet de l'atmosphère (Top-Of-Atmosphere), avec une couverture nuageuse inférieure à 20%. Nous avons téléchargé l'image suivante :

S2C_MSIL1C_20260222T103041_N0512_R108_T31SEA_20260222T140912.SAFE

3.2.5.2 Protocole de traitement sous SNAP

Le traitement a été réalisé sur le logiciel SNAP (Sentinel Application Platform) (Figure 8). Chaque étape a été validée selon l'enchaînement technique suivant :

a. Rééchantillonnage (Resampling)

Menu Raster > Geometric Operations > Resampling > Sélection de la bande B2 (10m) comme référence pour l'harmonisation de la résolution spatiale de toutes les bandes.

b. Découpage Spatial (Subset)

Menu Raster > Geometric Operations > Subset > Définition des coordonnées géographiques (Bbox) spécifiques au lac de Réghaïa pour l'optimisation des calculs.

c. Correction atmosphérique (C2RCC)

Menu Optical > Thematic Water Processing > C2RCC Processors > S2 MSI C2RCC > Configuration des paramètres Atmospheric Auxiliary Data > Exécution de l'algorithme pour l'obtention des réflectances de surface et des produits biophysiques calibrées selon les paramètres :

- Concentration de Chlorophylle-a (conc_chl) en mg.m^{-3} .
- Concentration des Matières En Suspension (conc_tsm) en g.m^{-3} .

d. Génération des produits biophysiques (Chl-a et MES)

Dossier Bands > conc_chl (Chlorophylle-a) et conc_tsm (Matières en suspension) > Application de la fonction Colour Manipulation pour l'ajustement des contrastes et l'analyse visuelle des gradients (Figure 8).

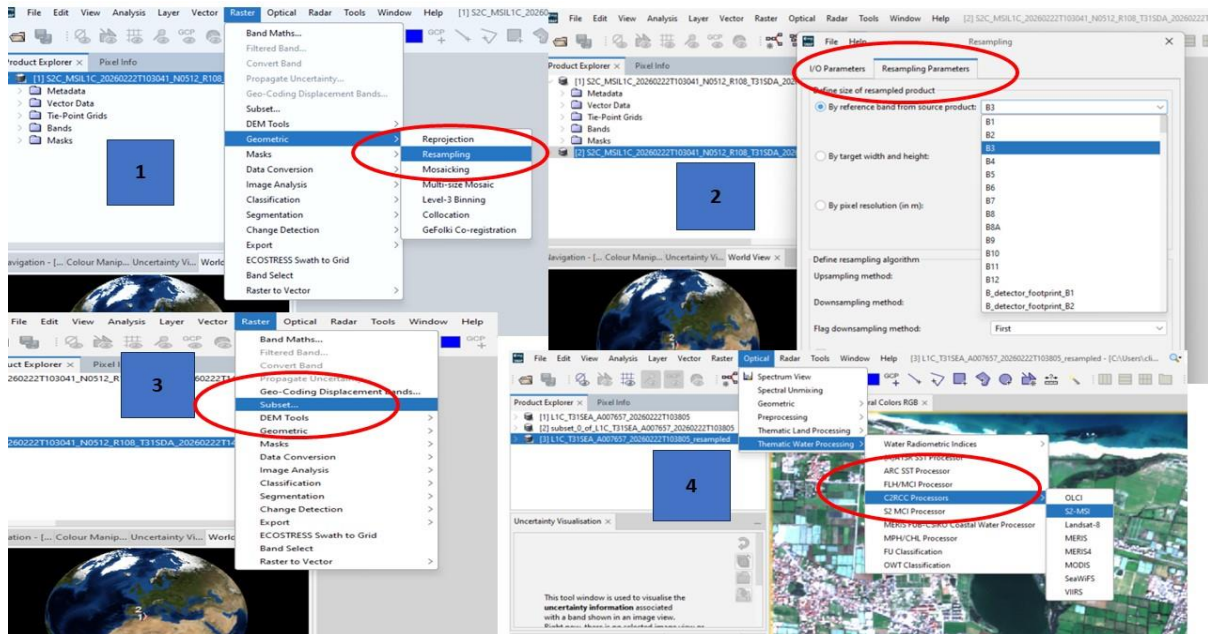


Figure 8 : Les étapes de traitement d'image Sentinel- sous SNAP

3.2.5.3 Exploitation et cartographie sous ODV

Pour une présentation rigoureuse des données, nous avons intégré les données sous ODV. Nous avons commencé par la création d'un polygone (Vector Data) délimitant le tour du lac. L'utilisation de la fonction « Export Mask Pixels » dans SNAP nous a permis d'extraire les valeurs des pixels incluses dans cette géométrie sous format (.txt), les données ont été importées dans ODV pour générer les cartes thématiques et analyser spatialement les paramètres.

3.2.6 Données topographiques de la réserve de reghaïa

3.2.6.1 Téléchargement MNT

Sur le site de USGS (U.S. Geological Survey) > faire une recherche Google : USGS Earth Explorer > Commencer par inscrire (la première fois) > Register > puis se connecter (Log in) avec les identifiants > Dans l'onglet « Search Criteria » > sélectionner la zone d'étude (Lac de Réghaïa) > dans la fenêtre d'exploration, tracer un polygone comme indiqué sur l'image > Dans l'onglet « Data sets » > sélectionner : Digital Elevation > SRTM > SRTM 1 Arc-second Global > Dans l'onglet « Results » > vérifier que la trace du MNT correspond à la zone d'étude, puis cliquer sur télécharger au format GeoTIFF (Figure 9).

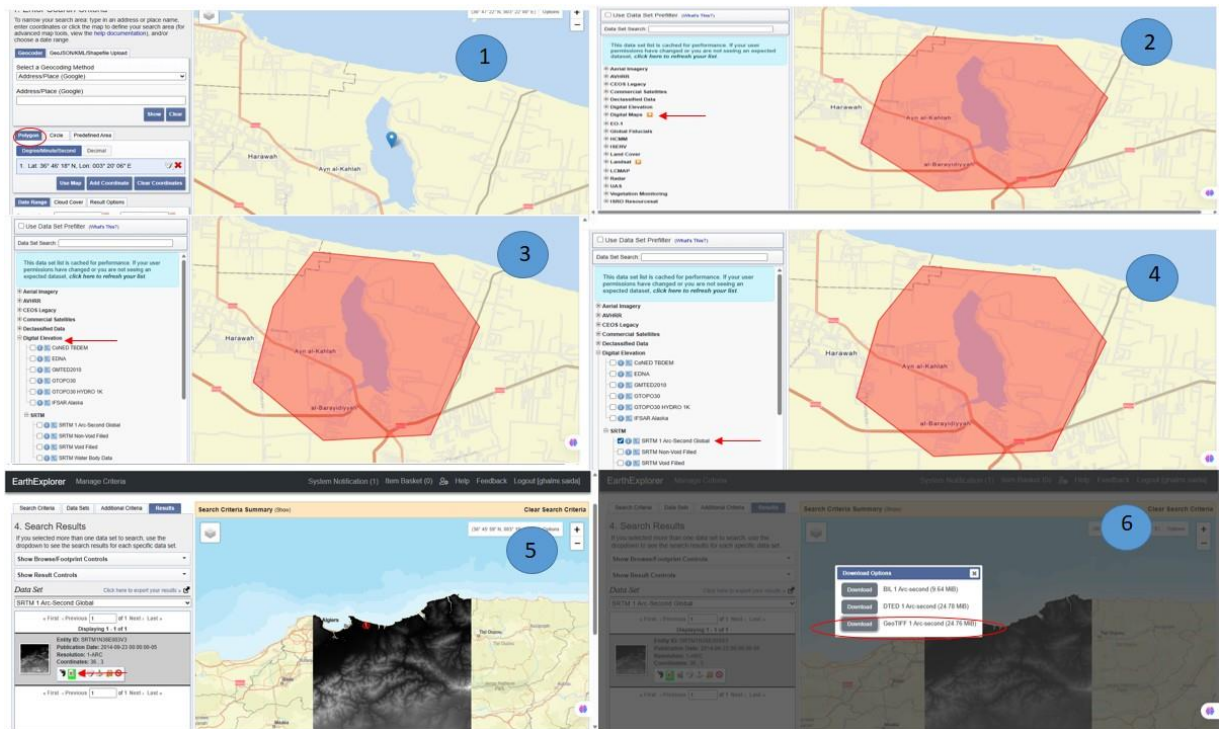


Figure 9 : Les étapes de téléchargement MNT

3.2.6.2 Réseau hydrographique du lac de Réghaïa

L'élaboration du réseau hydrographique du bassin versant de la Réserve naturelle du lac de Réghaïa s'est appuyée sur une série d'étapes méthodologiques successives (Figure 10).

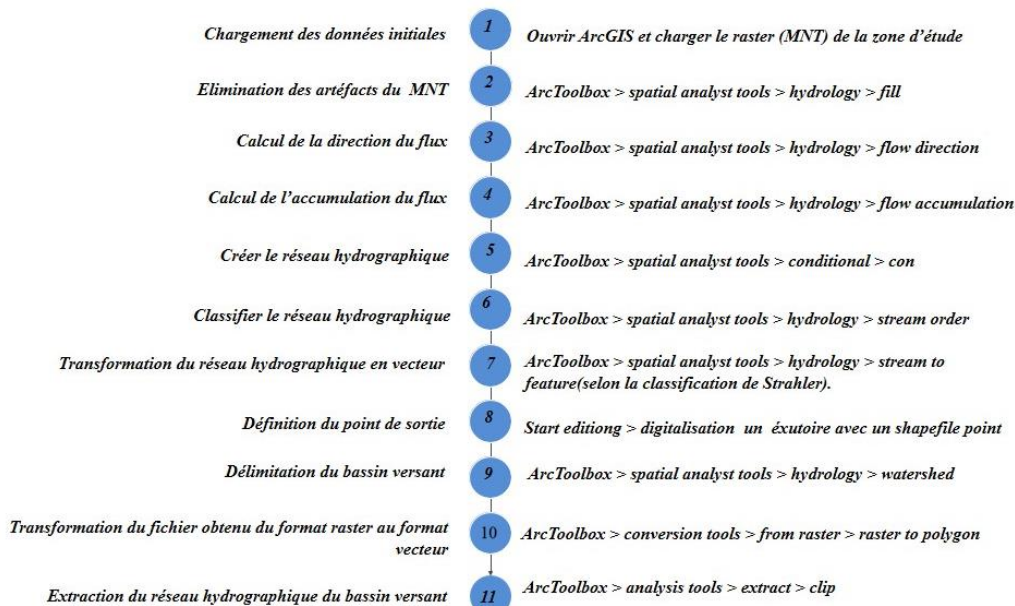


Figure 10 : Schématisation des étapes de travail pour réalisation du réseau hydrographique

3.2.6.3 Carte de distribution des altitudes

La carte de distribution des altitudes permet de visualiser et de mieux comprendre la topographie de la zone d'étude. Elle met en évidence les zones de hautes et de basses altitudes, ce qui est essentiel pour l'analyse du réseau hydrographique et la compréhension des écoulements de l'eau. Cette information est particulièrement importante pour la gestion des ressources hydriques ainsi que pour la prévention des risques d'inondation au niveau du Lac de Réghaïa.

Pour l'élaboration de cette carte, le Modèle Numérique de Terrain (MNT), préalablement préparé, a été utilisé. Celui-ci a été classifié en cinq classes d'altitude afin de faciliter l'interprétation des variations topographiques. Cette classification a été réalisée à l'aide des outils de l'extension Spatial Analyst dans le logiciel ArcGIS, plus précisément via la commande Reclassify disponible dans l'outil Reclass de l'ArcToolbox. Enfin, une symbologie adaptée a été appliquée afin de représenter clairement les différentes classes d'altitude et de produire une carte lisible et exploitable pour l'analyse spatiale.

