

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEURE ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
المدسة الوطنية العليا لعلوم 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 nature et de la vie
Filière : Géographie et aménagement du territoire
Spécialité : Gestion et protection littoral

Dynamique de l'occupation des sols du littoral Est-Algérie entre 2014 et 2024

Présentée par :

Nadjwa Arar

Hadjer-Dounia Mecili

Soutenue le : 22 / 06 / 2025

Devant le jury composé de :

M. Housseyn OTMANI	MCA	ENSSMAL	Président
M ^{me} . Româïssa HARID	MCB	ENSSMAL	Promotrice
M ^{me} . Mehdiâ KERAGHEL	MCA	ENSSMAL	Examinatrice

Année Universitaire 2024 - 2025

Remerciements

C'est avec une grande satisfaction et beaucoup d'émotion que nous arrivons à l'étape des remerciements, qui marque la fin de ce travail de mémoire. Ce projet a représenté pour nous un véritable défi, que nous avons su relever avec détermination et patience.

Avant toute chose, nous souhaitons nous adresser à nous-mêmes. Car au-delà de l'aide reçue, c'est aussi grâce à notre engagement, notre constance et notre volonté que ce mémoire a pu voir le jour. Nous sommes fiers du chemin parcouru.

Nous exprimons nos plus sincères remerciements à Madame **KERAGHEL M.** et Monsieur **OTMANI H.**, membres du jury, pour avoir accepté d'évaluer notre travail. Leurs remarques et suggestions ont été très enrichissantes et ont apporté une valeur ajoutée à notre réflexion.

Nous tenons à exprimer toute notre gratitude à Madame **HARID R.**, notre encadrante, pour son accompagnement attentif, ses conseils pertinents, sa disponibilité et son soutien constant tout au long de ce travail. Sa confiance et sa rigueur ont été essentielles à l'aboutissement de ce projet.

Une pensée toute particulière va à nos parents, pour leur présence constante, leur soutien discret mais précieux, et leurs encouragements sans faille. Leur confiance a toujours été pour nous une source de motivation.

Enfin, nos remerciements s'adressent au personnel de la bibliothèque, pour leur disponibilité et l'aide qu'ils nous ont apportée dans nos recherches.

À toutes celles et ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce mémoire, nous adressons notre plus profonde reconnaissance.

Dédicace

À mes parents,

Mes piliers, mes repères, mes premières sources d'amour et de sagesse.

Merci pour vos sacrifices, visibles et invisibles, pour vos prières silencieuses, votre patience inépuisable et votre confiance indéfectible en moi. Ce mémoire est le fruit de votre persévérance autant que de la mienne.

À ma mère,

Pour ton amour sans condition, ton soutien moral constant et ta présence rassurante dans les moments de doute. Tu as été ma lumière dans les périodes d'obscurité.

À mon père,

Pour ta force tranquille, ton sens du devoir et les valeurs que tu m'as transmises. Tu es un modèle d'intégrité et de résilience.

À mes sœurs, Houda , Lina et Joujou

Pour votre affection, vos mots d'encouragement et vos gestes de soutien, petits ou grands, qui m'ont porté jusqu'au bout de ce travail.

À ma promotion GPL,

Pour cette belle aventure partagée, pour la solidarité, les échanges d'idées, les moments de fatigue mais aussi de rire. Vous avez été une partie précieuse de ce parcours.

À mon chat « Perla »,

Compagnon silencieux mais fidèle, pour ta présence apaisante pendant les longues nuits d'écriture et de révision.

À ma chère binôme, Dounia

Chaque page de ce mémoire porte notre empreinte commune. Merci pour ta persévérance, ta rigueur et ta gentillesse. Ensemble, nous avons surmonté les obstacles et grandi. Ce travail est le symbole d'une belle collaboration et d'une amitié née dans l'effort, forgée dans la confiance.

À mes enseignants et encadrants,

Merci pour votre disponibilité, vos conseils éclairés et votre exigence académique, qui m'ont poussé à donner le meilleur de moi-même.

À tous ceux qui m'ont accompagné, soutenu, inspiré, Je vous adresse cette dédicace avec gratitude et respect.

Nadjwa

Dédicace

À mes chers parents

Papa, Maman... aucun mot ne saurait exprimer toute ma gratitude envers vous. Vous êtes mes piliers, mes repères et mes plus grandes sources d'inspiration.

Papa, ta sagesse, ta persévérance et ton amour constant m'ont toujours poussé à aller de l'avant.

Maman, ta tendresse infinie, ta bienveillance et ton soutien de chaque instant ont été ma lumière dans les moments d'incertitude.

Vos sacrifices silencieux, vos prières discrètes et votre foi inébranlable en moi m'ont portée bien au-delà de mes propres limites. Ce mémoire est aussi le vôtre.

À mes frères et sœur, Adem et Ritedj

Vous êtes les compagnons de mes joies comme de mes peines. Merci pour vos encouragements sincères, vos mots réconfortants et votre présence rassurante. Je suis fière de vous avoir à mes côtés.

À mes amies de toujours et pour toujours : Loubna et Imene

Depuis tant d'années, vous êtes là, constantes, fidèles, présentes dans chaque étape de ma vie. Votre amitié précieuse est un trésor que je chéris profondément. Merci d'avoir toujours su trouver les mots, les gestes, et surtout la présence qui font toute la différence. Vous êtes ma famille choisie.

À mes amies devenues mes sœurs au fil de ce parcours : Ilhem et Hiba

Nos chemins se sont croisés par hasard, mais le destin a su tisser entre nous des liens d'une rare sincérité. Merci pour votre écoute, vos rires, votre soutien indéfectible. Vous avez embelli ce chemin universitaire et laissé une empreinte indélébile dans mon cœur.

A ma chère binôme, Nadjwa

Complice de tous les instants, partenaire de chaque étape, amie précieuse. Nous avons traversé ensemble les tempêtes et savouré les petites victoires. Merci pour ta patience, ta force, ton engagement sans faille et ton amitié sincère. Ce mémoire est le fruit de notre travail commun, et je suis fière d'avoir partagé cette aventure avec toi.

À mes camarades de promotion

Loubna, Sarah, Islem, Aymen et à toute **la promo GPL**, notre si belle promotion

Ensemble, nous avons partagé les défis, les succès, les doutes et les éclats de rire. Merci pour cette solidarité précieuse et pour tous ces moments inoubliables qui ont rendu cette aventure plus riche et plus humaine.

À l'équipe du club ORCA

Merci pour ces instants d'échange, de créativité et d'amitié. Vous m'avez permis de vivre des moments uniques et enrichissants qui resteront gravés dans ma mémoire.

À mes cousines bien-aimées : Nanou, Mira, Asma et Loulou

Merci pour votre affection débordante, votre présence constante et votre énergie positive. Votre amour m'a portée dans les moments les plus exigeants de ce parcours.

Et pour finir... à *mon petit compagnon à quatre pattes, mon chat Pitchou*

Ton affection silencieuse, ta présence réconfortante et tes câlins imprévus ont rendu ce long processus de rédaction bien plus doux. Merci pour ta compagnie fidèle.

Dounia

Liste des figures

Figure 1 : Bandes délimitées par la loi 02_02 du 05/02/2002 (Malika, 2011).....	18
Figure 2 : Carte du type de côte (Harid , 2022).....	22
Figure 3 : Distribution géographique des ressources hydriques et des écosystèmes protégés sur le littoral Est algérien(<i>Convention sur les zones humides</i> , 2025).	23
Figure 4 : Carte de la zone d'étude (les wilayas du littoral Est Algérien). Cette figure est générée en utilisant le logiciel ArcGIS (version 10.04.1 (2016-05-31), https://www.arcgis.com	25
Figure 6 : Organigramme de la méthodologie	32
Figure 7 : Les étapes de téléchargement des images satellitaires Sentinel-2	33
Figure 8 : Composite colorée à partir des bandes spectrales.....	34
Figure 9 : Mosaïque des images satellitaires.....	35
Figure 10 : Extraction des wilayas de la région Est	36
Figure 11 : Création d'une zone buffer autour du littoral	37
Figure 12 : Création d'une zone buffer autour du littoral _ Suite _	38
Figure 13 : Extraction de la zone d'intérêt.....	39
Figure 14 : Délimitation des ROI pour la classification supervisée.....	40
Figure 15 : Les étapes de la classification supervisée.....	41
Figure 16 : Les étapes de la classification supervisée _ suite _	42
Figure 17 : Réalisation d'une carte thématique.....	43
Figure 18 : Calcul des superficies par classe (ex. Boumerdas).....	43
Figure 19 : Les étapes de la dynamique	44
Figure 20 : Les étapes de matrice de confusion de la classification supervisée	46
Figure 21 : Les étapes de matrice de confusion de la classification supervisée _suite_	47
Figure 22 : Cartes d'occupation du sol du littoral de Boumerdas. De haut en bas sont respectivement des petites zones représentatives des découpes littorales de 100m, 300m, 800m et 1000m. À gauche sont les cartes réalisées par les données satellitaires de 2014. À droite sont les cartes réalisées par les données satellitaires de 2024. Le tableau qui est à la droite de chaque carte représente le pourcentage de chaque unité par rapport à la superficie totale de la découpe considérée. Cette figure est générée en utilisant le logiciel ArcGIS (version 10.04.1 (2016-05-31), https://www.arcgis.com/).....	53
Figure 23 : Cartes d'occupation du sol du littoral de Tizi-Ouzou. De haut en bas sont respectivement des petites zones représentatives des découpes littorales de 100m, 300m, 800m et 1000m. À gauche sont les cartes réalisées par les données satellitaires de 2014. À droite sont les cartes réalisées par les données satellitaires de 2024. Le tableau qui est à la droite de chaque carte représente le pourcentage de chaque unité par rapport à la superficie totale de la découpe	

considérée. Cette figure est générée en utilisant le logiciel ArcGIS (version 10.04.1 (2016-05-31), <https://www.arcgis.com/>) 54

Figure 24 : Cartes d'occupation du sol du littoral de Béjaïa. De haut en bas sont respectivement des petites zones représentatives des découpes littorales de 100m, 300m, 800m et 1000m. À gauche sont les cartes réalisées par les données satellitaires de 2014. À droite sont les cartes réalisées par les données satellitaires de 2024. Le tableau qui est à la droite de chaque carte représente le pourcentage de chaque unité par rapport à la superficie totale de la découpe considérée. Cette figure est générée en utilisant le logiciel ArcGIS (version 10.04.1 (2016-05-31), <https://www.arcgis.com/>) 55