3.2.6.4 Carte des pentes

Dans cette étude, les pentes de bassin du lac de Réghaïa ont été élaborées à partir du Modèle Numérique de Terrain (MNT) précédemment préparé, en suivant ces étapes (Figure 11) :

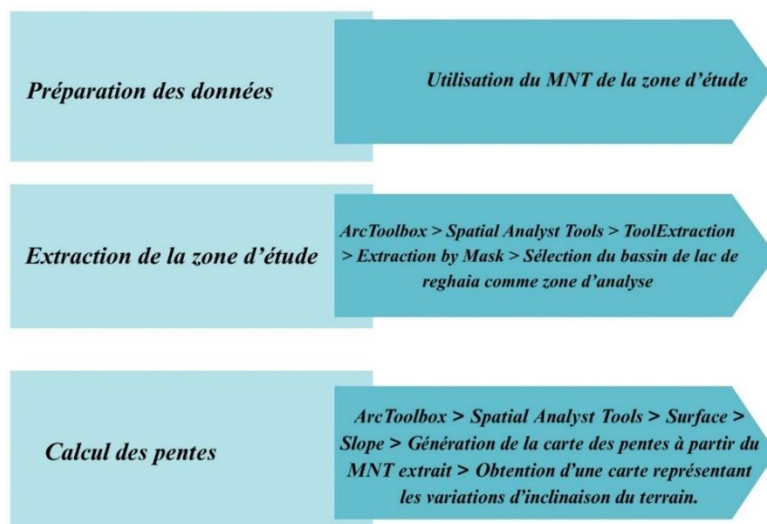


Figure 11 : Schématisation des étapes de travail pour la carte des pentes

3.2.6.5 Carte d'orientation des pentes

La carte d'orientation des pentes (aspect) représente la direction vers laquelle les versants du terrain sont orientés (Nord, Sud, Est, Ouest). Elle permet de comprendre l'exposition du relief et son influence sur l'écoulement des eaux et les conditions environnementales. Dans cette étude, l'aspect du bassin du lac de Réghaïa a été élaboré à partir du Modèle Numérique de Terrain (MNT) précédemment préparé, en suivant ces étapes (Figure 12) :



Figure 12 : Schématisation des étapes de travail pour la carte d'orientation des pentes

3.2.7 Réalisation du buffer de la bande côtière 800m

Sur Arcgis > Création de la table trait de côte (ArcCatalog) > clic droit sur le nom du fichier > New> shapfile > Remplir (Name : trait de côte 2006, Type : polyline, Choisir le dossier Output, Définir le système de coordonnées (WGS 48 ZONE 31, Valider). Strat Editing > Digitalisation du trait de côte > Clic gauche (point) > Double clic (fin) > Save Edits > Stop Editing.

Creation zone de buffer > Arctoolbox > Analysis Tools > Proximity > Buffer > Input: Trait de côte 2006> Output: Buffer 800 > Distance: 800m >OK. Réfère les mêmes étapes pour trait de côte 2025 (Figure 13).

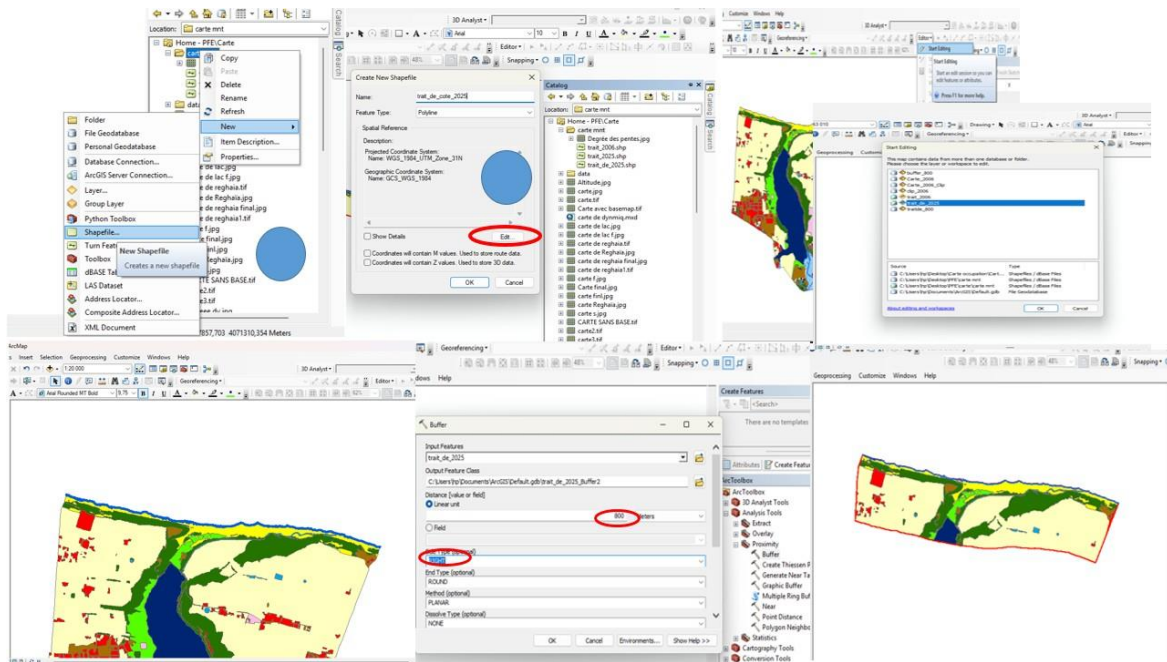


Figure 13 : Les étapes de réalisation buffer à 800 m

3.2.7.1 La dynamique pour la bande à 800 mètres

Ici nous avons suivi les mêmes étapes citées dans la partie 3.2.4.

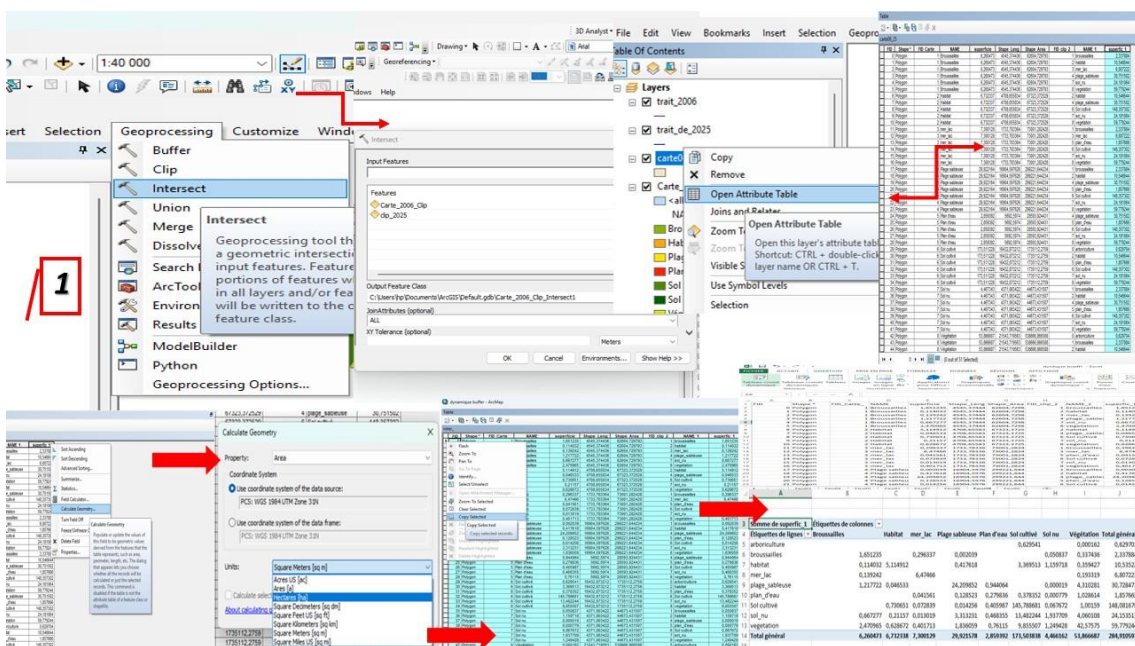


Figure 14 : La dynamique de la bande à 800 mètres

Résultats et discussion

4 Résultats et Discussion

Dans le cadre de notre étude, nous avons analysé la dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol au sein de la Réserve Naturelle Côtière du Lac de Réghaïa, ainsi que la qualité de ses eaux. Ce chapitre expose nos résultats et analyse l'impact des pressions anthropiques sur l'écosystème, permettant ainsi de proposer un diagnostic global pour une gestion durable du site.

4.1 Caractéristiques topographiques de la Réserve de Réghaïa

4.1.1 Altitude

L'altitude correspond à l'élévation verticale d'un point par rapport à un niveau de base et constitue une composante importante dans l'analyse des milieux naturels. La carte des altitudes permet d'identifier les différentes classes altimétriques caractérisant la réserve de Réghaïa. (Figure 15).

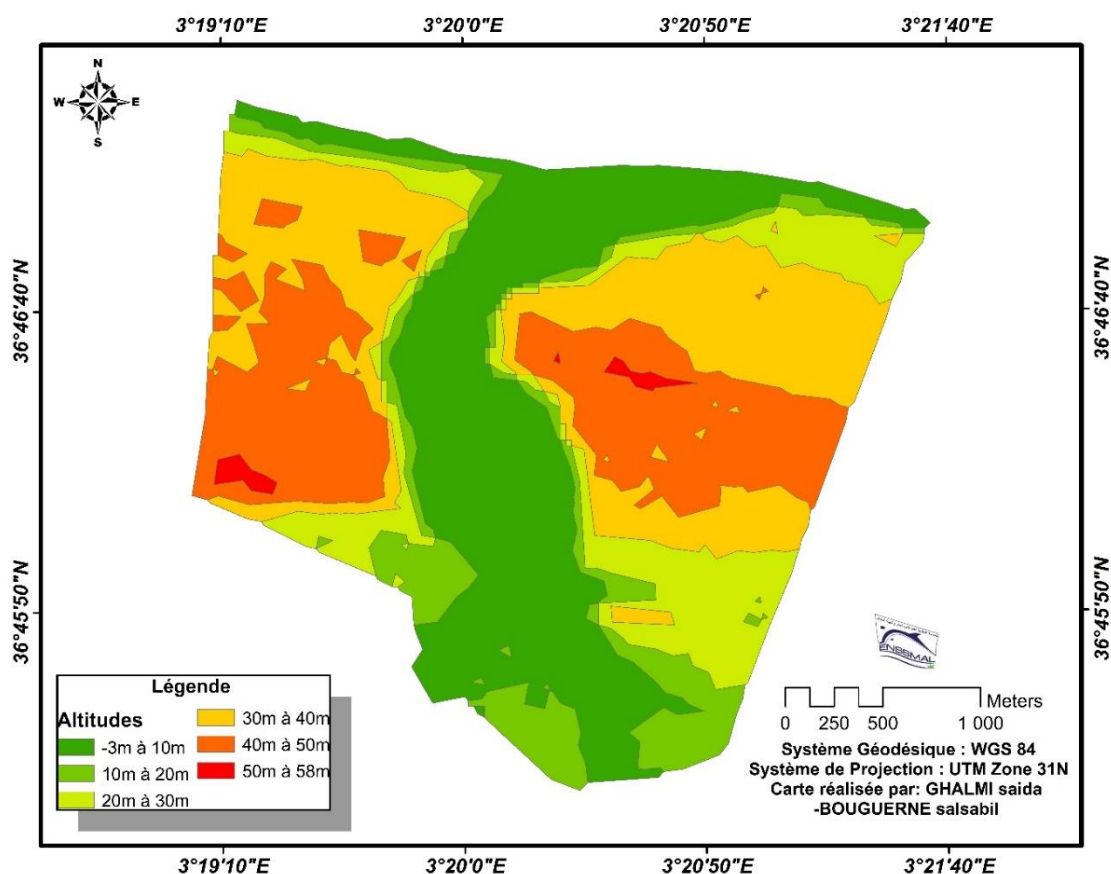


Figure 15 : Carte hypsométrique de la réserve naturelle du lac de Réghaïa (répartition altitudinale).

Après l'élaboration de la carte (Figure 15), un traitement statistique a été réalisé afin de déterminer les différentes superficies des classes d'altitude. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 1 : Les statistiques des classes des altitudes de la réserve naturelle du lac de Réghaïa.

Classe des altitudes	Superficie (ha)	Pourcentage %
-3m à 10m	252,731	41,54
10m à 20m	89,295	14,67
20m à 30m	115,849	19,04
30m à 40m	210,907	34,66
40m à 50m	186,275	30,61
50m à 58m	6,064	0,99

D'après , les faibles altitudes comprises entre -3 et 10 m dominent largement la zone d'étude avec une superficie de 252,731 ha, soit 41,54 % de la superficie totale. Les altitudes intermédiaires, comprises entre 20 m et 50 m, occupent également une superficie importante avec des proportions variant entre 19,04 % et 34,66 %. En revanche, les altitudes les plus élevées, situées entre 50 m et 58 m, restent très limitées et ne représentent que 0,99 % de la superficie totale. Cette répartition altitudinale traduit le caractère globalement peu élevé du relief autour du lac de Réghaïa et influence directement les conditions hydrologiques, les zones d'accumulation des eaux ainsi que la répartition des occupations du sol au sein de cet espace littoral.

4.1.2 Pente

La carte des pentes de la zone d'étude du lac de Réghaïa (Figure 16) permet d'identifier les différentes classes d'inclinaison du relief à partir du MNT. La pente correspond à l'inclinaison d'une surface par rapport au plan horizontal, exprimée en degrés ou en pourcentage. Elle influence fortement l'écoulement des eaux et peut favoriser les phénomènes d'érosion, ce qui a un impact direct sur la dynamique du milieu naturel.

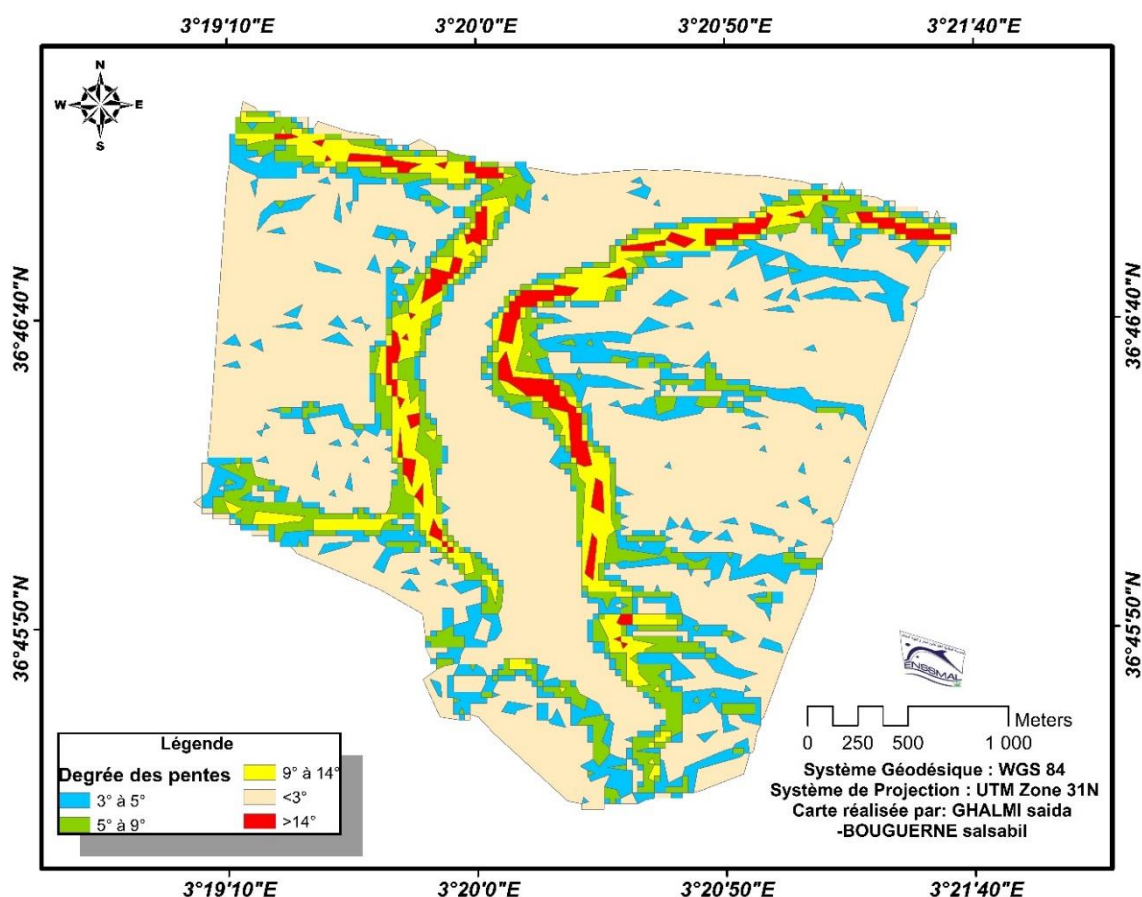


Figure 16 : Carte des pentes de la réserve naturelle du lac de R gha ia (degré d'inclinaison du relief)

Après l'élaboration de la carte (Figure 16), un traitement statistique a été réalisé afin de déterminer les différentes superficies des classes de pente. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 2 : Les statistiques des classes des pentes de la réserve naturelle du lac de R gha ia.

Classe des pentes	Type	Superficie (ha)	Pourcentage %
<3�	Insensibles	553,382	64,53
3� � 5�	Faibles	123,050	14,34
5� � 9�	Moyennes	90,483	10,55
9� � 14�	Fortes	64,339	7,50
>14�	Très Fortes	26,269	3,06

D'après le Tableau 2, nous remarquons que la majorité de la superficie de Lac de R gha ia est dominée par les pentes faibles à moyennes (3    9 ) avec 553,382 ha, soit 64,53 %. Les zones plates représentent 123,050 ha, soit 14,34 %, tandis que les pentes fortes à très fortes (9   

>14°) couvrent 26.269 ha, soit 3,06 %. Ainsi, le relief de la région d'étude est considéré comme moyennement accidenté.

4.1.3 Exposition

La carte des expositions du lac de Réghaïa (Figure 17), issue du MNT, montre les principales orientations des versants.

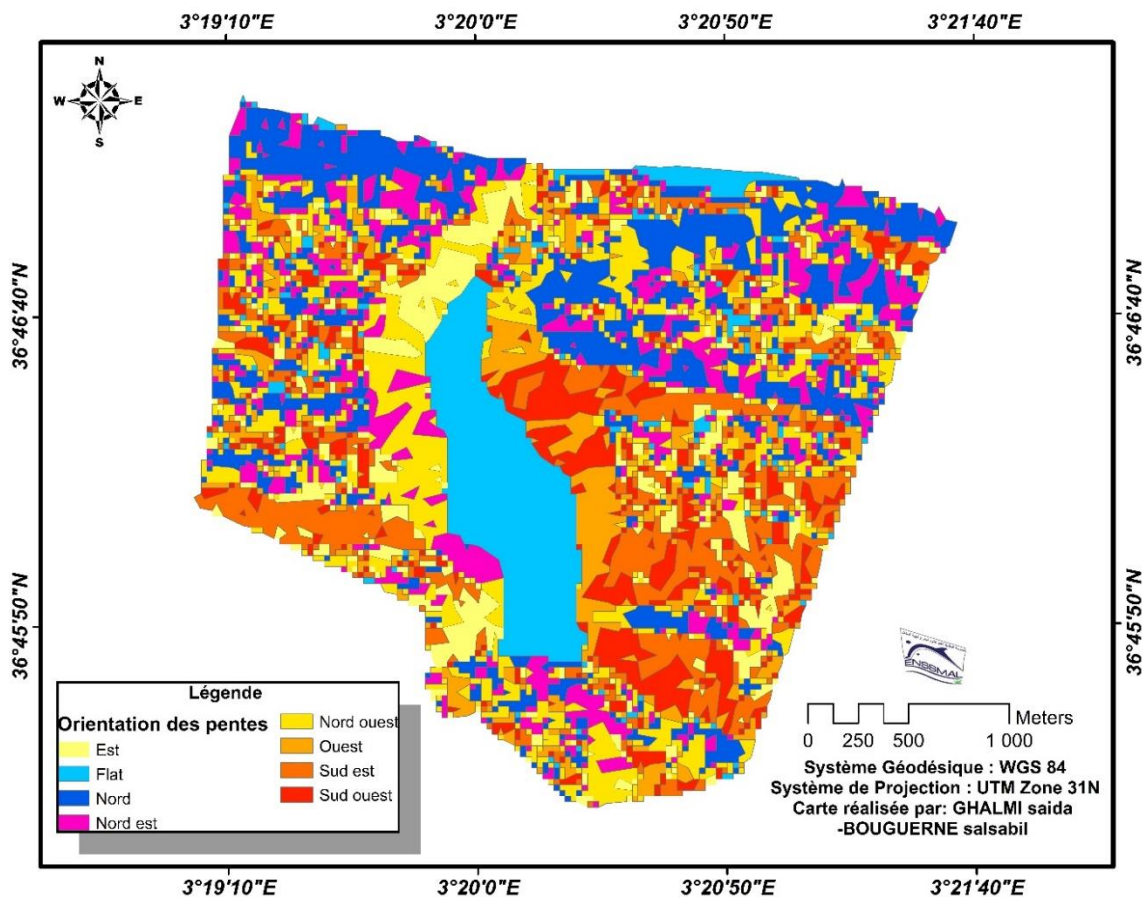


Figure 17 : Carte de l'orientation des pentes (exposition) de la réserve naturelle du lac de Réghaïa.)

Après l'élaboration de la carte (Figure 17), un traitement statistique a été réalisé afin de déterminer les différentes superficies des classes d'exposition. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 3 : Les statistiques des classes d'exposition de la réserve naturelle du lac de Réghaïa.

Classe des d'exposition	Superficie (ha)	Pourcentage %
Flat	95,408	11,08
Nord	158,165	18,37
Nord est	102,601	11,91
Nord ouest	83,577	9,70
Est	75,735	8,79
Sud est	107,031	12,43
Sud ouest	88,815	10,31
Ouest	76,484	8,88
Nord ouest	73,176	8,49

D'après le Tableau 3 des expositions, les versants orientés vers le nord dominant la zone du lac de Réghaïa avec une superficie de 158,165 ha, soit 18,37 % de la superficie totale. Les expositions sud-est et nord-est occupent également des superficies importantes avec respectivement 12,43 % et 11,91 %. Les zones plates représentent quant à elles 11,08 % de la superficie totale. En revanche, les expositions ouest, est et nord-ouest présentent des proportions relativement proches, variant entre 8 % et 10 %. Cette répartition des expositions influence les conditions microclimatiques de la région, notamment l'ensoleillement, l'humidité et la répartition de la couverture végétale autour du lac de Réghaïa.

4.2 Occupation du sol dans la Réserve de Réghaïa

Cette section est consacrée à l'établissement de l'état des lieux spatial de la Réserve Naturelle de Réghaïa. L'analyse repose sur l'exploitation des supports cartographiques réalisés et sur la distribution statistique des superficies pour chaque unité paysagère.

4.2.1 Analyse de l'état initial (2006)

L'analyse de la carte (Figure 18) et du diagramme (Figure 19) révèle une prédominance du couvert agro-naturel. Le paysage est dominé par le 'Sol cultivé' avec 406.84 ha, l'Arboriculture' avec 51.55 ha et la 'Végétation' avec 99.45 ha. L'unité 'Lac' occupe une place centrale avec 106.01 ha, appuyée par le 'Sable' (30.00 ha) et les 'Zones inondables' (15.44 ha). Les infrastructures restent limitées, notamment le 'Bâtis' (58.70 ha) et la 'Station d'épuration' (1.15 ha), aux côtés des 'Sol nu' (57.35 ha) et 'Broussailles' (28.71 ha) (Voir Annexe).

4.2.2 Analyse de l'état actuel (2025)

L'analyse de la carte (Figure 18) et du diagramme (Figure 19) pour 2025 montre une transition vers une urbanisation marquée. Le 'Bâtis et infrastructures' connaît une forte croissance (101.15 ha), parallèlement à l'extension de la 'Station d'épuration' (12.82 ha). Malgré le maintien du 'Sol cultivé' (355.70 ha), on note une chute de l'Arboriculture' (41.73 ha) au profit d'une progression de la 'Végétation' (123.87 ha). Le 'Lac' subit une réduction spatiale (81.78 ha) alors que les 'Zones inondables' s'étendent à 38.39 ha. En parallèle, l'analyse révèle une superficie du 'Sol nu' avec (57.45 ha) presque qui n'a pas subi de changement, suivi par l'unité de 'Sable' qui couvrent (30.75 ha), tandis que les 'Broussailles' n'occupent plus que (12.26 ha) de la superficie totale (Voir Annexe).

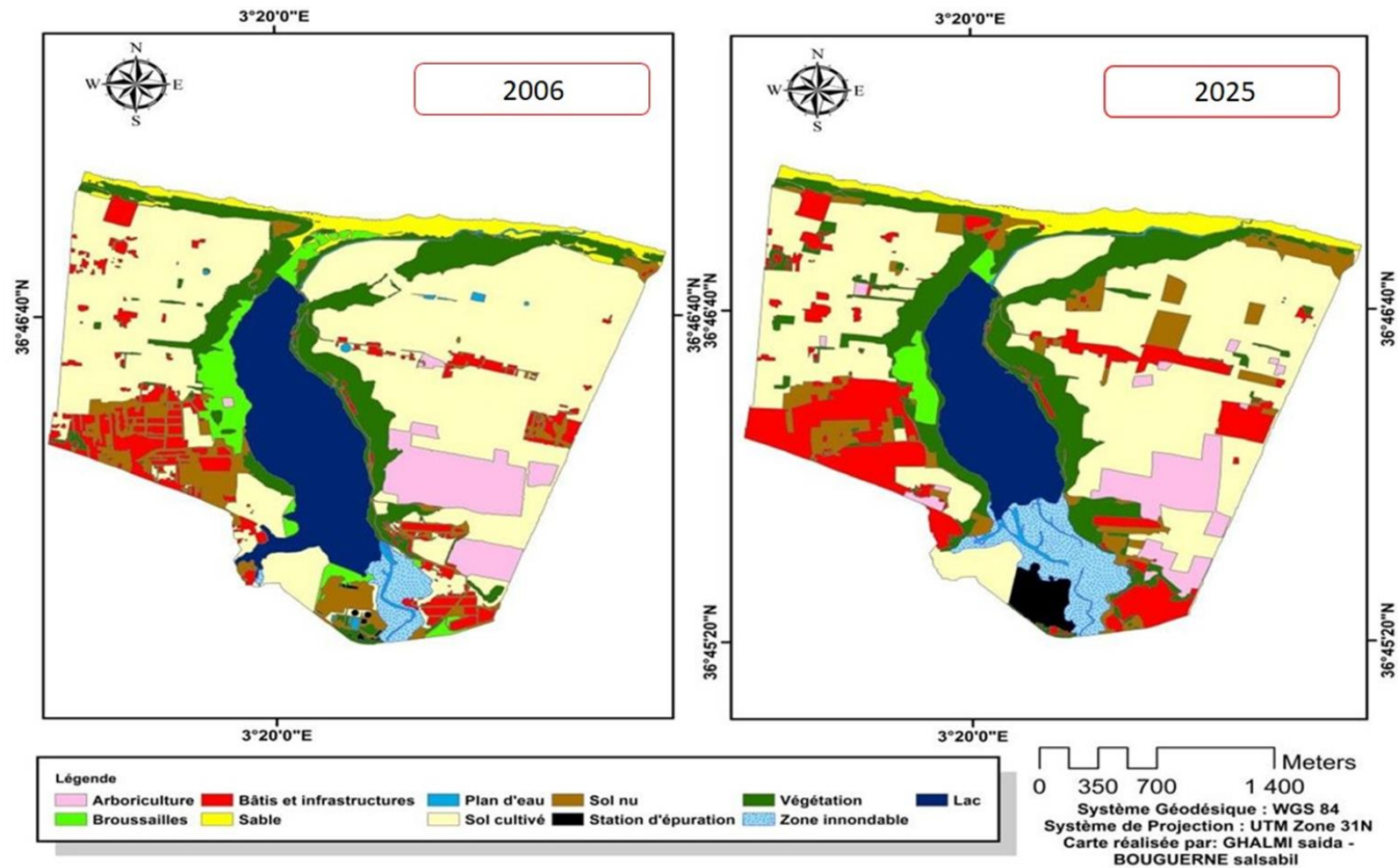


Figure 18 : Carte de l'occupation du sol de la Réserve de Réghaïa (2006 vs 2025).