Figure 25 : Cartes d'occupation du sol du littoral de Jijel. De haut en bas sont respectivement des petites zones représentatives des découpes littorales de 100m, 300m, 800m et 1000m. À gauche sont les cartes réalisées par les données satellitaires de 2014. À droite sont les cartes réalisées par les données satellitaires de 2024. Le tableau qui est à la droite de chaque carte représente le pourcentage de chaque unité par rapport à la superficie totale de la découpe considérée. Cette figure est générée en utilisant le logiciel ArcGIS (version 10.04.1 (2016-05-31), <https://www.arcgis.com/>) 56

Figure 26 : Cartes d'occupation du sol du littoral de Skikda. De haut en bas sont respectivement des petites zones représentatives des découpes littorales de 100m, 300m, 800m et 1000m. À gauche sont les cartes réalisées par les données satellitaires de 2014. À droite sont les cartes réalisées par les données satellitaires de 2024. Le tableau qui est à la droite de chaque carte représente le pourcentage de chaque unité par rapport à la superficie totale de la découpe considérée. Cette figure est générée en utilisant le logiciel ArcGIS (version 10.04.1 (2016-05-31), <https://www.arcgis.com/>) 57

Figure 27 : Cartes d'occupation du sol du littoral de Annaba. De haut en bas sont respectivement des petites zones représentatives des découpes littorales de 100m, 300m, 800m et 1000m. À gauche sont les cartes réalisées par les données satellitaires de 2014. À droite sont les cartes réalisées par les données satellitaires de 2024. Le tableau qui est à la droite de chaque carte représente le pourcentage de chaque unité par rapport à la superficie totale de la découpe considérée. Cette figure est générée en utilisant le logiciel ArcGIS (version 10.04.1 (2016-05-31), <https://www.arcgis.com/>) 58

Figure 28 : Cartes d'occupation du sol du littoral d'El-Taref. De haut en bas sont respectivement des petites zones représentatives des découpes littorales de 100m, 300m, 800m et 1000m. À gauche sont les cartes réalisées par les données satellitaires de 2014. À droite sont les cartes réalisées par les données satellitaires de 2024. Le tableau qui est à la droite de chaque carte représente le pourcentage de chaque unité par rapport à la superficie totale de la découpe considérée. Cette figure est générée en utilisant le logiciel ArcGIS (version 10.04.1 (2016-05-31), <https://www.arcgis.com/>) 59

Liste des tableaux

Tableau 1 : Paramètres géospatiaux et caractéristiques morpho-littorales des wilayas de la zone UTM 31N.....	27
Tableau 2 : Paramètres géospatiaux et caractéristiques morpho-littorales des wilayas de la zone UTM 32N	28
Tableau 3 : Coefficient de Kappa sur la bande littoral de 1000m de littoral Est algérien	49
Tableau 4 : Dynamique de l'occupation du sol à Boumerdas entre 2014 et 2024 (en ha)	60
Tableau 5 : Dynamique de l'occupation du sol à Tizi -Ouzou entre 2014 et 2024 (en ha)	61
Tableau 6 : Dynamique de l'occupation du sol à Béjaïa entre 2014 et 2024 (en ha)	61
Tableau 7 : Dynamique de l'occupation du sol à Jijel entre 2014 et 2024 (en ha).....	62
Tableau 8 : Dynamique de l'occupation du sol à Skikda entre 2014 et 2024 (en ha).....	63
Tableau 9 : Dynamique de l'occupation du sol à Annaba entre 2014 et 2024 (en ha)	63
Tableau 10 : Dynamique de l'occupation du sol à El-Taref entre 2014 et 2024 (en ha)	64

Liste des abréviations

AMP : Air marine protégée

R O I: Region of interest

ONG : Organisation Non Gouvernementale

IGN : Institut National de l'Information Géographique et Forestière

ONS : Office National des Statistiques

Sommaire

Remerciements	ii
Dédicace	iii
Liste des figures	vii
Liste des tableaux	ix
Liste des abréviations	x
Sommaire	xi
1. Introduction	14
2. Généralités.....	17
2.1 Occupation du sol	17
2.2 La loi 02-02	17
2.2.1 Objectif de la loi	17
2.2.2 Mise en œuvre et défis	19
2.3. L’usage des SIG dans l’analyse et la gestion du littoral algérien	19
2.3.1. Applications concrètes des SIG	20
2.3.2. Limites et perspectives	20
3. Zone d’étude.....	22
3.1 Définition du littoral Est Algérien	22
3.2 Approche multidisciplinaire du littoral algérien	22
3.3 Caractéristiques des wilayas	27
4. Matériels et méthodes.....	30
4.1 Matériels	30
4.1.1 Données satellitaires	30
4.1.2 Outils et logiciels	30
4.2 Méthodes	31
4.2.1 Collecte des images satellitaires	33
4.2.2 Prétraitement	34

4.2.3	Découpage de la zone d'étude.....	35
4.2.4	Classification supervisée	40
4.2.5	Analyse cartographique et synthèse spatio-temporelle.....	43
4.2.6	Validation	45
5.	Résultats et discussion.....	49
5.1	Validation des données de la classification.....	49
5.2	Occupation du sol du littoral Est Algérien	50
5.3	Dynamique du littoral Est Algérien	60
5.4	La gestion des espaces littoraux en Algérie	64
6.	Conclusion.....	68
	Références bibliographiques	70
	Les Annexes	73

Introduction

1. Introduction

Le littoral algérien, l'un des plus étendus de la Méditerranée occidentale, constitue une interface stratégique entre dynamiques maritimes et continentales. Il concentre des écosystèmes riches mais fragiles, tout en supportant une forte pression humaine. L'urbanisation accélérée, l'essor du tourisme, l'industrialisation non régulée et les effets du changement climatique compromettent l'équilibre écologique de cette bande côtière. Ces transformations se traduisent par l'artificialisation des sols, la perte de biodiversité et la perturbation des dynamiques littorales (Boukhiar et al., 2018; Zitouni & Taleb, 2015). Face à ces enjeux, une analyse approfondie des changements spatiaux apparaît indispensable pour orienter l'aménagement durable du territoire côtier.

Dans ce cadre, la façade orientale du littoral algérien allant de Boumerdas à El-Tarf constitue un espace stratégique à forts enjeux écologiques et territoriaux. Traversant sept wilayas, cette bande côtière se distingue par une diversité de milieux naturels (zones humides, forêts, espaces agricoles et urbains) mais subit une pression croissante liée à l'urbanisation et à l'artificialisation des sols. Pourtant, peu de travaux scientifiques ont abordé cette portion du littoral dans sa globalité. Les études existantes restent souvent limitées à des zones ponctuelles, comme Annaba (Djakjak et al., 2022), Béjaïa (Boukhiar et al., 2018) ou encore Skikda, à travers l'analyse du complexe humide de Guerbès-Senhadja (Toubal et al., 2014). Ces contributions apportent des éclairages intéressants sur les transformations locales, mais elles ne permettent pas d'appréhender les dynamiques territoriales à l'échelle de l'ensemble du littoral Est. Ce manque d'approches intégrées, mobilisant des outils tels que la télédétection et les systèmes d'information géographique (SIG), laisse apparaître un creux scientifique important quant à l'évolution spatio-temporelle de cette façade littorale.

Dans ce contexte, notre travail s'inscrit dans une volonté de mieux comprendre la dynamique d'occupation du sol sur l'ensemble du littoral d'Est-Algérie, entre 2014 et 2024, en utilisant des outils de télédétection et des SIG. Il s'agit d'un effort complémentaire à celui réalisé parallèlement par un autre binôme de recherche (Rania Far et Farah Djemaci) sur la façade Ouest algérienne, afin d'offrir une couverture quasi complète du littoral national. En croisant ces analyses, nous contribuons à la constitution d'une base de données utile pour les décideurs, les aménageurs et les chercheurs intéressés par la gestion intégrée des zones côtières en Algérie.

Cette étude est structurée en quatre chapitres comme suit :

- Le 1er chapitre introduit des connaissances de base portant sur la dynamique de l'occupation des sols, la télédétection, les SIG, ainsi que le cadre juridique encadré par la loi 02-02 sur la protection du littoral.
- Le 2ème chapitre présente la zone d'étude.
- Le 3ème chapitre expose la méthodologie employée, reposant sur l'utilisation d'images Sentinel-2, une classification supervisée sous ArcGIS, et l'analyse des changements d'occupation des sols.
- Le 4ème chapitre présente les résultats obtenus et leur discussion.
- Enfin, le travail est clôturé par une conclusion générale.

Généralités

2. Généralités

2.1 Occupation du sol

L'occupation des sols désigne la couverture physique d'un territoire par divers éléments biophysiques, regroupés en zones plus ou moins homogènes telles que forêts, zones urbaines, zones humides, terres agricoles, infrastructures, etc. Cette classification repose sur l'observation de la surface terrestre à travers plusieurs sources complémentaires : relevés de terrain, photographies aériennes, images satellites et données Lidar (François, 2023).

2.2 La loi 02-02

La loi 02-02, adoptée le 5 février 2002, vise à protéger et à valoriser le littoral algérien. Elle établit des règles pour la gestion de l'occupation du sol, dans le but de préserver les espaces côtiers tout en régulant les constructions et les activités économiques dans ces zones (Loi n° 02-02 du 5 février 2002 relative à la protection et à la valorisation du littoral, 2002).

2.2.1 Objectif de la loi

- Protection de l'environnement côtier : Cette loi a pour but de sauvegarder les écosystèmes marins et côtiers, en interdisant certaines constructions et en encadrant l'utilisation des sols.
- Valorisation des ressources littorales : Elle promeut un développement durable des activités économiques tout en veillant à la préservation des ressources naturelles.
- Aménagement du territoire : La loi impose des normes pour l'urbanisation, notamment en identifiant des zones sensibles et en interdisant l'expansion des agglomérations côtières.

Cette loi délimite trois bandes dans le littoral tel que défini à l'article (07), dans lesquelles sont édictées des restrictions relatives à l'urbanisation (Figure 1).