4.2.3 Analyse comparative de l'occupation du sol (2006-2025)

L'analyse comparative des superficies entre 2006 et 2025 illustrée par (Figure 19) met en évidence des mutations spatiales significatives, dont les principales tendances sont les suivantes :

a. Les unités en forte progression

- Le Tissu Urbain (Bâties et infrastructures) : C'est l'unité qui a connu la croissance la plus fulgurante avec un gain net de (42,45 ha). Pour ce qui est de cette extension, elle s'explique par la pression démographique et le développement des infrastructures aux abords de la réserve, confirmant les tendances déjà soulignées par (Yahiacherif Sadaoui, 2015).

- Les Zones Inondables : Elles ont enregistré une augmentation de (22,95 ha). Pour ce qui est de cette extension, elle pourrait être expliquée par la baisse du niveau d'eau du lac. En se retirant, le lac libère des espaces qui, bien que n'étant plus totalement submergés, demeurent saturés en eau, ce qui justifie leur classification en tant que zones inondables dans notre analyse. De plus, l'artificialisation des sols aux alentours (bétonnage) empêche l'infiltration naturelle des eaux de pluie, ce qui pourrait être dû à l'imperméabilisation croissante de la zone, ce qui provoque leur stagnation dans les points bas de la réserve (Yahiacherif Sadaoui, 2015).

b. Les unités en régression

- Les Sols Cultivés : Ils représentent la perte la plus lourde avec une diminution de (51,13 ha). Pour ce qui est de ce recul, il est principalement dû au grignotage urbain (Figure 18). Ce n'est pas seulement une construction sur le terrain, mais une dégradation de la qualité des terres agricoles environnantes, qui finit par les rendre incultes, poussant à leur abandon puis à leur urbanisation (Yahiacherif Sadaoui, 2015).

- Le Lac : On note une perte de surface en eau de (24,22 ha). Cela pourrait être dû à une sollicitation accrue de ses eaux pour l'arrosage (Direction Générale des Forêts, 2003). En effet, l'utilisation directe de l'eau du lac pour l'irrigation des cultures environnantes exerce une pression significative sur le niveau de la retenue, contribuant ainsi au recul de la surface en eau libre. Par ailleurs, la baisse du niveau d'eau est accentuée par une réduction de l'apport des oueds alimentant le lac, ce qui pourrait être dû aux périodes de sécheresse prolongées et à l'évaporation accrue liée au changement climatique (Figure 4).

c. Les unités en stabilité relative

- L'Arboriculture : Elle a connu une baisse modérée de (9,81 ha), ce qui montre une certaine résistance de cette strate malgré la pression urbaine.
- La Végétation : Avec un gain de (24,42 ha), cette unité semble se maintenir, voire coloniser de nouveaux espaces délaissés, ce qui compense en partie les pertes subies par les zones agricoles.
- Le Sable : Avec un gain de (0,76 ha), cette unité témoigne d'une grande stabilité sur la période étudiée. Ce maintien s'explique par le rôle protecteur de la couverture végétale adjacente, qui assure la fixation des dunes et limite efficacement les phénomènes d'érosion (Larid, 2008).

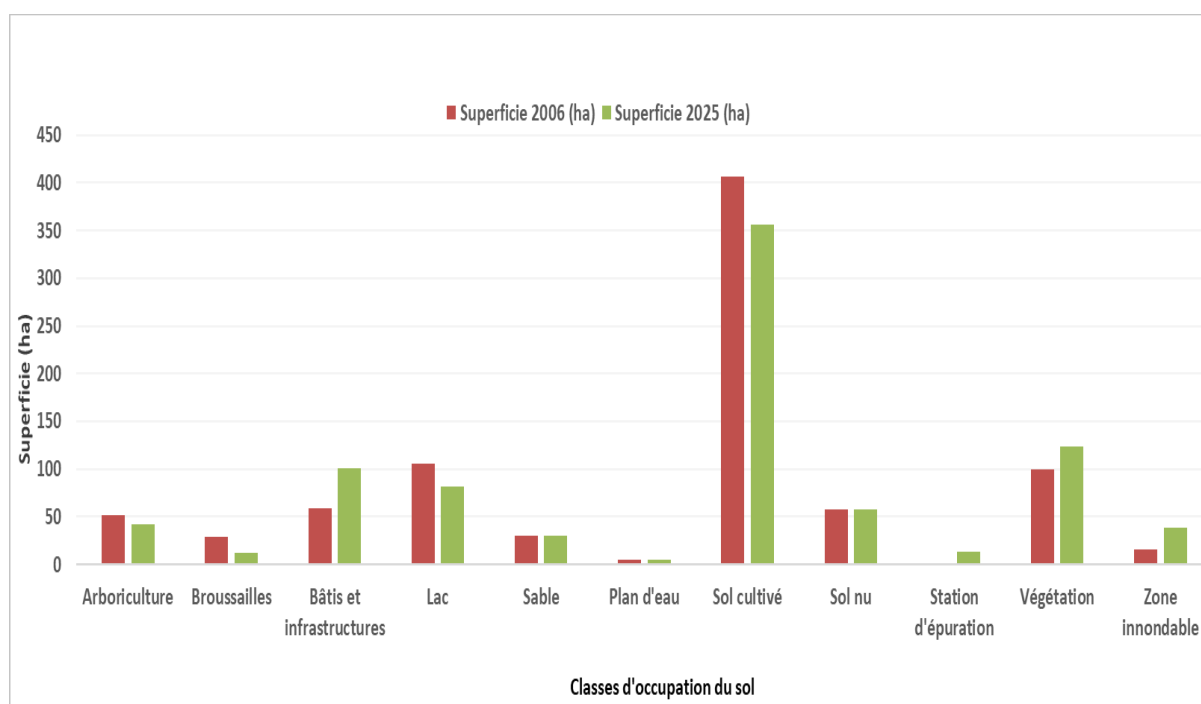


Figure 19 : Diagramme de l'évolution des unités d'occupation du sol de la Réserve de Réghaïa (2006 vs 2025).

4.3 Dynamique de l'occupation des sols

L'analyse de la matrice de transition entre 2006 et 2025 du lac de Réghaïa met en évidence plusieurs transformations importantes de l'occupation du sol. Les sols cultivés demeurent la classe dominante avec une stabilité remarquable de 319,23 ha, malgré la conversion d'une partie de leurs superficies vers d'autres unités, notamment l'arboriculture (13,77 ha), les bâti et infrastructures (20,06 ha) ainsi que la végétation (21,99 ha).

Les bâti et infrastructures ont connu une progression significative, atteignant 101,15 ha en 2025. Cette augmentation provient principalement de la transformation des sols nus (27,190 ha)

et des sols cultivés (20,066 ha), traduisant une forte dynamique d'urbanisation autour du lac de Réghaïa.

La végétation conserve également une superficie importante avec 77,359 ha restés stables, tout en gagnant des surfaces issues des broussailles (7,931 ha), du lac (4,719 ha) et des sols cultivés (21,999 ha). Cette évolution traduit une certaine régénération du couvert végétal dans plusieurs secteurs de la zone d'étude.

Le lac présente une stabilité notable avec 79,212 ha maintenus entre 2006 et 2025. Toutefois, une superficie de 17,17 ha du lac a été transformé en zones inondables, ce qui indique une extension des surfaces de ces derniers, confirmant les changements hydrologiques observés dans la région du lac de Réghaïa durant la période étudiée.

Les sols nus montrent une forte stabilité de leur superficie, plusieurs portions ayant été converties vers les bâtis et infrastructures (27,190 ha), station d'épuration (8,00 ha), les sols cultivés (4,85 ha) et la végétation (5,977 ha). En revanche, 28,48 ha de sols cultivés et 5,22 ha de végétation sont convertis en sols nus.

Tableau 4 : Dynamique de l'occupation du sol au lac de Réghaïa entre 2006 et 2025

Réserve de Réghaïa (2006 / 2025)		2025											
		Arboriculture (ha)	Broussailles (ha)	Bâtis et infrastructures (ha)	Lac (ha)	Sable (ha)	Plan d'eau (ha)	Sol cultivé (ha)	Sol nu (ha)	Station d'épuration (ha)	Végétation (ha)	Zone inondable (ha)	Somme (ha)
2006	Arboriculture (ha)	25,711	0,461	1,180	0,000	0,000	0,000	23,793	0,028	0,000	0,377	0,000	51,550
	Broussailles (ha)	0,000	10,567	2,112	1,372	1,218	0,000	0,004	2,335	0,935	7,931	2,245	28,720
	Bâtis et infrastructures (ha)	0,090	0,000	46,087	0,000	0,047	0,000	2,769	6,886	0,000	2,518	0,306	58,702
	Lac (ha)	0,000	0,296	0,179	79,212	0,000	2,649	1,013	0,772	0,000	4,719	17,171	106,012
	Sable (ha)	0,000	0,002	0,418	0,000	24,233	0,129	0,073	3,313	0,000	1,836	0,000	30,003
	Plan d'eau (ha)	0,000	0,000	0,002	0,000	0,944	0,338	0,406	0,885	0,550	0,768	1,739	5,631
	Sol cultivé (ha)	13,775	0,052	20,066	0,004	0,000	0,378	319,237	28,486	1,268	21,999	1,580	406,844
	Sol nu (ha)	0,848	0,051	27,190	0,254	0,000	0,001	4,851	8,899	8,005	5,977	1,277	57,354
	Station d'épuration (ha)	0,000	0,000	0,189	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,698	0,106	0,163	1,156
	Végétation (ha)	1,313	0,833	3,267	0,947	4,318	1,030	3,238	5,222	1,365	77,359	0,566	99,458
	Zone inondable (ha)	0,000	0,000	0,462	0,000	0,000	0,395	0,324	0,628	0,000	0,290	13,345	15,444
	Somme (ha)	41,737	12,262	101,152	81,790	30,759	4,919	355,709	57,454	12,821	123,880	38,392	860,874

4.4 Évolution des limites du Lac de Réghaïa

L'observation de la carte (Figure 20) montre qu'il y a des changements au niveau du lac de Réghaïa entre 2006 et 2025. Nous constatons une diminution progressive de sa superficie au fil des années.

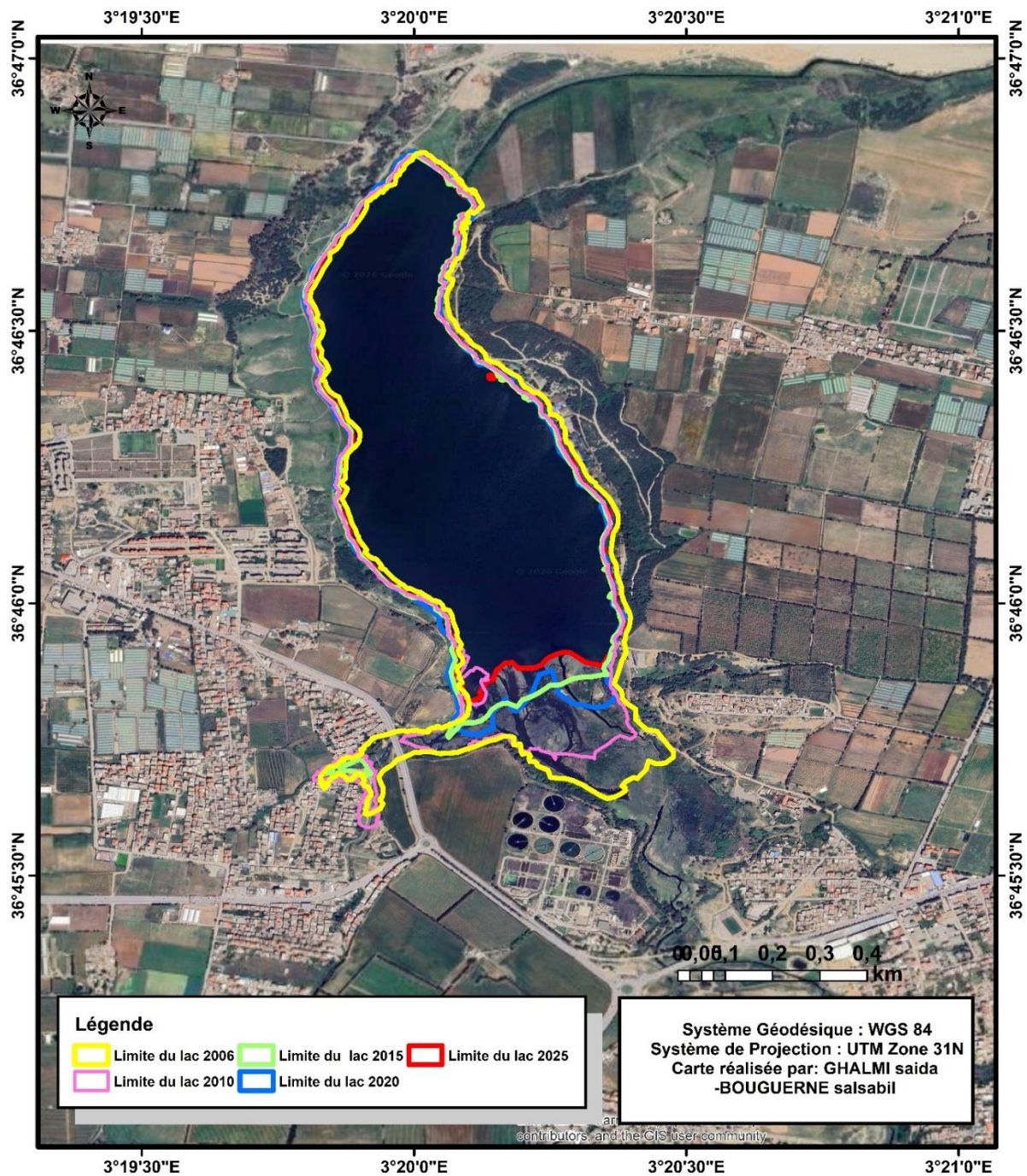


Figure 20 : Evolution des limites du lac Réghaïa entre 2006 et 2025.

Cette régression peut s'expliquer par plusieurs facteurs, notamment l'arrosage intensif des terres agricoles, qui entraîne une forte consommation d'eau. Elle pourrait également être due aux effets du changement climatique, caractérisés par une diminution des précipitations, une augmentation des températures et une évaporation plus importante, ainsi que par des périodes de sécheresse plus fréquentes, ce qui réduit les apports en eau et perturbe l'équilibre hydrologique du lac. Par ailleurs, ce phénomène pourrait également être dû à d'autres causes, telles que la sédimentation progressive du lac, la surexploitation des nappes phréatiques, les aménagements hydrauliques en amont, ainsi que l'urbanisation croissante autour du lac. L'ensemble de ces facteurs contribue à la diminution du niveau et de la superficie du lac au fil du temps.

4.5 Zone littoral (800m)

La carte représente la délimitation de la bande littorale de 800 mètres à partir du rivage (Figure 21) telle que définie par la loi n°02-02. La comparaison entre la carte 2006 et celle de 2025 montre une évolution notable de l'occupation du sol sur le littoral de la réserve.

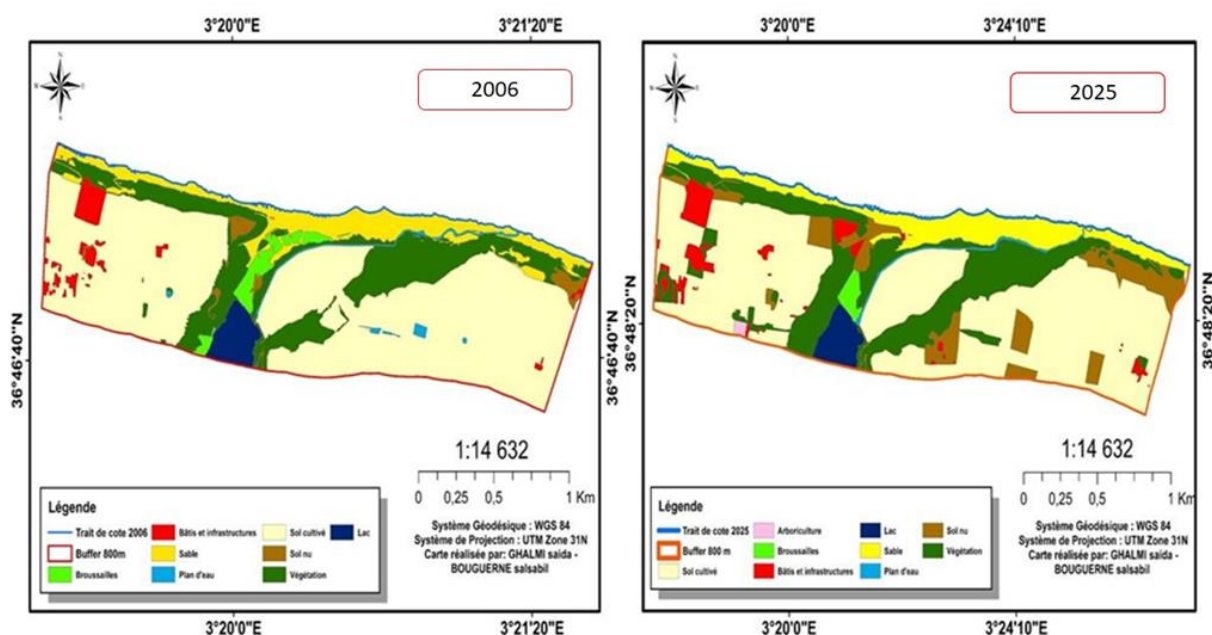


Figure 21 : Carte de la bande littorale des 800 mètres selon la loi 02-02 entre 2006 et 2025.

En 2006, les unités dominantes étaient constituées de zones de végétations et de sol cultivé avec une répartition relativement stable. En 2025, nous observons une légère augmentation des surfaces des bâties, traduisant une extension de l'urbanisation. Par ailleurs les surfaces de sol nu ont augmenté, ce qui peut indiquer une dégradation ou une transformation des terres agricoles et de la végétation.

La cartographie du couvert végétal au niveau de la bande littorale illustre une mutation spatiale profonde survenue entre 2006 et 2025 (Figure 22), révélant une stabilité (en vert foncé) dominante sur (42,5757 ha), constituant le noyau résilient de la réserve. Toutefois, ce constat est nuancé par une régression (en rouge) de (11,2909 ha), partiellement compensée par une progression (en vert clair) de (17,2034 ha). À travers les résultats du tableau de la dynamique (Tableau 5) : si 79% (42,576 ha) du couvert végétal initial de 2006 a été préservé, une dégradation a transformé 7,5% (4,060 ha) de la surface boisée en sols nus. D'autres segments ont basculé vers les plans d'eau (1,9%), les sols cultivés (1,8%) ou ont subi une artificialisation directe par le bâti (0,359 ha). Cette dérive écologique pourrait être due principalement à des pressions anthropiques sévères, notamment l'arrachage illicite et la coupe anarchique des arbres (Direction Générale des Forêts, 2003), des pratiques qui déstructurent la strate forestière et fragmentent l'habitat (Yahiacherif Sadaoui, 2015). L'expansion des sols nus qui en résulte agit comme un précurseur à l'urbanisation et au déploiement d'infrastructures, au détriment des équilibres naturels. À ces facteurs s'ajoute l'impact des dynamiques éoliennes telles que l'ensablement, qui étouffe la végétation basse et fragilise le cordon dunaire. L'émergence de (4,060 ha) de sols nus constitue un risque majeur qui pourrait être dû à l'imperméabilisation et à l'érosion hydrique et éolienne irréversible. Face à ces enjeux, la mise en œuvre d'une stratégie de restauration écologique par le reboisement en espèces autochtones est impérative pour stabiliser les terrains. Cette approche doit s'accompagner de techniques de génie côtier, telles que la pose de ganivelles, et un cadre réglementaire.

Tableau 5 : Dynamique de la bande de zone littoral à 800 mètres entre 2006 et 2025

Réserve de Réghaïa (2006 / 2025)		2006								
		Broussailles (ha)	Bâti et infrastructures (ha)	Lac (ha)	Sable (ha)	Plan d'eau (ha)	Sol cultivé (ha)	Sol nu (ha)	Végétation (ha)	Somme (ha)
2025	Arboriculture (ha)	0,000	0,000		0,000	0,000	0,630	0,000	0,000	0,630
	Broussailles (ha)	1,651	0,000	0,296	0,002	0,000	0,000	0,051	0,337	2,338
	Bâti et infrastructures (ha)	0,114	5,115	0,000	0,418	0,000	3,370	1,160	0,359	10,535
	Lac (ha)	0,139	0,000	6,475	0,000	0,000	0,000	0,000	0,193	6,807
	Sable (ha)	1,218	0,047	0,000	24,210	0,944	0,000	0,000	4,310	30,728
	Plan d'eau (ha)	0,000	0,000	0,042	0,129	0,280	0,378	0,001	1,029	1,858
	Sol cultivé (ha)	0,000	0,731	0,073	0,014	0,406	145,789	0,068	1,002	148,082
	Sol nu (ha)	0,667	0,212	0,013	3,313	0,468	13,482	1,938	4,060	24,154
	Végétation (ha)	2,471	0,629	0,402	1,836	0,761	9,856	1,249	42,576	59,779
	Somme (ha)	6,260	6,732	7,300	29,922	2,859	173,504	4,466	53,867	284,911

L'analyse de la matrice de transition de la bande des 800 mètres entre 2006 et 2025 (Tableau 5) révèle plusieurs changements importants dans l'occupation du sol. Les sols cultivés demeurent la classe dominante avec une stabilité remarquable de 145,788 ha. Toutefois, une partie de cette superficie a été transformée en bâti et infrastructures (3,369 ha), en végétation (9,855 ha) ainsi

qu'en sols nus (13,482 ha), traduisant une dynamique d'évolution continue de cet espace littoral.

Les bâtis et infrastructures ont connu une augmentation notable pour atteindre 10,535 ha en 2025. Cette progression résulte principalement de la conversion des sols cultivés (3,369 ha), des sols nus (1,159 ha) et des sables (0,417 ha), ce qui reflète l'intensification de l'urbanisation au sein de la bande côtière du lac de Réghaïa. La végétation présente également une stabilité importante avec 42,575 ha conservés entre 2006 et 2025. Elle a gagné des superficies provenant notamment des sols cultivés (9,855 ha), des sables (4,310 ha) et des broussailles (2,470 ha), indiquant une régénération progressive du couvert végétal dans certaines zones. Les surfaces sableuses restent relativement stables avec 24,209 ha maintenus, bien qu'une partie ait évolué vers la végétation (4,310 ha) et les sols nus (3,313 ha). Cette dynamique témoigne de transformations naturelles et anthropiques affectant les formations dunaires et les espaces littoraux. Le lac conserve une stabilité notable avec 6,474 ha maintenus durant la période étudiée, tandis que certaines surfaces se sont transformées en végétation (0,401 ha) et en plans d'eau (0,041 ha). Enfin, les sols nus affichent une faible stabilité avec seulement 1,937 ha conservés. Une grande partie de ces surfaces a été convertie vers les sols cultivés (13,482 ha), les bâtis et infrastructures (1,159 ha) ainsi que la végétation (4,060 ha), traduisant une occupation progressive des terrains non exploités dans la bande des 800 mètres.