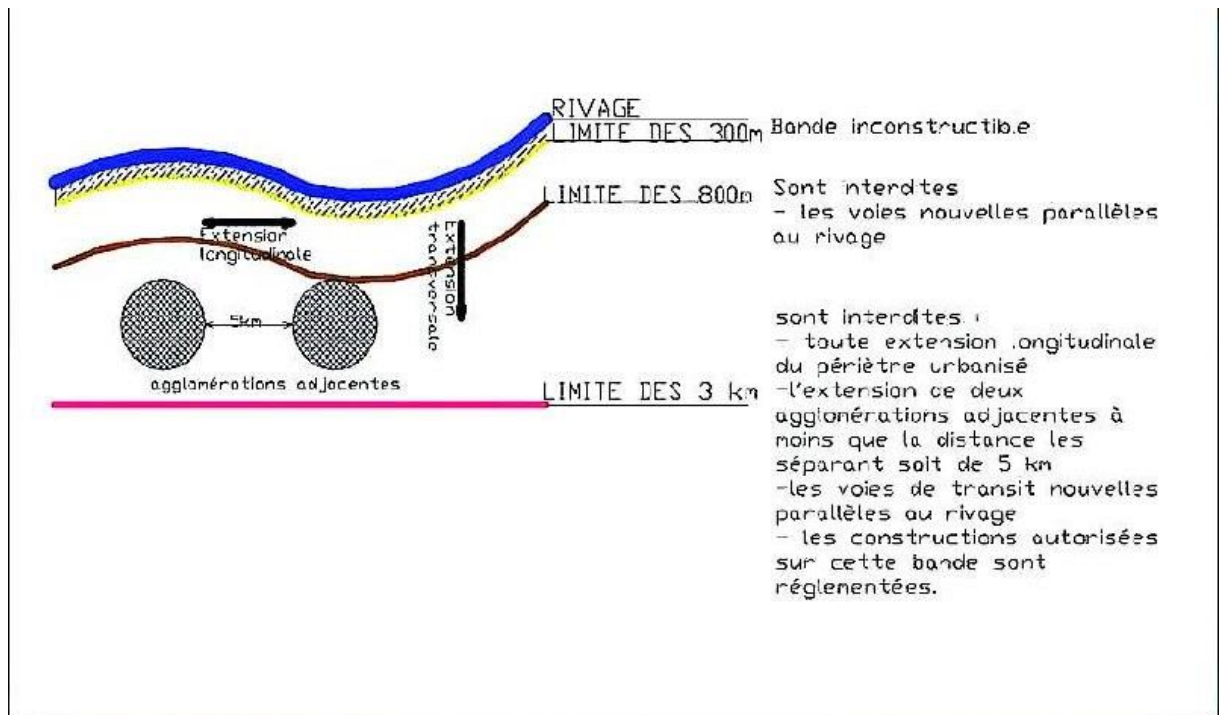


Figure 1 : Bandes délimitées par la loi 02_02 du 05/02/2002 (Malika, 2011)

Bande 1 : Zone inconstructible (0 – 300 m à partir du rivage)

Cette bande littorale, d'une largeur maximale de 300 mètres depuis la ligne de rivage, est classée inconstructible en raison de la vulnérabilité environnementale du milieu côtier. Elle intègre le rivage naturel, dans lequel la circulation et le stationnement de véhicules sont strictement interdits. Seuls les véhicules de service, de sécurité, de secours, ainsi que ceux destinés à l'entretien et au nettoyage des plages, y sont exceptionnellement autorisés.

Bande 2 : Zone de restriction des infrastructures routières (300 – 800 m du rivage)

Dans cette bande d'une largeur de 800 mètres, la création de nouvelles voies carrossables parallèles au rivage est proscrite, conformément à l'alinéa 1 de l'article 16. Toutefois, cette interdiction peut faire l'objet de dérogations motivées par des contraintes topographiques, une configuration particulière du site, ou des impératifs liés à des activités nécessitant une implantation immédiate en bord de mer.

Bande 3 : Zone de régulation de l'urbanisation (jusqu'à 3 km du rivage)

Au sein de cette bande, d'une profondeur de 3 kilomètres à partir du rivage, plusieurs restrictions s'appliquent afin de maîtriser l'expansion urbaine :

-Il est interdit de procéder à toute extension longitudinale du périmètre urbanisé existant ;

-Le rapprochement entre deux agglomérations littorales est proscrit si la distance les séparant - est inférieure à cinq kilomètres ;

-La réalisation de voies de transit nouvelles parallèles au rivage y est également interdite(Malika, 2011).

2.2.2 Mise en œuvre et défis

Malgré la clarté et la rigueur des dispositions juridiques, l'application effective de la loi 02-02 demeure entravée par plusieurs obstacles structurels. D'une part, la mise en œuvre souffre d'un déficit de coordination interinstitutionnelle : les compétences en matière de gestion du littoral sont souvent dispersées entre plusieurs organismes administratifs, sans mécanisme de concertation efficace (Ghodbani & Bougherira, 2019). Cette fragmentation ralentit l'exécution des plans d'aménagement et complique le contrôle du respect des zones protégées.

D'autre part, l'urbanisation incontrôlée continue de menacer les équilibres littoraux. En dépit des restrictions fixées par les trois bandes de protection, les constructions illicites et les projets d'extension urbaine se multiplient dans les communes côtières, sous l'effet conjugué de la pression foncière et d'un encadrement insuffisant du développement local (Zitouni & Taleb, 2015).

Par ailleurs, la sensibilisation des populations riveraines et l'implication des collectivités locales restent limitées. Or, la réussite d'un dispositif de protection littorale repose en grande partie sur l'adhésion des acteurs locaux, qui doivent être à la fois informés, formés et impliqués dans les décisions. Il est donc essentiel de renforcer la gouvernance participative et de développer des outils de communication ciblés pour encourager l'appropriation de la loi par les citoyens.

2.3. L'usage des SIG dans l'analyse et la gestion du littoral algérien

Les systèmes d'information géographique (SIG) sont des outils d'analyse spatiale puissants, permettant de croiser des données géoréférencées pour produire des diagnostics territoriaux précis. Sur le littoral algérien, ils sont de plus en plus utilisés pour comprendre les dynamiques environnementales, planifier les aménagements et évaluer les impacts des politiques publiques.

2.3.1. Applications concrètes des SIG

- Suivi de l'urbanisation littorale : Les SIG permettent d'analyser l'évolution des surfaces urbanisées à travers des séries d'images satellites, mettant en évidence les tendances de l'étalement urbain. Ils servent à détecter les zones d'extension urbaine non réglementée, contribuant ainsi au contrôle du territoire.
- Cartographie des écosystèmes côtiers sensibles : L'intégration de données environnementales dans des plateformes SIG permet d'identifier les habitats côtiers vulnérables, comme les zones humides ou les systèmes dunaires. Cela facilite la protection des milieux naturels fragiles contre la dégradation anthropique.
- Évaluation des risques naturels et climatiques : À travers l'exploitation de modèles numériques de terrain, des données climatiques et marégraphiques, les SIG permettent d'anticiper les phénomènes d'érosion côtière, d'inondation marine et de submersion. Ces analyses sont essentielles pour la prévention des risques.
- Appui à l'aménagement du territoire : Les SIG, en intégrant des paramètres environnementaux, juridiques et socio-économiques, permettent de proposer des scénarios d'aménagement durable en zone côtière, en cohérence avec les exigences de la loi 02-02.

2.3.2. Limites et perspectives

Malgré leur utilité croissante, les SIG restent sous-exploités dans la gestion littorale algérienne. Les principaux freins identifiés concernent l'accès restreint aux données actualisées, le déficit de ressources humaines qualifiées et l'insuffisance de coordination entre institutions. Pour optimiser leur usage, il apparaît nécessaire de renforcer la formation des acteurs locaux, de créer des observatoires littoraux et de promouvoir les partenariats entre universités, collectivités et administrations (Boukhiar et al., 2018; Toubal et al., 2014).

Zone d'étude

3. Zone d'étude

3.1 Définition du littoral Est Algérien

Le littoral Est de l'Algérie s'étend sur plus de 600 km, de la wilaya de Boumerdas à El-Taref, englobant sept wilayas côtières : Boumerdas, Tizi-Ouzou, Béjaïa, Jijel, Skikda, Annaba et El-Taref. Il se situe entre 36°30'N et 37°10'N de latitude, et 4°00'E à 8°30'E de longitude.

3.2 Approche multidisciplinaire du littoral algérien

➤ Géomorphologie

Le littoral algérien présente une géomorphologie variée, comprenant des falaises rocheuses, des plages de sable et des régions marécageuses. Les falaises, généralement faites de roches ignées et métamorphiques résistantes, sont traversées par des Oueds, alors que les plages de sable sont principalement nourries par les dépôts de ces oueds. Cette diversité géomorphologique rend la région particulièrement vulnérable à l'érosion côtière, exacerbée par les activités humaines et les changements climatiques.

Et voici une carte (Figure 2) qui définit les 2 types de côtes présentés dans le littoral algérien : En bleu = roche, En jaune = sable.

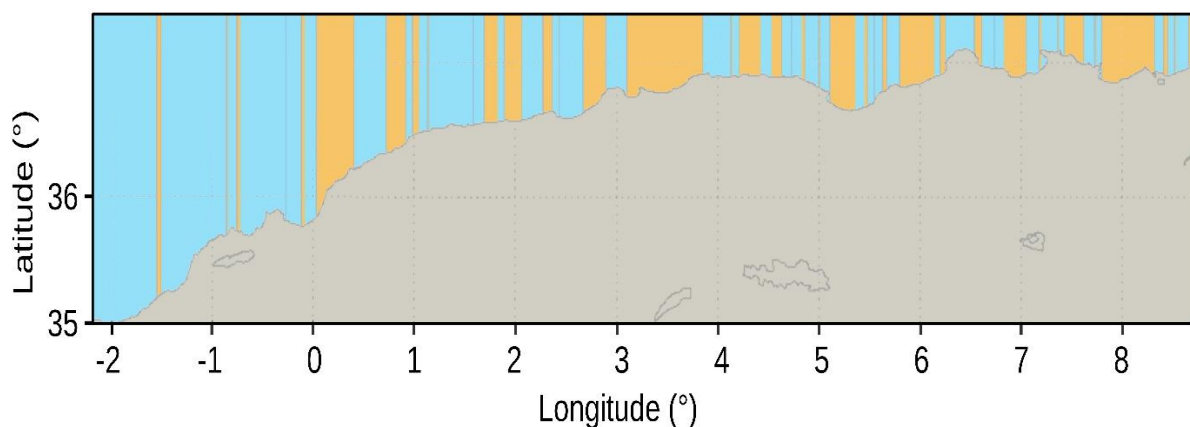


Figure 2 : Carte du type de côte (Harid , 2022)

➤ Réseau hydrographique

Le littoral Est algérien est parcouru par plusieurs oueds majeurs, tels que l'Oued Seybouse, l'Oued El-Kebir ou encore l'Oued Bouhamdane, ainsi que par une multitude de petits cours d'eau saisonniers. Ces systèmes hydrographiques alimentent divers lacs côtiers et zones humides d'un intérêt écologique notable, à l'image des plans d'eaux de Guerbes-Sanhadja ou du lac Fetzara. Ils jouent un rôle essentiel dans la recharge des nappes phréatiques, l'irrigation des terres agricoles et la préservation de la biodiversité locale.

Néanmoins, ces milieux sont de plus en plus soumis à des pressions anthropiques liées à l'urbanisation croissante, aux rejets industriels et domestiques, à la déforestation et à l'intensification de l'agriculture. Ces facteurs compromettent progressivement l'équilibre écologique de ces écosystèmes littoraux sensibles.