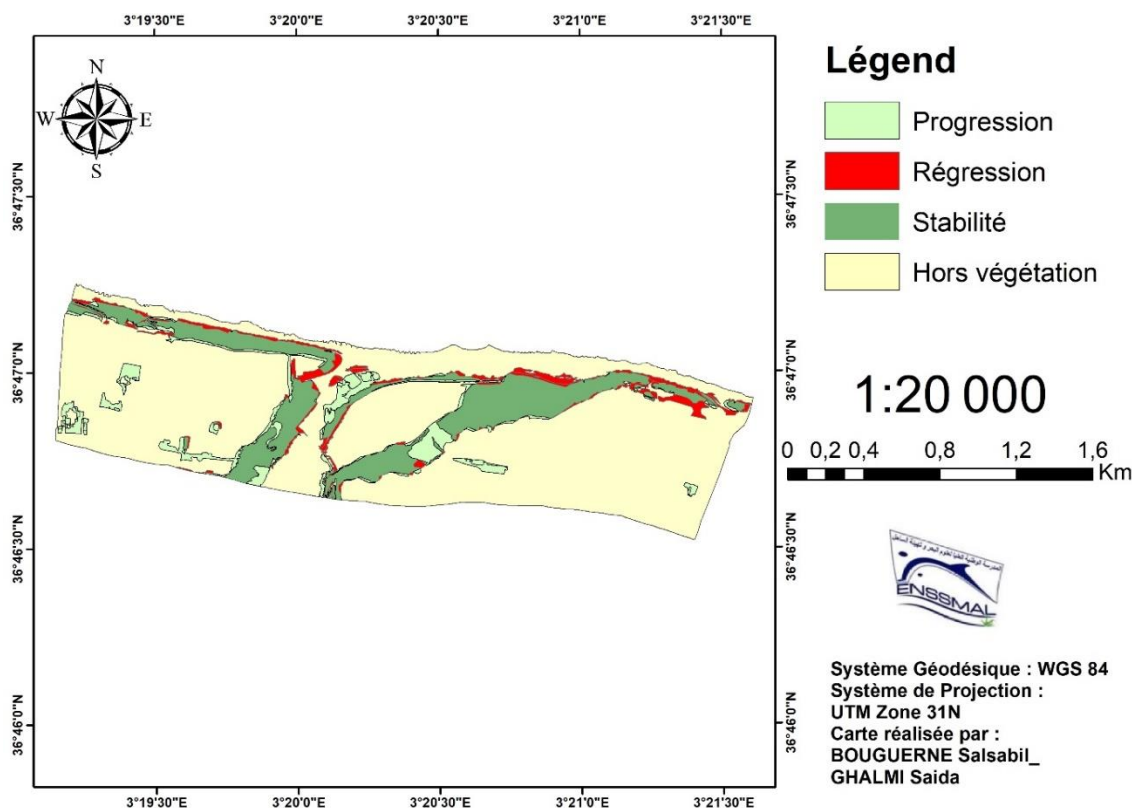


Figure 22 : Carte du couvert végétal de la bande côtière de Réghaïa (2006 vs 2025).

L'analyse de la dynamique de l'occupation du sol entre 2006 et 2025 au niveau de la bande littorale de 800 mètres autour du Lac de Réghaïa (Figure 22) met en évidence des transformations importantes de l'occupation du sol. Les bâtis et infrastructures totalisent environ (10,54 ha) en 2025, traduisant une urbanisation progressive au sein du littoral, au détriment principalement des sols cultivés et de la végétation. Les sols cultivés demeurent toutefois largement dominants avec une superficie d'environ (148,08 ha), bien qu'ils fassent l'objet de conversions vers des surfaces artificialisées. Par ailleurs, les sols nus occupent près de (24,15 ha), ce qui peut être lié à des processus de dégradation ou de mise à nu des terrains, tandis que les formations sableuses couvrent environ (30,73 ha). En ce qui concerne les milieux naturels, la végétation s'étend sur près de (59,78 ha), mais apparaît relativement fragmentée, alors que les broussailles restent peu représentées avec environ (2,34 ha). Les plans d'eaux sont constitués du lac (6,81 ha) et d'embouchure (1,86 ha).

4.6 Évaluation de la qualité des eaux

L'analyse des cartes issues des données Sentinel (Figure 23) permet d'identifier les zones de forte concentration en Chlorophylle-a et en matières en suspension. Les résultats montrent une concentration plus élevée de ces deux paramètres au niveau de la partie Sud du lac, ce qui pourrait être dû à l'influence directe des apports du bassin versant sur la qualité des eaux.

4.6.1 Analyse de la Chlorophylle-a

La répartition de la Chlorophylle-a montre une variation spatiale des concentrations dans le lac. Les valeurs les plus élevées sont observées principalement dans la zone Sud, où elles atteignent des pics allant de 3 à plus de 4 mg/m³ (Figure 23), traduisant une activité biologique plus importante liée aux apports nutritifs dans cette partie.

Cette accumulation majeure dans la partie Sud du lac, particulièrement au niveau de l'embouchure (point de décharge des oueds) et de la zone inondable. Ce phénomène pourrait être dû à la configuration topographique du bassin versant (Figure 6) ; le gradient d'altitude entre les points les plus hauts du bassin et le lac favorise le ruissellement et l'érosion des terres agricoles environnantes. Ces eaux drainent des nutriments (Azote et Phosphore) ainsi que des pesticides issus des activités agricoles locales, transportés par les oueds Réghaïa, Bouriah et El Biar (Figure 6). Cet apport massif stimule une biomasse algale élevée, révélant un phénomène d'eutrophisation localisée. Cette situation est accentuée par une stagnation hydrodynamique due à la très faible pente interne du lac (Figure 16) au manque de courants circulatoires et à la nature peu agitée du lac, ce qui empêche la dispersion de ces polluants et les confine dans les zones de rejet direct.

4.6.2 Analyse des Matières en Suspension (MES - Turbidité)

La carte des matières en suspension confirme l'influence prédominante des apports sédimentaires et particuliers issus du bassin versant. Ce transfert de matière est favorisé par le gradient d'altitude (Figure 15) qui facilite l'entraînement des particules lourdes, des déchets et des résidus urbains via les oueds. Une fois parvenus à l'embouchure, cette décantation rapide des particules pourrait être due à la faible profondeur du lac et à la faible pente interne (Figure 16) provoquant une décantation rapide des particules. Cette faible dynamique hydro-sédimentaire empêche la mise en suspension prolongée des sédiments dans la partie centrale, ce qui pourrait expliquer la concentration de MES au niveau des zones d'apport, avec des valeurs maximales qui oscillent entre 2.5 et 3.5 g/ m³ (Figure 23), et la clarté relative des eaux dans le reste du lac où les concentrations restent minimales (inférieures à 0.5 g/ m³).Ce constat

confirme les travaux de Kaddour et al., (2010), soulignant que la dégradation de la qualité des eaux de la réserve résulte de la combinaison des pressions anthropiques, de l'insuffisance fonctionnelle de la STEP (notamment face à la DCO et aux graisses) et du phénomène d'eutrophisation.

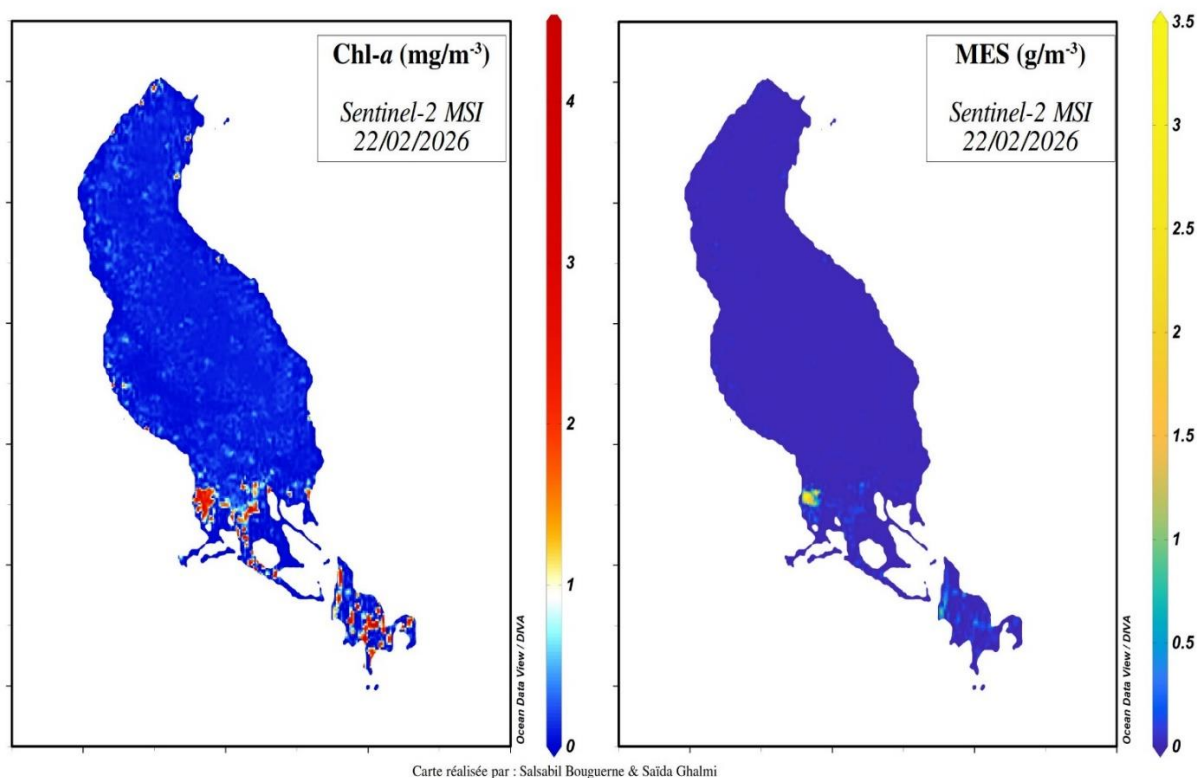


Figure 23 : Carte de distribution spatiale des concentrations en Chlorophylle-a (mg/m^3) et en Matières en Suspension (g/m^3) dans le lac de Réghaïa.

4.7 Impact des changements d'occupation du sol sur les oiseaux de la réserve

Les changements d'occupation du sol autour du Lac de Réghaïa (Figure 18), comme l'urbanisation anarchique, les constructions illicites sur terres agricoles et le développement industriel, impactent négativement les populations d'oiseaux (ex : *Canard colvert* (Figure 24), *Aigrette gazette* (Figure 25)) en fragmentant leurs habitats et en réduisant les zones humides essentielles (Maouche, 2011).

Cet impact peut se traduire par :

- Diminution de la richesse spécifique : La baisse du nombre d'espèces d'oiseaux de la réserve recensées est mise en lien avec les facteurs de stress environnementaux, notamment les changements dans le couvert végétal et les plans

d'eaux. Les valeurs de richesse spécifique actuelles sont inférieures à celles enregistrées lors d'années antérieures (Fettis, 2016a) .

- **Vulnérabilité des espèces :** l'absence ou la raréfaction de certaines espèces (ex : *Sarcelle marbrée*, certains *Ardéidés*), ce qui pourrait suggérer que les conditions actuelles du lac ne leur permettent plus de s'installer ou de subsister aussi durablement qu'auparavant.

Adaptation spatiale : En réponse aux changements, les oiseaux se concentrent dans les zones les moins impactées, comme la partie sud pour l'alimentation ou les roselières pour le refuge. La végétation rivulaire joue ici un rôle crucial de protection, mais sa dégradation limite d'autant les zones de nidification (Fettis, 2016a).



Figure 24 : Canard colvert (Fettis, 2016b)



Figure 25 : Aigrette gazette (Fettis, 2016b)

4.8 Gestion durable de la réserve

À la lumière des résultats de notre analyse sur la dynamique de l'occupation du sol de la réserve naturelle du lac de Réghaïa il devient impératif d'adopter une approche systémique globale, intégrant à la fois des mesures de conservation strictes et des outils de gestion innovants. Cette démarche repose, en premier lieu, sur un zonage fonctionnel strict (zones cœurs et zones tampons) pour limiter les interactions humaines directes, couplé à une gouvernance intégrée regroupant l'ensemble des acteurs. À cet effet, l'adoption d'une démarche de Gestion Intégrée des Zones Côtières (GIZC) s'impose comme un facteur clé pour réguler les dynamiques d'occupation du sol. Ce cadre systémique permet d'harmoniser les interventions des différents acteurs tout en atténuant les impacts des pressions anthropiques sur ce littoral fragile. Pour assurer une gestion résiliente, nous préconisons également la mise en place d'un observatoire numérique de télédétection pour le monitoring spatial, le développement de corridors écologiques favorisant la connectivité biologique. Cette stratégie de gestion intégrée articulée autour de trois axes de conformité législative. Premièrement, pour endiguer l'érosion de la zone côtière (littoral) et le déclin du couvert végétal observés, nous recommandons le déploiement de techniques de génie végétal, conformément aux exigences de la (Loi n° 02-02, 2002), qui impose la préservation des écosystèmes littoraux fragiles. Deuxièmement, face à la pression urbaine croissante, une stricte application de la bande inconstructible définie par cette même loi n° 02-02, couplée à une mise à jour des instruments d'urbanisme locaux (SDAU: Schéma Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme et POS: Plan d'Occupation des Sols), conformément à la loi n° 90-29 relative à l'aménagement et à l'urbanisme, (Loi n° 90-29, 1990), est impérative pour sanctuariser les zones d'expansion naturelle de la réserve. Enfin, concernant la dégradation de la qualité des eaux par les rejets anthropiques et industriels, la conformité à la loi n° 05-12 relative à l'eau, (Loi n° 05-12, 2005), impose la mise en œuvre de systèmes de traitement (STEP) et un contrôle rigoureux des effluents, garants indispensables de la santé écologique et de la résilience de cet écosystème face aux mutations spatiales identifiées.

Bien que le lac de Réghaïa soit reconnu comme zone humide d'importance internationale au titre de la Convention de Ramsar (site n° 1304), notre recherche approfondie au Journal Officiel de la République Algérienne révèle l'absence d'un décret de classement national spécifique érigeant ce site en 'Réserve Naturelle'. Le site est actuellement géré par le Centre Cynégétique de Réghaïa (créé par le décret n° 83-75), dont les missions sont axées sur la recherche et la production cynégétique, et non sur la maîtrise globale du foncier. Par conséquent, pour assurer une protection juridique pérenne face aux multiples pressions anthropiques et

environnementales qui menacent l'intégrité de son écosystème, nous recommandons vivement l'élaboration d'un décret national de classement en 'Réserve Naturelle', afin de conférer au site le statut légal indispensable à sa sanctuarisation.

Dans cette perspective, des efforts de planification ont déjà été amorcés à travers l'élaboration de deux plans de gestion successifs (DGF & UICN, 2006). Ces documents stratégiques ont posé les premières directives opérationnelles pour la conservation et l'aménagement du site. Bien que ces plans restent des outils de référence indispensables pour orienter la gestion globale, leur application concrète réaffirme l'urgence absolue d'un décret national de classement pour leur donner une pleine force juridique. Parallèlement, une stratégie de sensibilisation et d'éducation environnementale ciblée, impliquant activement les populations riveraines et les acteurs économiques locaux, s'avère indispensable pour pérenniser ces efforts et transformer la réserve en un modèle de cohabitation harmonieuse entre le développement spatial et la conservation naturelle.

Conclusion

Conclusion

Dans le cadre de cette étude, la problématique générale s'inscrit dans la compréhension des mutations de l'occupation du sol au niveau de la réserve naturelle de Réghaïa, et son espace littoral sensible qui est soumis à de fortes pressions anthropiques et naturelles. L'objectif principal était d'analyser les transformations spatiales afin d'évaluer leurs impacts sur l'équilibre environnemental de la zone.

Les résultats de l'occupation du sol montrent une évolution marquée entre 2006 et 2025. Nous observons une augmentation significative des surfaces bâties et des infrastructures, traduisant une urbanisation croissante autour du lac. Parallèlement, certaines classes naturelles telles que la végétation et le lac ont connu une régression notable. Les surfaces de sol nu et de sable sont restées presque stables, Reflétant un faible changement dans les usages du sol de la réserve, les plans d'eau subissent des pressions indirectes liées aux activités humaines environnantes. Cette répartition spatiale met en évidence une transformation progressive du paysage.

L'analyse de la dynamique spatio-temporelle révèle une tendance générale à l'artificialisation du territoire. Les transitions les plus importantes concernent la conversion des espaces naturels en zones urbanisées, notamment au détriment des terres végétalisées (végétation, broussailles, sols cultivés, ...). Cette dynamique est accentuée par l'expansion urbaine non contrôlée et les activités économiques. De plus, le lac a été réduit, ce qui affecte leur rôle écologique. Les changements observés traduisent un déséquilibre entre les composantes naturelles et anthropiques. L'intensité de ces transformations varie selon les secteurs, avec une concentration plus marquée à proximité des axes de développement. Globalement, cette dynamique reflète une pression croissante sur les ressources naturelles du lac.

En matière de gestion, ces résultats soulignent la nécessité de mettre en place des stratégies d'aménagement durable. Il est essentiel de préserver les zones sensibles, notamment les milieux humides, en limitant l'urbanisation anarchique. Le renforcement des outils de planification territoriale et le suivi régulier de l'occupation du sol sont indispensables. Une meilleure coordination entre les acteurs locaux permettrait également d'assurer une gestion équilibrée de cet espace.

Enfin, les perspectives futures doivent s'orienter vers une gestion intégrée de la réserve naturelle de Réghaïa, basée sur une surveillance continue des dynamiques d'occupation du sol. L'utilisation des outils de télédétection et des SIG reste primordiale pour anticiper les changements. Il serait également pertinent d'approfondir les études sur les impacts

environnementaux et socio-économiques. Une approche durable permettra de concilier le développement urbain et préserver les écosystèmes du lac de Réghaïa.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- Aissat, N. (2013).** *Enquête – Diagnostic sur les enjeux GIZC autour du lac de Réghaia*. [en ligne] - [Consulté le 12/03/2026]. Disponible sur le web : <https://dspace.enssmal.edu.dz/items/1fbe5726-73d6-4d41-ab94-5dfed1b6fa70>
- Belhadef, Remini, B., Nacer, N., Habi, M., & Pauc, H. (2010).** Plan de gestion intégrée d'une zone humide à partir du bilan des flux hydriques : Le cas du marais de Reghaïa (Algérie). *Techniques Sciences Méthodes*, 39-50. <https://doi.org/10.1051/tsm/201005039>
- Benayache, I., & Reguig, S. N. (2018).** *Etude comparative des peuplements phytoplanctoniques indicateurs de la qualité des eaux dans deux systèmes lacustres « le lac du barrage de Keddara(Boumerdes) et le lac de Réghaia(Alger) »*. [En ligne] - [Consulté le 28/04/2026]. Disponible sur le web : <https://dspace.enssmal.edu.dz/handle/123456789/1196>
- Boudjelas, S., et al. (2012).** *Étude écologique sur les zones humides du littoral algérien : État des lieux et recommandations*. Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement).
- Bouزيد, M. (2015).** *Suivi de la dynamique de la végétation et des plans d'eau d'une zone humide littorale par télédétection : Cas du lac de Réghaïa*. Mémoire d'ingénieure. Alger : USTHB.
- Campbell, J. B., & Wynne, R. H. (2011).** *Introduction to Remote Sensing*.
- Chuvieco, E. (2020).** *Fundamentals of Satellite Remote Sensing : An Environmental Approach*. London: (Édition originale CRC Press)
- Décret n° 83-75, Journal Officiel de la République Algérienne (JORA). (1983).

- Dehane, B. (2012).** *Incidence De L'état Sanitaire Des Arbres Du Chêne-Liège Sur Les Accroissements Annuels Et La Qualité Du Liège De Deux Suberaies Oranaises : M'sila (w. oran) Et Zariéffet (w.tlemcen).* [En ligne] - [Consulté le 05/04/2026]. Disponible sur le web : <https://dspace.univ-tlemcen.dz/handle/112/2360>
- DGF & UICN. (2006).** *Plan d'action pour la gestion intégrée du complexe lacustre de Réghaïa (Algérie).* Direction Générale des Forêts (DGF) & UICN (Union Internationale pour la Conservation de la Nature).
- Direction Générale des Forêts. (2003).** *Fiche descriptive sur les zones humides Ramsar : Réserve du lac de Réghaïa.* Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural. https://initiative-pim.org/web/wp-content/uploads/2025/03/Taleb-A.-et-al_2003_qReserve-du-lac-de-Reghaia_Fiche-descriptive-sur-les-zones-humides-Ramsar.pdf
- Fettis, N. (2016a).** *Inventaire et Ecologie de l'avifaune aquatique de la réserve naturelle du lac de Rhéghaia.* [En ligne] - [Consulté le 11/03/2026]. Disponible sur le web : <https://dspace.ummto.dz/items/9ff6cf53-71b0-44a3-967a-d62fdf7a36cb>
- Fettis, N. (2016b).** *Inventaire et Ecologie de l'avifaune aquatique de la réserve naturelle du lac de Rhéghaia.* [En ligne] - [Consulté le 11/03/2026]. Disponible sur le web : <https://dspace.ummto.dz/>
- Gasmi, O. (2013).** *Analyse des données environnementales dans la zone humide de Réghaia (Qualité des eaux).* [En ligne] - [Consulté le 09/04/2026]. Disponible sur le web : <https://dspace.enssmal.edu.dz/handle/123456789/2186>
- Girard, M.-C., & Girard, C.-M. (2010).** *Traitement des données de télédétection - 2e éd. : Environnement et ressources naturelles.* Paris : Dunod.

- Hachemi, I., & Sadeli, N. (2010).** *Contribution au projet de réserve naturelle « lac de Réghaia » : Approche de la réhabilitation de la zone côtière.* [En ligne] - [Consulté le 08/02/2026]. Disponible sur le web : <https://dspace.enssmal.edu.dz/handle/123456789/1969>
- Hamadouche, M.A. & Bachir, A. (2014).** *Dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol d'une zone humide littorale : Cas du lac de Réghaia.* Mémoire d'ingénieur. Alger : Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral (ENSSMAL).
- Haouati, H. E. (2015).** *Adaptation d'un indice phytoplanctonique pour l'évaluation de la qualité des eaux des écosystèmes lacustres algériens* [Faculté des Sciences Biologiques]. [En ligne] - [Consulté le 21/04/2026]. Disponible sur le web : <https://www.ccdz.cerist.dz/admin/notice.php?id=000000000000000699803000104>
- Heywood, D. I., Heywood, I., Cornelius, S., & Carver, S. (2011).** *An Introduction to Geographical Information Systems:* USA: Prentice Hall.
- Home | Ramsar Sites Information Service.* (2003). https://rsis Ramsar.org/?__goaway_challenge=meta-refresh&__goaway_id=f6701180cac0dfbf16c2f3e577abb0ac
- Jensen, John R. (2015).** *Remote Sensing of the Environment : An Earth Resource Perspective.* USA: (Édition originale Pearson)
- 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.* <https://doi.org/10.4000/cybergeog.18852>

Lillesand, T.M. and Kiefer, R.W. (2015). *Remote Sensing and Image Interpretation*. [En ligne]

- [Consulté le 16/03/2026]. Disponible sur le web :
<https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=2044575>

Loi n° 02-02, Journal Officiel de la République Algérienne (JORA). (2002).

Loi n° 05-12, Journal Officiel de la République Algérienne (JORA). (2005).

Loi n° 11-02, Journal Officiel de la République Algérienne (JORA). (2011).

Loi n° 90-29, Journal Officiel de la République Algérienne (JORA). (1990).

Maouche, B. (2011). *Aménagement des territoires, zone humide de Réghaia et proceptive de sauvegarde de l'environnement*. Mémoire d'ingénieure : Blida : Université SAAD DAHLAB.

Metallaoui, S., & Houhamdi, M. (2010). Biodiversité et écologie de l'avifaune aquatique du lac de Réghaïa (Alger, Algérie). *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat*, 32(2), 123-134.

Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement. (2005). *Guide méthodologique de gestion intégrée des zones côtières (GIZC) en Algérie*. Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (MATE).

Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., da Fonseca, G. A. B., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772), 853-858.
<https://doi.org/10.1038/35002501>

Réserve Naturelle du Lac de Réghaïa | Service d'information sur les Sites Ramsar. (2019, mai 9). https://rsis.ramsar.org/fr/ris/1304?__goaway_challenge=meta-refresh&__goaway_id=6dac0aa4528ee554d2d774afe38dc9ac&__goaway_referer=https%3A%2F%2Fwww.bing.com%2F&language=fr

Wilaya d'Alger. (1999). *Arrêté du Wali de la Wilaya d'Alger du 19 mai 1998 portant création, délimitation et mise en défends de la réserve naturelle de la zone humide du lac de Réghaïa.*

Yahiacherif Sadaoui, S. (2015). *Etude Ecologique, Dynamique Et Biosystematique De L'avifaune Du Lac D'El Golea Et Du Marais De Reghaia Et Comparaison Faunistique Entre Les Deux Zones. Mémoire d'ingénieure : Alger : École Nationale Supérieure Agronomique (ENSA) - El Harrach.*

Annexes

Annexes

Tableau 6 : Occupation du sol de la Réserve Naturelle de Réghaïa (2006-2025)

Unité d'occupation	Superficie 2006 (ha)	Superficie 2025 (ha)
Arboriculture	51,550352	41,736572
Broussailles	28,71977	12,261619
Bâtis et infrastructures	58,702388	101,151667
Lac	106,01177	81,789729
Sable	30,002612	30,759059
Plan d'eau	5,63085	4,918921
Sol cultivé	406,84393	355,70924
Sol nu	57,354426	57,454494
Station d'épuration	1,155726	12,820996
Végétation	99,457867	123,879674
Zone innondable	15,444463	38,392178

Production scientifique

Assessment of the present state of the Reghaïa Nature Reserve using remote sensing data

Salsabil Bouguerne^{1,*}, Romaïssa Harid²

¹(Salsabil Bouguerne; Email: salsabil.bouguerne@enssmal.edu.dz), ECOSYSMarL: Laboratoire des Écosystèmes Marins et Littoraux, École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral (ENSSMAL), Campus Universitaire de Dely Ibrahim Bois des Cars, B.P. 19, 16320, Alger – Algérie

²(Romaïssa Harid; Email: romaïssa.harid@enssmal.edu.dz), ECOSYSMarL: Laboratoire des Écosystèmes Marins et Littoraux, École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral (ENSSMAL), Campus Universitaire de Dely Ibrahim Bois des Cars, B.P. 19, 16320, Alger – Algérie