La carte suivante présente la localisation des principaux éléments hydrographiques situés dans et aux abords du littoral Est algérien, incluant les oueds, les zones humides, les barrages ainsi que les aires marines protégées (AMP). Ces informations proviennent majoritairement du site Ramsar, reconnu pour sa base de données sur les zones humides d'importance internationale.



Figure 3 : Distribution géographique des ressources hydriques et des écosystèmes protégés sur le littoral Est algérien (Convention sur les zones humides, 2025).

➤ **Urbanisation**

L'Est du littoral algérien concentre une part significative de la population du pays dans une bande côtière particulièrement exposée aux dynamiques d'urbanisation. Ces agglomérations, parmi les plus peuplées du nord-est algérien, connaissent une croissance rapide souvent mal maîtrisée, ce qui intensifie la pression sur les milieux naturels sensibles — notamment les zones humides, les forêts littorales et les plages.

Selon les données du dernier recensement (Office National des Statistiques, 2022), près de 45 % de la population algérienne réside dans les wilayas côtières, bien que celles-ci ne représentent qu'environ 4 % du territoire national. Dans la seule partie orientale du littoral, on recense environ 11 millions d'habitants, soit près de la moitié de la population totale des zones côtières. La croissance démographique y a été particulièrement marquée : entre 2008 et 2022, certaines wilayas comme Boumerdas, Béjaïa ou Annaba ont enregistré une augmentation de leur population de 20 à 28 %, traduisant une urbanisation accélérée liée à l'attractivité du littoral.

Cette forte concentration démographique se traduit par une extension désordonnée des zones bâties, des conflits d'usage du sol, et une artificialisation progressive du littoral, compromettant l'équilibre écologique de ces espaces. C'est dans ce contexte que s'inscrit la présente étude, centrée sur cet arc côtier stratégique. La carte suivante présente la répartition spatiale des wilayas concernées, mettant en évidence les zones les plus affectées par les pressions anthropiques.

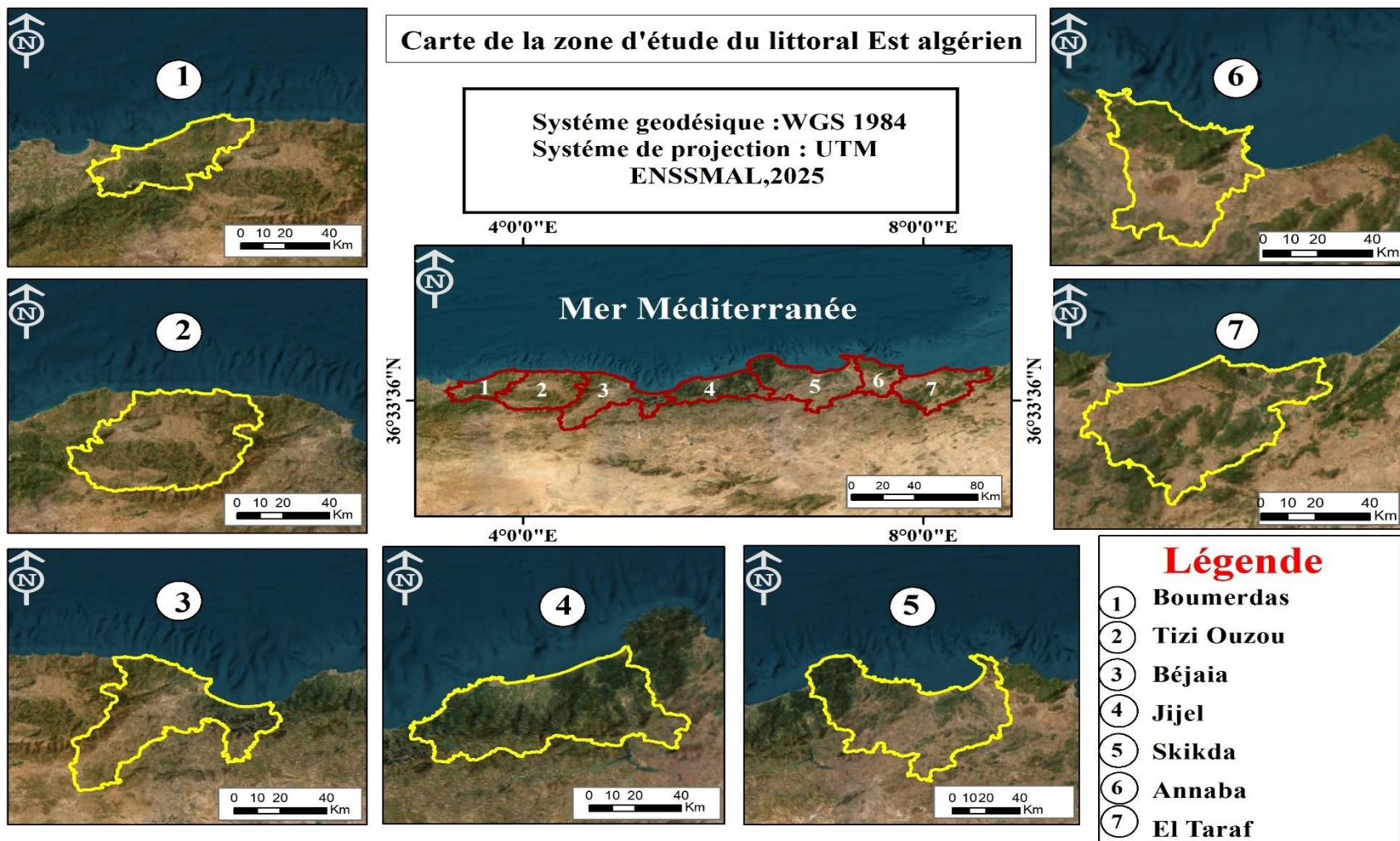


Figure 4 : Carte de la zone d'étude (les wilayas du littoral Est Algérien). Cette figure est générée en utilisant le logiciel ArcGIS (version 10.04.1 (2016-05-31), <https://www.arcgis.com>)

3.3 Caractéristiques des wilayas

Tableau 1 : Paramètres géospatiaux et caractéristiques morpho-littorales des wilayas de la zone UTM 31N

Wilaya	Boumerdas	Tizi-Ouzou	Béjaïa	Jijel
Localisation géographique (avec coordonnées)	À l'est d'Alger entre ● 36° 32' 53" N 3° 13' 35" E et 36° 55' 23" N 4° 2' 23" E	Nord Kabylie, accès via Tizirt entre ● 36° 27' 8" N 3° 42' 59" E et 36° 54' 38" N 4° 39' 14" E	Centre-est, entre Jijel et Tizi Ouzou entre ● 36° 13' 3" N 4° 21' 5" E et 36° 53' 46" N 5° 29' 2" E	Entre Bejaïa et Skikda entre ● 36° 31' 7" N 5° 25' 31" E et 36° 56' 21" N 6° 30' 41" E
Superficie des zones littorales (km²)	Total : ~ 1 456,16 (1000m) : 70.23 (800m) : 56.16 (300m) : 21.38 (100m) : 7.30	Total : ~ 2957,93 (1000m) : 57.36 (800m) : 45.91 (300m) : 17.4 (100m) : 5.9	Total : ~ 3 223,5 (1000m) : 97.38 (800m) : 78.38 (300m) : 30.55 (100m) : 10.65	Total : ~ 2 398 (1000m) : 96.21 (800m) : 77.56 (300m) : 31.02 (100m) : 11.37
Zones humides / AMP	Zones humides à Réghaïa (en limite)	Peu de zone humides, proximité avec Soummam .	Vallée de la Soummam, embouchure de l'Oued Agrioun, non classées.	Marais côtiers et zones humides non classées.
Embouchures / Barrages	Oued Isser, Oued Boudouaou, Barrage keddara, Barrage de Thénia	Oued Sebaou , Barrage Taksebt	Oued Soummam, Oued Agrioun, Barrage Tichy haf	Oued Djen Djen , Oued El Kebir, Barrage de Tabellout,
Climat	Méditerranéen doux	Méditerranéen frais, montagneux	Méditerranéen tempéré	Méditerranéen, pluvieux
Relief	Plaines et collines, zone tellienne	Relief montagneux (Djurdjura)	Massif montagneux (Kabylie), littoral étroit	Relief accidenté, massif de Babors
Type de côte	Sableuse	Rocheuse	Rocheuse	Rocheuse

Tableau 2 : Paramètres géospatiaux et caractéristiques morpho-littorales des wilayas de la zone UTM 32N

Wilaya	Skikda	Annaba	El-Taref
Localisation géographique (avec coordonnées)	Nord-est, entre Jijel et Annaba entre ● 36° 25' 9" N 6° 14' 32" E et 37° 5' 23" N 7° 24' 22" E	Nord-est, frontalier avec la Tunisie entre ● 36° 36' 9" N 7° 16' 59" E et 37° 5' 11" N 7° 49' 57" E	Extrême nord-est, frontalier Tunisie — entre ● 36° 23' 27" N 7° 40' 0" E et 36° 57' 7" N 8° 41' 5" E
Superficie (km²)	Total : ~ 4 118 (1000m) : 161 (800m) :130.6 (300m) :53.35 (100m) :19.65	Total : ~ 1 439 (1000m) : 76.95 (800m) : 63.30 (300m) : 26.97 (100m) :9.97	Total : 2912,65 (1000m) : 87.35 (800m) : 70.21 (300m) : 27.25 (100m) : 9.59
Zones humides/AMP	Marais de Guerbes_ Sanhadja	Lac Fetzara, marais de Seybouse	Lac Tonga, Lac Oubeïra (Réserve El Kala),Lac El Mellah
Embouchures / Barrage	Oued Saf-Saf, Oued El Kebir, Barrage Zerdaza	Oued Seybouse Barrage Bouhamdane	Oued Bounamoussa Barrage Bougous Barrage de Mexa
Climat	Méditerranéen humide	Méditerranéen humide	Méditerranéen très humide
Relief	Montagnes ,plaines et piémonts	Plaines côtières, la chaîne de montagne de l'Edough à l'ouest	Zones humides, montagnes basses
Type de côte	Rocheuse	Rocheuse	Rocheuse sableuse

Matériels et méthodes

4. Matériels et méthodes

4.1 Matériels

Cette partie présente les différents matériaux nécessaires à la réalisation de l'étude, notamment les données spatiales, les outils de traitement et les logiciels utilisés.

4.1.1 Données satellitaires

4.1.1.1 Source des données

Les images satellitaires ont été téléchargées à partir du portail du programme Copernicus, plus précisément issues de la mission Sentinel-2 (annexe 2), qui fournit gratuitement des données multispectrales à haute résolution. La période étudiée s'étend de 2014 à 2024, permettant ainsi une analyse diachronique de l'évolution de l'occupation du sol sur dix ans.