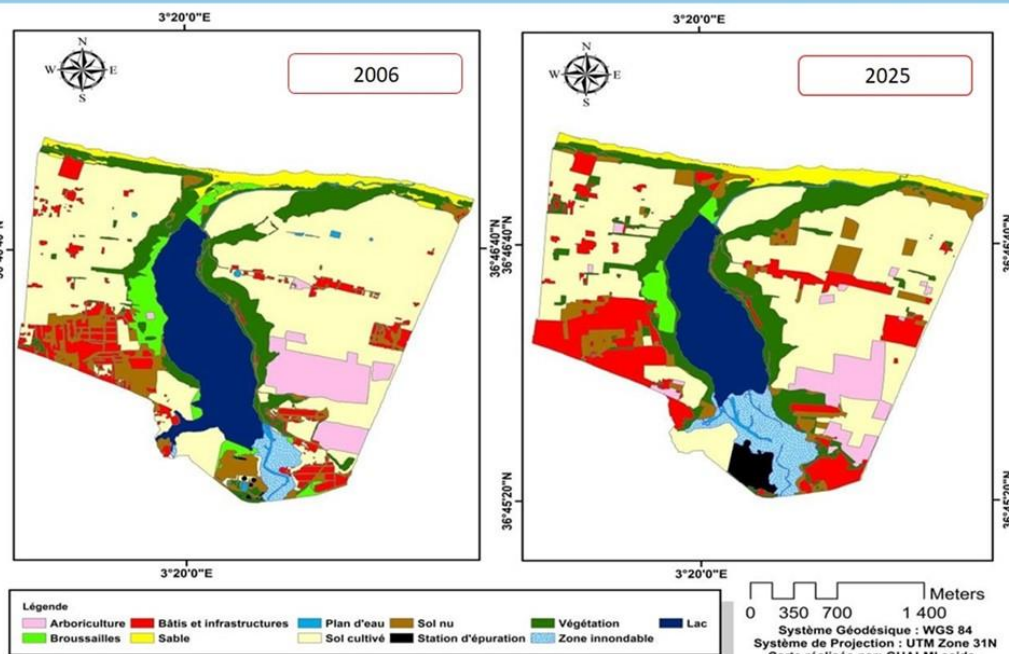
Introduction

Context: Reghaïa Lake is a Ramsar site (n° 1304) with major ecological value → Problem: Degradation of ecological integrity due to urban pressure and shoreline artificialization → Objective: Monitoring the Land Use state (2006–2025) to quantify territorial mutations.

Materials and methods

Data Source: High-resolution satellite imagery from Google Earth Pro → Tools: GIS techniques (ArcGIS) for spatial analysis → Workflow: Digitalization: Manual mapping of 10 thematic units (Arboriculture, Scrubland, Built-up areas and Infrastructure, Sand, Water Body, Cultivated Land, Bare Soil, Wastewater Treatment Plant, Vegetation, Floodplain.) using Google Earth Pro → Topological Correction: Applying the Overlapping method in ArcGIS to ensure data integrity.

Results and discussion



- Expansion Units → Urban Fabric: Net gain of (+42.45 ha) driven by demographic pressure. Flood Zones: Increased by (+22.95 ha) due to lake retreat and soil sealing.
- Regression Units → Cultivated Land: Heaviest loss with (-51.13 ha) due to urban sprawl. The Lake: Surface water loss of (-24.22 ha) linked to irrigation and climate change. (Yahiacharif Sadaoui, 2015).
- Stability → Vegetation: Gained (+24.42 ha), colonizing abandoned lands. Sand: Maintained stability (+0.76 ha) through vegetative protection (Larid, 2008).

Conclusion and perspectives

- Approach: Adopting a global systemic approach integrating strict conservation and innovative management tools.
- Key Strategies:
 - Establishing strict functional zoning (core and buffer zones) to limit human interactions.
 - Creating a digital remote sensing observatory for continuous spatial monitoring.
 - Developing ecological corridors to enhance biological connectivity.

References

Yahiacharif Sadaoui, S. (2015). Etude Ecologique, Dynamique Et Biosystematique De L'avifaune Du Lac D' El Golea Et Du Marais De Reghaïa Et Comparaison Faunistique Entre Les Deux Zones. Ecole Nationale Supérieure Agronomique (ENSA) - El Harrach.

Larid, M. (2008). La zone côtière humide de Réghaïa dans le littoral Est Algérois (Algérie): Contribution méthodologique à son plan de gestion. Cybergeog. European Journal of Geography. <https://doi.org/10.4000/cybergeog.18852>

CIAMEL 2026



LULC change and its implications for bird conservation in the Reghaïa Naturel Reserve

Saida Ghalmi^{1,*}, Romaïssa Harid²

¹(Saida Ghalmi; Email: saïda.ghalmi@enssmal.edu.dz), ECOSYSMarL: Laboratoire des Écosystèmes Marins et Littoraux, École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral (ENSSMAL), Campus Universitaire de Dely Ibrahim Bois des Cars, B.P. 19, 16320, Alger – Algérie

²(Romaïssa Harid; Email: romaïssa.harid@enssmal.edu.dz), ECOSYSMarL: Laboratoire des Écosystèmes Marins et Littoraux, École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral (ENSSMAL), Campus Universitaire de Dely Ibrahim Bois des Cars, B.P. 19, 16320, Alger - Algérie

Introduction

The Lac de Reghaïa is an important wetland for many bird species in northern Algeria. However, land use and land cover (LULC) changes, especially urbanization and human activities, have altered natural habitats and affected bird conservation. Studying these changes helps understand their environmental impacts and supports sustainable management of the reserve.

Materiel et methods

1

Area calculation in ArcGIS

Right-click on the result layer, then click "Attribute Table". Select an area field, right-click, choose "Calculate Geometry", select the unit in hectares, then click "OK".

2

Copying the table.

Select the entire table, then click the small arrow at the top left, right-click, and choose "Copy Selected".

3

Creating the Pivot Table.

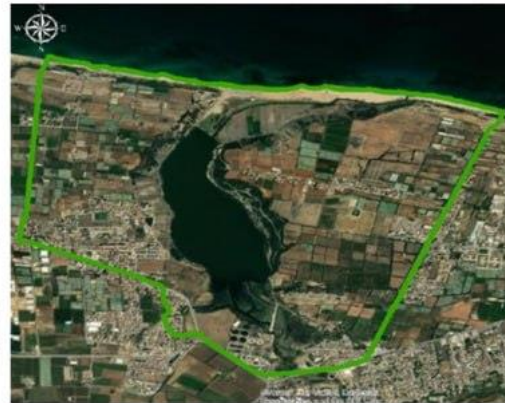
Open Excel → Insert → PivotTable → OK. Drag the old year field into "Row Labels", and the area field into "Values".

4

Filling empty cells

Copy and paste the table into a new worksheet. Fill the empty cells with 0.

Results and discussion



Based on the dynamic table results, the Reghaïa Nature Reserve shows a regression lake surface (106,012 ha → 81,790 ha) between 2006 and 2025, with a conversion of 17.17 ha from lake to floodable areas. This indicates an important internal habitat reorganization and a shift in wetland structure, which directly affects waterbird habitats, especially the Mallard (*Anas platyrhynchos*). However, this regression indicates a **negative effect** on the wetland ecosystem. The conversion of lake areas into floodable zones (17.17 ha) and the decrease in open water surfaces reflect a loss of stable aquatic habitats. The reduction of the lake (106.012 ha → 81.790 ha) and the water plan (5.631 ha → 4.919 ha) leads to habitat fragmentation and a decline in high-quality open-water environments.

This situation negatively affects waterbird species, especially the Mallard (*Anas platyrhynchos*), by reducing habitat availability and disturbing its distribution due to the loss of open-water areas.



Mallard duck (*Anas platyrhynchos*)

Réserve de Réghaïa (2006 / 2025)		2025											Somme (ha)
		Arboriculture (ha)	Broussailles (ha)	Bâtis et infrastructures (ha)	Lac (ha)	Sable (ha)	Plan d'eau (ha)	Sol cultivé (ha)	Sol nu (ha)	Station d'épuration (ha)	Végétation (ha)	Zone inondable (ha)	
2006	Arboriculture (ha)	25,711	0,461	1,180	0,000	0,000	0,000	23,793	0,028	0,000	0,377	0,000	51,550
	Broussailles (ha)	0,000	10,567	2,112	1,372	1,218	0,000	0,004	2,335	0,935	7,931	2,245	28,720
	Bâtis et infrastructures (ha)	0,090	0,000	46,087	0,000	0,047	0,000	2,769	6,886	0,000	2,518	0,306	58,702
	Lac (ha)	0,000	0,296	0,179	79,212	0,000	2,649	1,013	0,772	0,000	4,719	17,171	106,012
	Sable (ha)	0,000	0,002	0,418	0,000	24,233	0,129	0,073	3,313	0,000	1,836	0,000	30,003
	Plan d'eau (ha)	0,000	0,000	0,002	0,000	0,944	0,338	0,406	0,885	0,550	0,768	1,739	5,631
	Sol cultivé (ha)	13,775	0,052	20,066	0,004	0,000	0,378	319,237	28,486	1,268	21,999	1,580	406,844
	Sol nu (ha)	0,848	0,051	27,190	0,254	0,000	0,001	4,851	8,899	8,005	5,977	1,277	57,354
	Station d'épuration (ha)	0,000	0,000	0,189	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,698	0,106	0,163	1,156
	Végétation (ha)	1,313	0,833	3,267	0,947	4,318	1,030	3,238	5,222	1,365	77,359	0,566	99,458
2025	Zone inondable (ha)	0,000	0,000	0,462	0,000	0,000	0,395	0,324	0,628	0,000	0,290	13,345	15,444
	Somme (ha)	41,737	12,262	101,152	81,790	30,759	4,919	355,709	57,454	12,821	123,880	38,392	860,874

Conclusion and perspectives

Land use/land cover (LULC) changes in the Reghaïa Nature Reserve are closely linked to the decline of both the lake and surrounding water bodies, which directly influences bird populations by reducing and fragmenting their available habitats.

- Need to protect wetland habitats.
- Reduce human pressure on the lake.
- Restore lake and marsh areas Monitor LULC changes regularly.

References

Fettis, N. (2016). Inventaire et Ecologie de l'avifaune aquatique de la réserve naturelle du lac de Rhéghaïa. <https://dspace.ummto.dz/>
Oussama, G. (2013). Analyse des données environnementales dans la zone humide de Réghaïa (Qualité des eaux). <https://dspace.enssmal.edu.dz/handle/123456789/2186>

CIAMEL 2026



Abstract

This study presents a spatiotemporal analysis of the Réghaïa Nature Reserve between 2006 and 2025. The research was conducted by utilizing Google Earth Pro software and Geographical Information Systems (GIS) techniques to quantify the territorial changes of this Ramsar site under increasing anthropogenic pressure. The results reveal significant urban expansion at the expense of natural vegetation and agricultural land. This trend has led to landscape fragmentation and a noticeable reduction of protected areas within the reserve. The current state of the reserve calls for integrated management and strict enforcement of protection laws. Such measures are essential to curb urbanization and ensure the sustainability of this fragile coastal ecosystem.

Résumé

Cette étude présente une analyse de la dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol au sein de la Réserve Naturelle de Réghaïa entre 2006 et 2025. Le travail a été réalisé en s'appuyant sur le logiciel Google Earth Pro et les techniques des Systèmes d'Information Géographique (SIG) pour quantifier les mutations territoriales de ce site Ramsar. Les résultats mettent en évidence une expansion urbaine majeure au détriment des zones de végétation naturelle et des terres agricoles. Cette évolution a provoqué une fragmentation du paysage et une réduction sensible des espaces protégés au sein de la réserve. L'état actuel de la réserve nécessite une gestion intégrée et une application rigoureuse des lois de protection. Ces mesures sont indispensables pour freiner l'urbanisation et garantir la durabilité de cet écosystème côtier fragile.

ملخص

تقدم هذه الدراسة تحليلاً للديناميكيات المكانية والزمانية لاستخدام الأراضي داخل محمية رغايا الطبيعية بين عامي 2006 و2025. وقد أُجري العمل باستخدام برنامج جوجل إيرث برو وتقنيات نظم المعلومات الجغرافية المكانية في هذا الموقع المُدرج ضمن اتفاقية رامسار. تُبرز النتائج توسعاً حضرياً كبيراً على حساب الغطاء النباتي الطبيعي والأراضي الزراعية. وقد أدى هذا التطور إلى تجزئة المناظر الطبيعية وانخفاض كبير في المناطق المحمية داخل المحمية. يتطلب الوضع الحالي للمحمية إدارة متكاملة وإنفاذاً صارماً لقوانين الحماية. تُعد هذه التدابير ضرورية للحد من التوسع الحضري وضمان استدامة هذا النظام البيئي الساحلي الهش.