4.1.1.2 Caractéristiques techniques

Les données disposent d'une résolution spatiale de 10 mètres, convenant à l'analyse des dynamiques d'occupation du sol. Les bandes spectrales du visible (bleu, vert, rouge), également appelées bandes RGB, ont été exploitées pour la création de compositions colorées et la classification. Ces bandes permettent de restituer une image proche de la perception humaine, facilitant ainsi l'identification visuelle des différentes classes d'occupation des sols (annexe 3).

4.1.2 Outils et logiciels

4.1.2.1 Système d'information géographique (SIG)

Le logiciel ArcGIS a été utilisé pour le prétraitement des images, la délimitation de la zone d'étude, la classification supervisée et la cartographie des résultats.

4.1.2.2 Validation de la classification

La vérification des résultats a été réalisée à l'aide de Google Earth Pro, combinée à une matrice de confusion intégrant l'exactitude globale et le coefficient Kappa.

4.1.2.3 Analyse statistique

L'outil Microsoft Excel a permis de traiter les superficies par classe, d'analyser les évolutions temporelles et de produire des graphiques explicatifs.

4.2 Méthodes

Dans cette section, nous présentons la démarche méthodologique adoptée pour l'analyse de la dynamique d'occupation du sol. Elle comprend les étapes de classification, de la dynamique et de validation des résultats.

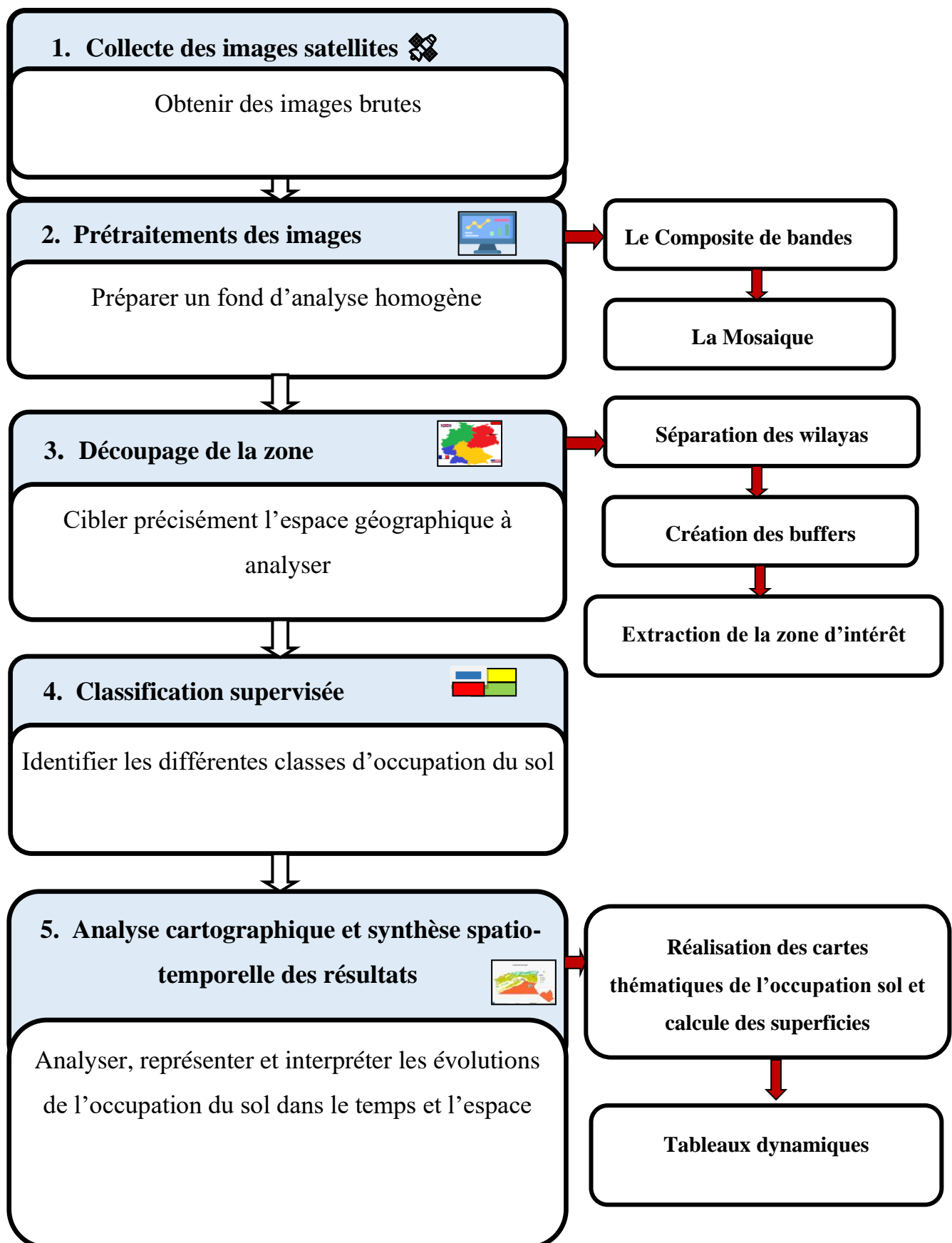


Figure 5 : Organigramme de la méthodologie

4.2.1 Collecte des images satellitaires

Dans un premier temps, il a été nécessaire de télécharger les images satellitaires correspondant aux mois de juillet 2014 et 2024 (annexe 4), afin d'obtenir des données fiables, récentes et comparables couvrant l'ensemble du littoral Est algérien. Ces images constituent la base de l'analyse diachronique de l'occupation des sols. Le choix de la période estivale n'est pas anodin : il permet d'assurer une couverture sans nuages, fréquents durant d'autres saisons, et de bénéficier d'une meilleure visibilité des formations végétales, souvent pleinement développées en été. Ce choix facilite ainsi l'interprétation des classes d'occupation du sol, en particulier pour la distinction des espaces naturels, agricoles et urbanisés.

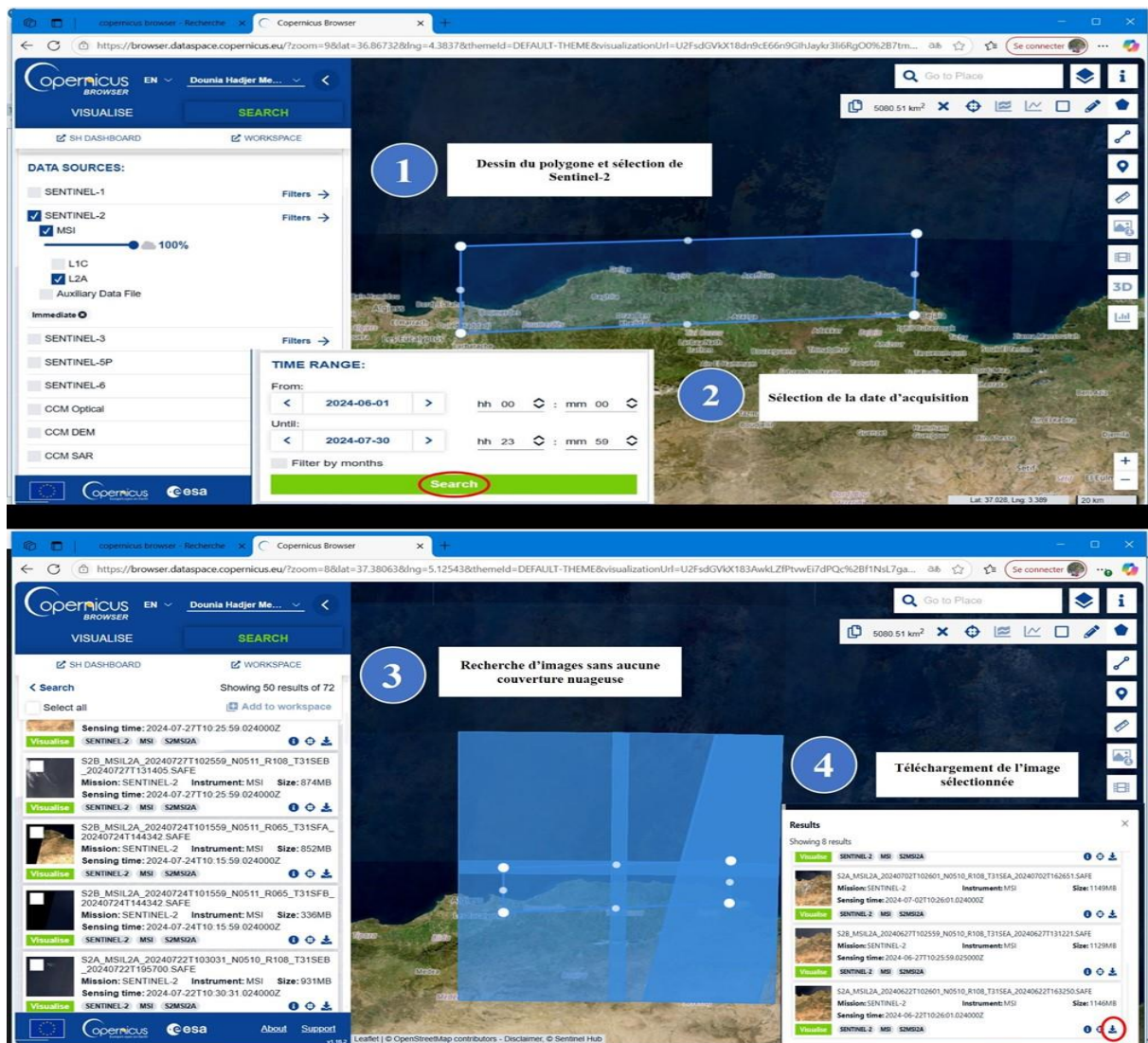


Figure 6 : Les étapes de téléchargement des images satellitaires Sentinel-2

4.2.2 Prétraitement

L'étape consiste à effectuer le prétraitement des images afin d'améliorer leur lisibilité et la qualité visuelle des images en combinant les bandes spectrales adéquates et en créant des mosaïques continues pour couvrir l'ensemble de la zone d'étude (Lamani & Mouissi, 2016).

4.2.2.1 La composition des bandes

Pour cette étape, nous avons utilisé trois bandes de l'image Sentinel-2 (Rouge, Vert, Bleu – B4, B3, B2) pour créer une composition colorée (RGB). Cette combinaison, avec une résolution spatiale de 10 mètres, offre une image proche de la réalité, facilitant l'identification visuelle des principales classes d'occupation du sol.

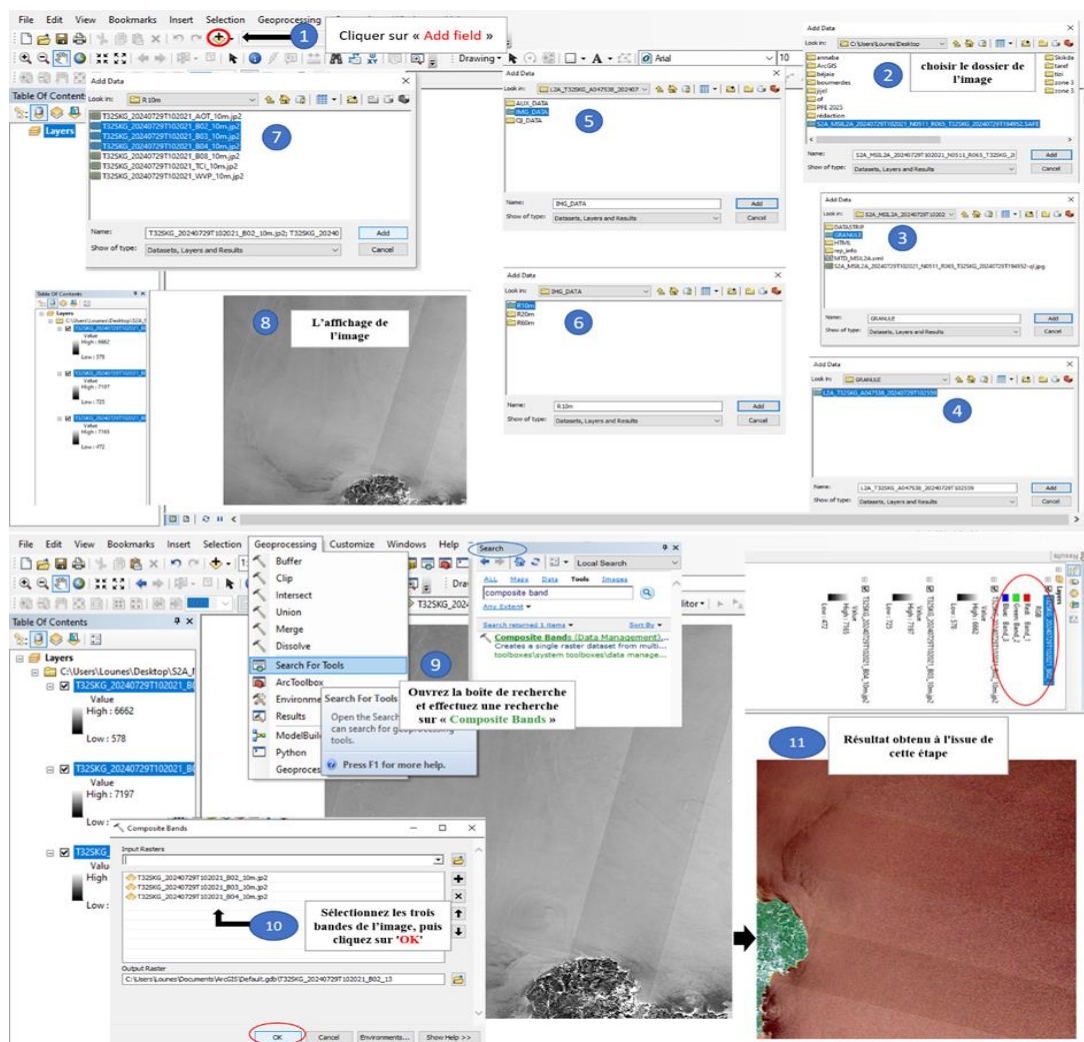


Figure 7 : Composite colorée à partir des bandes spectrales

4.2.2.2 La mosaïque

L'association de divers images pris par satellite a rendu possible la réalisation d'une mosaïque englobant toute la zone d'étude. Cette démarche est essentielle quand la surface à examiner excède le champ d'une seule image, et elle assure une continuité géographique tout en préservant une résolution cohérente.

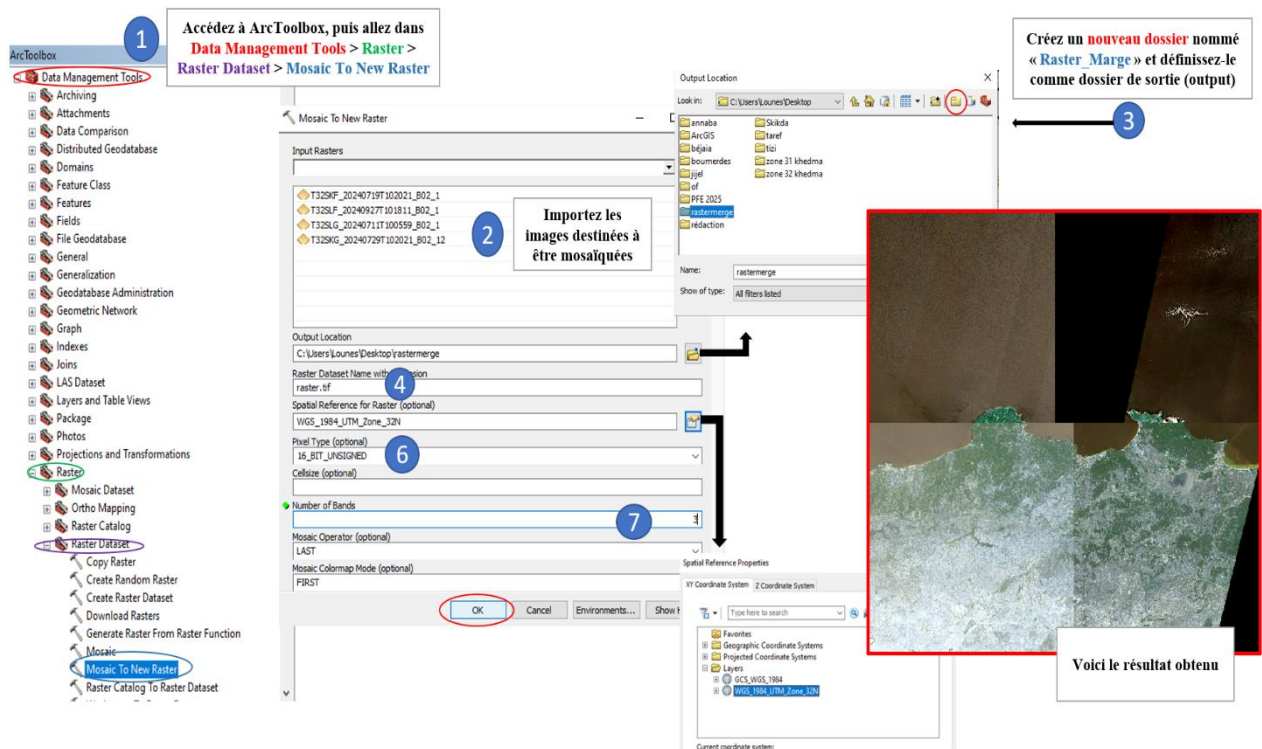


Figure 8 : Mosaïque des images satellitaires

4.2.3 Découpage de la zone d'étude

Pour permettre une analyse plus précise par wilaya, il a été procédé à un découpage de la zone d'étude selon les limites administratives et à l'aide de buffers autour de trait de côte.

4.2.3.1 Séparation des wilayas

Faciliter une étude distincte par wilaya pour un suivi plus précis des dynamiques locales de l'utilisation du sol le long de la côte.

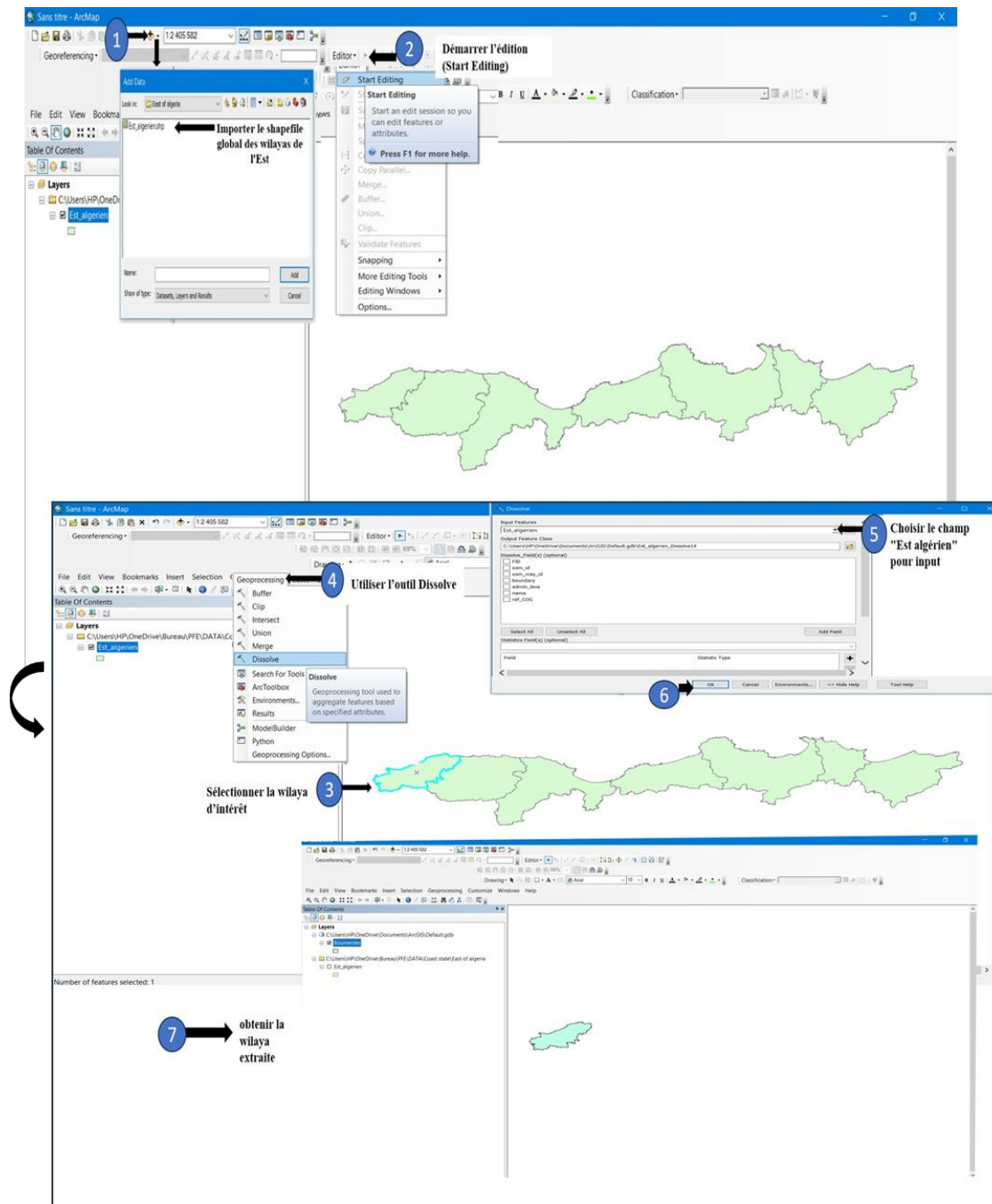


Figure 9 : Extraction des wilayas de la région Est

4.2.3.2 Création des buffers

Pour délimiter la zone d'étude, des buffers ont été mis en place autour de la ligne côtière afin de mettre l'accent sur les espaces littoraux directement touchés par les tendances d'utilisation du sol. Cette initiative est fondée sur les recommandations de la loi n° 02-02 du 5 février 2002, qui régle l'aménagement et la sauvegarde du littoral algérien. Ainsi, grâce à un SIG, des buffers de divers intervalles (100 m, 300 m, 800 m et 1000 m) ont été créés afin de concentrer l'analyse

sur les bandes côtières les plus sensibles aux impacts anthropiques et environnementaux. Bien que la loi définisse une zone littorale pouvant s'étendre jusqu'à 3000 mètres, le choix d'une bande maximale de 1000 mètres a été motivé par la volonté de cibler les zones les plus directement exposées aux pressions humaines, notamment l'urbanisation, tout en conservant une échelle d'analyse fine et pertinente pour l'observation des dynamiques spatiales..

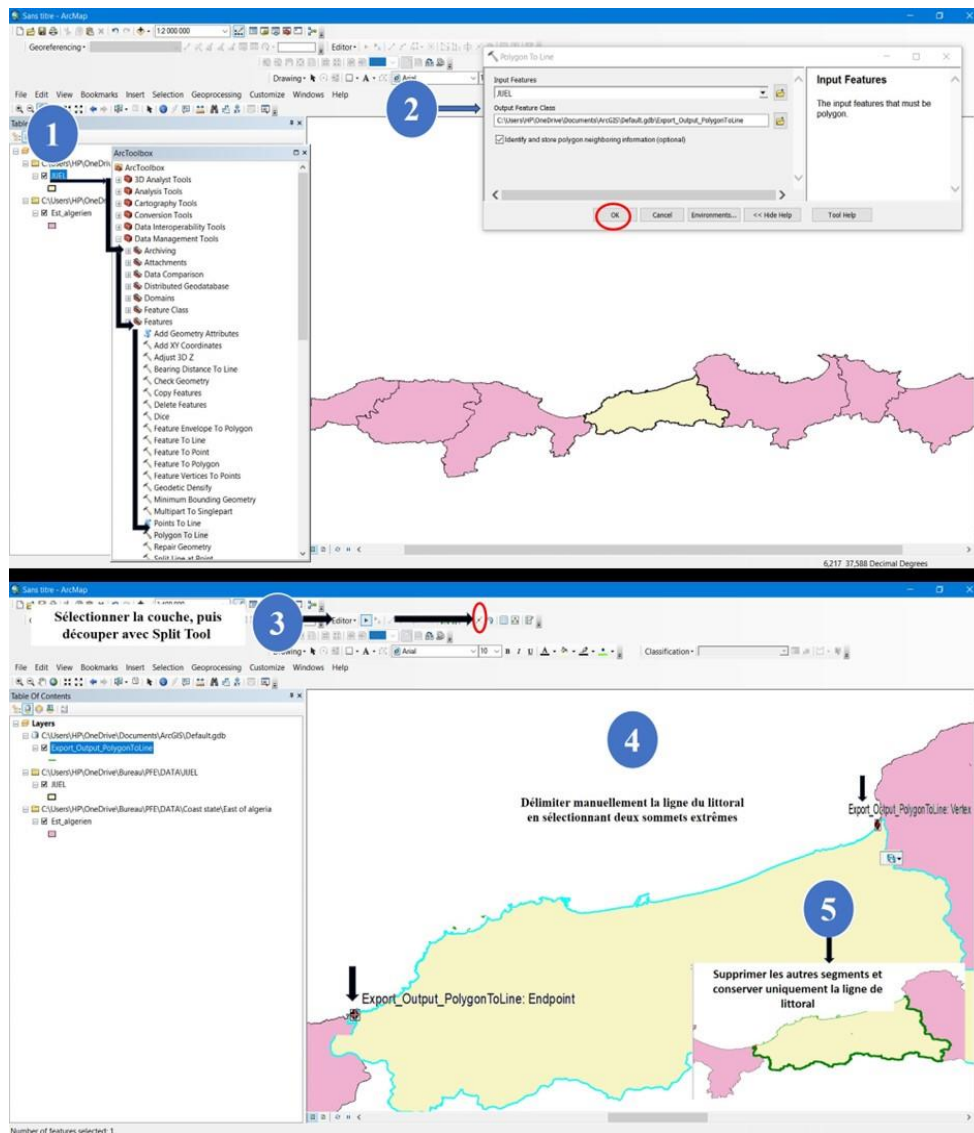


Figure 10 : Création d'une zone buffer autour du littoral

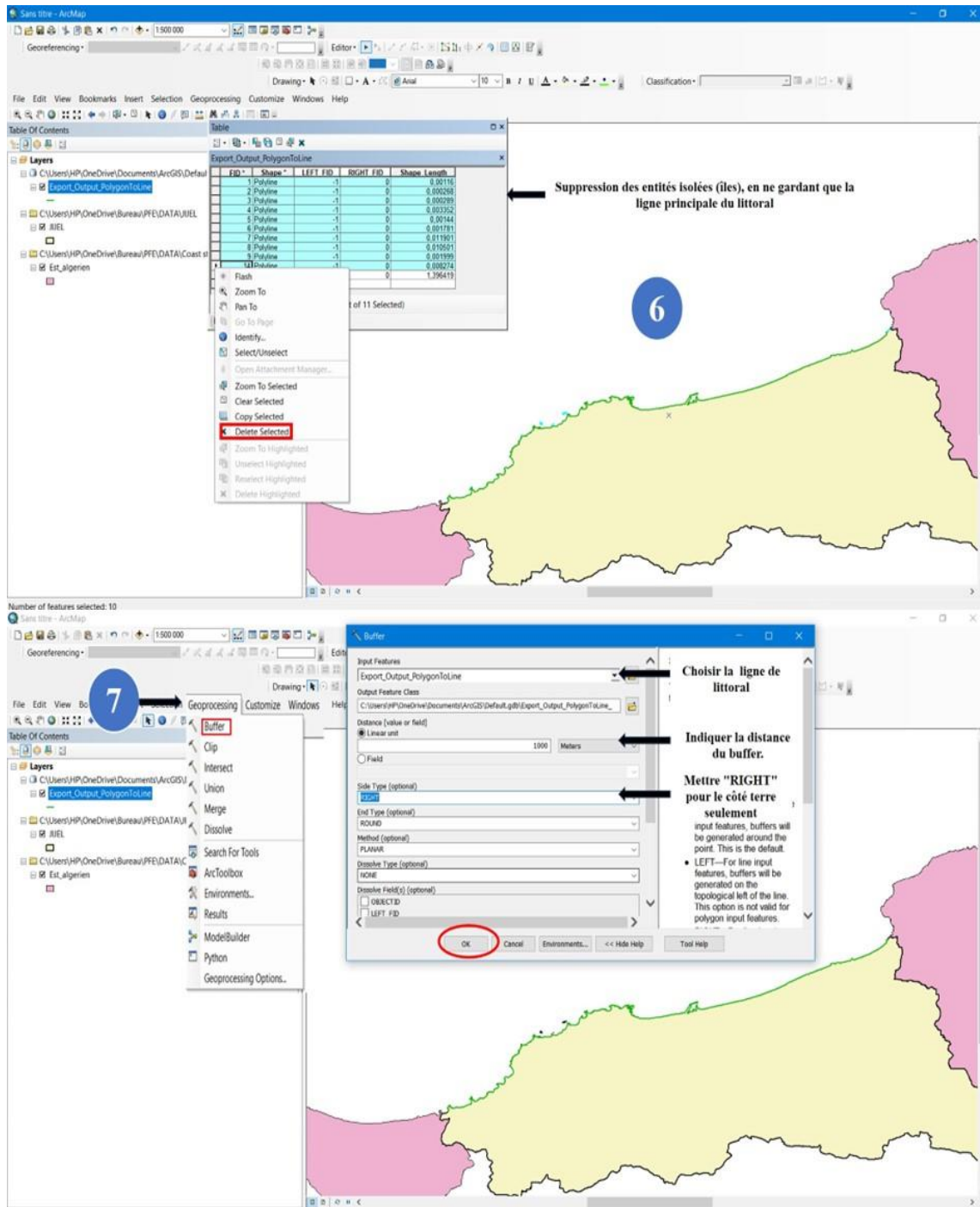


Figure 11 : Création d'une zone buffer autour du littoral _ Suite _

4.2.3.3 Extraction de la zone d'intérêt

L'extraction de la zone d'intérêt est un passage crucial pour se concentrer uniquement sur la partie du territoire liée à l'étude. En se basant sur l'ensemble d'images satellites et les buffers créés autour du littoral, une découpe spatiale a été réalisée grâce à un logiciel SIG, ArcGIS 10.4 dans notre cas, en recourant à l'outil Clip. Cette action vise à isoler uniquement les données directement liées à la zone visée, pour une étude plus détaillée et pertinente des tendances d'occupation du sol.

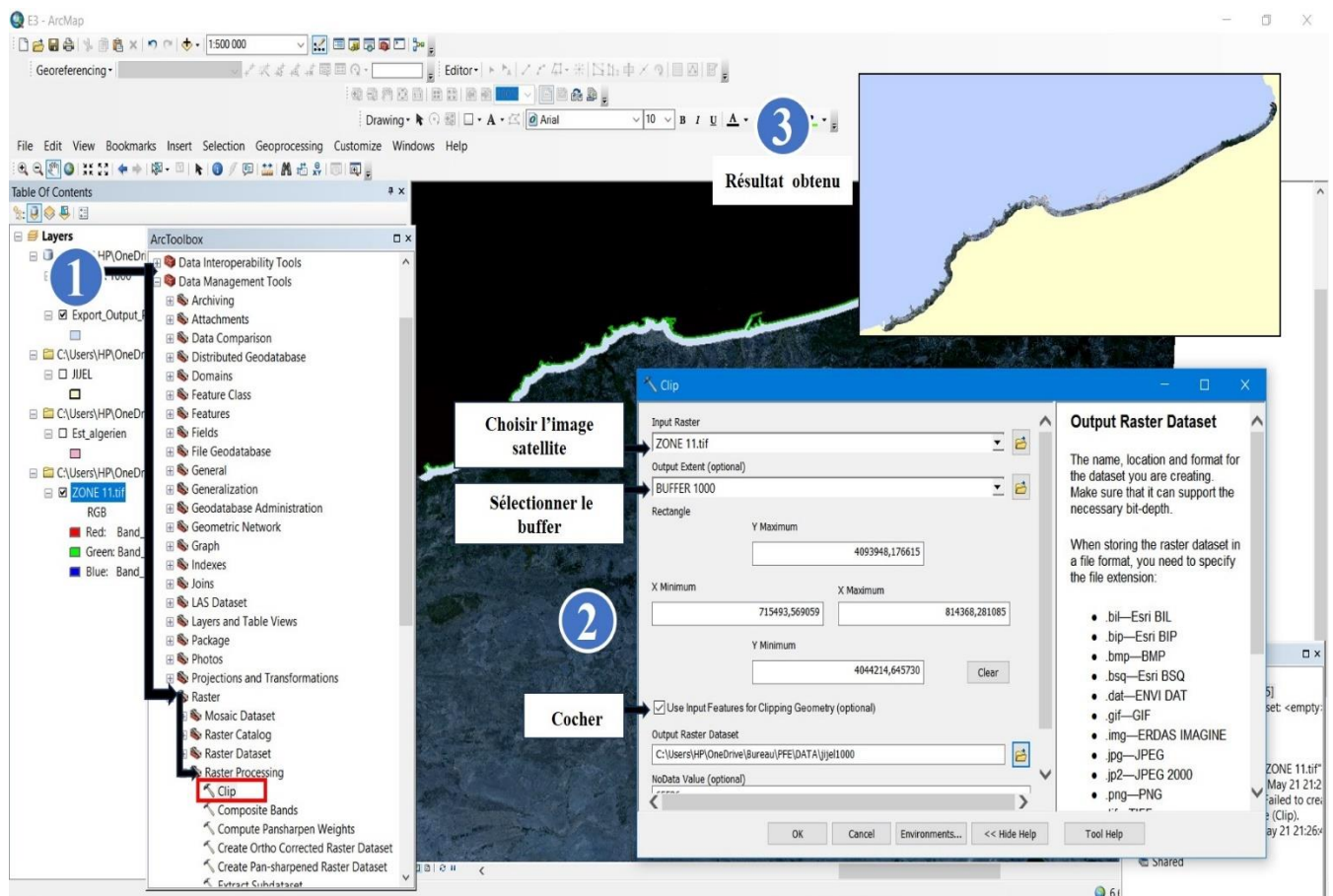


Figure 12 : Extraction de la zone d'intérêt

4.2.4 Classification supervisée

Par la suite, une classification supervisée a été réalisée dans le but de distinguer les différentes classes d'occupation du sol à partir des images satellitaires, en s'appuyant sur des zones d'apprentissage sélectionnées manuellement.

Cette étape a permis d'identifier six classes : bâti et infrastructures, végétation, sable, roche, eaux, et sol cultivé et/ou nu.

Pour effectuer cette classification, l'algorithme du Maximum likelihood classification a été utilisé, car il permet une répartition des pixels en fonction de leur probabilité d'appartenance aux différentes classes.

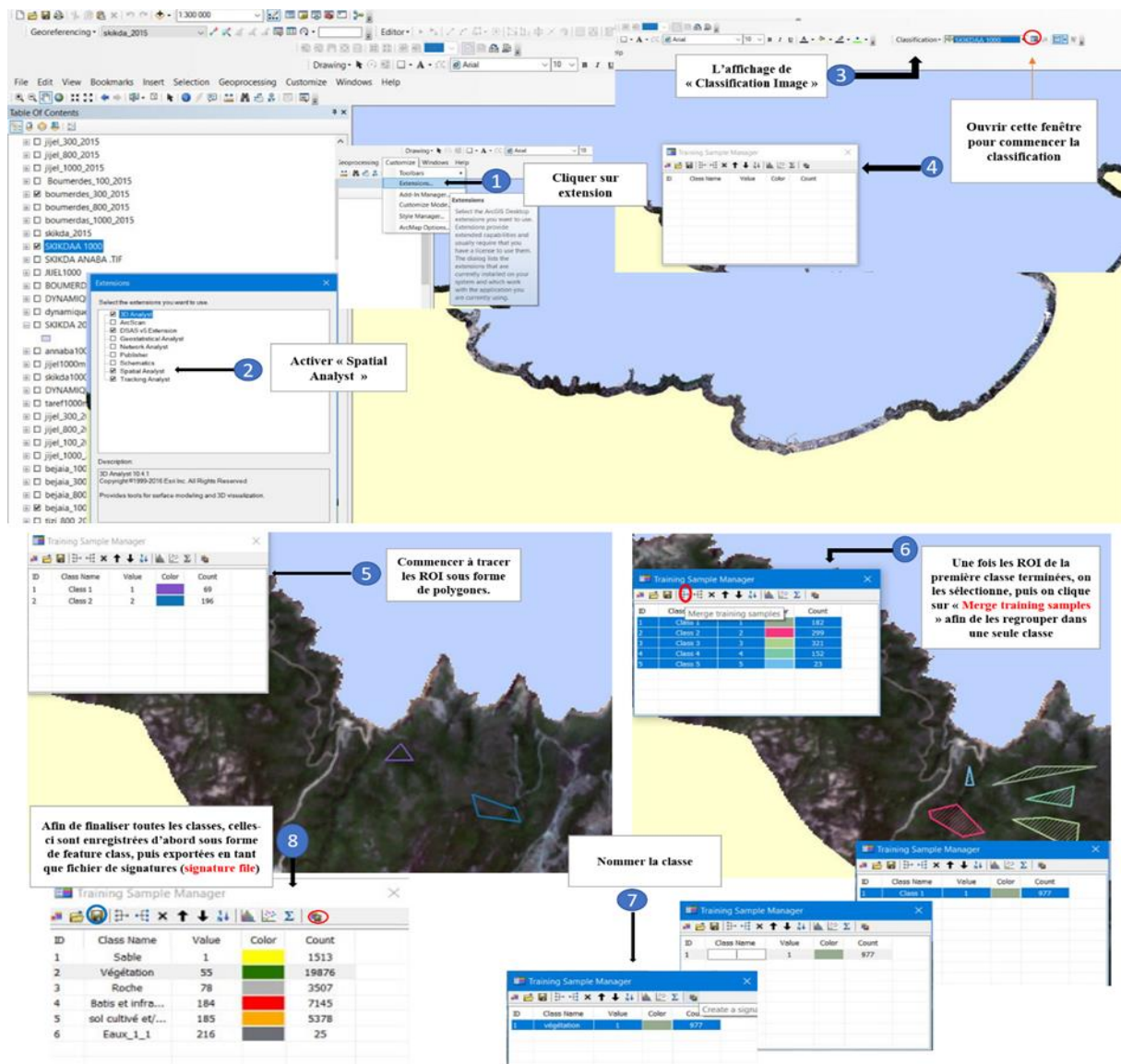


Figure 13 : Délimitation des ROI pour la classification supervisée

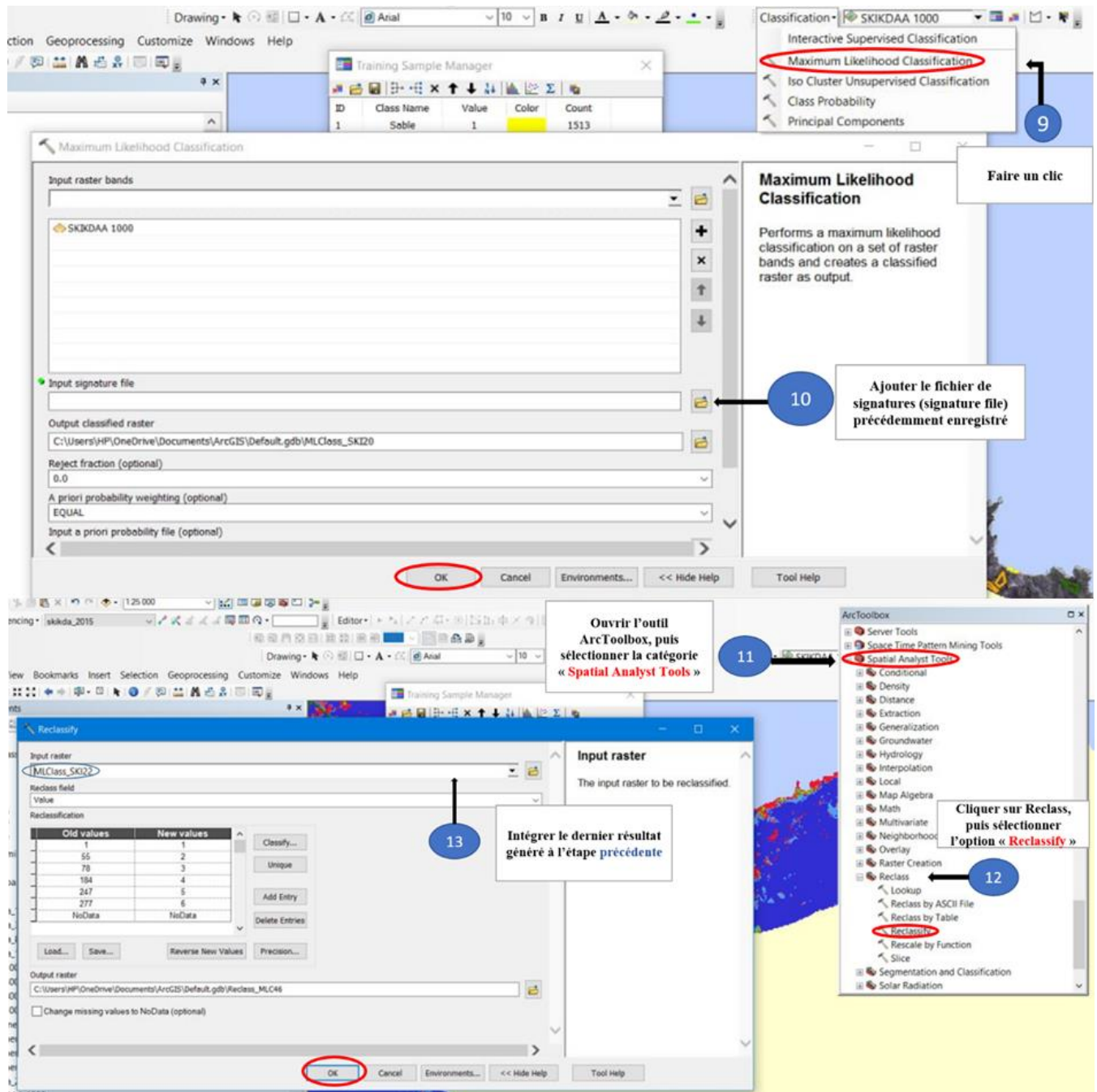


Figure 14 : Les étapes de la classification supervisée

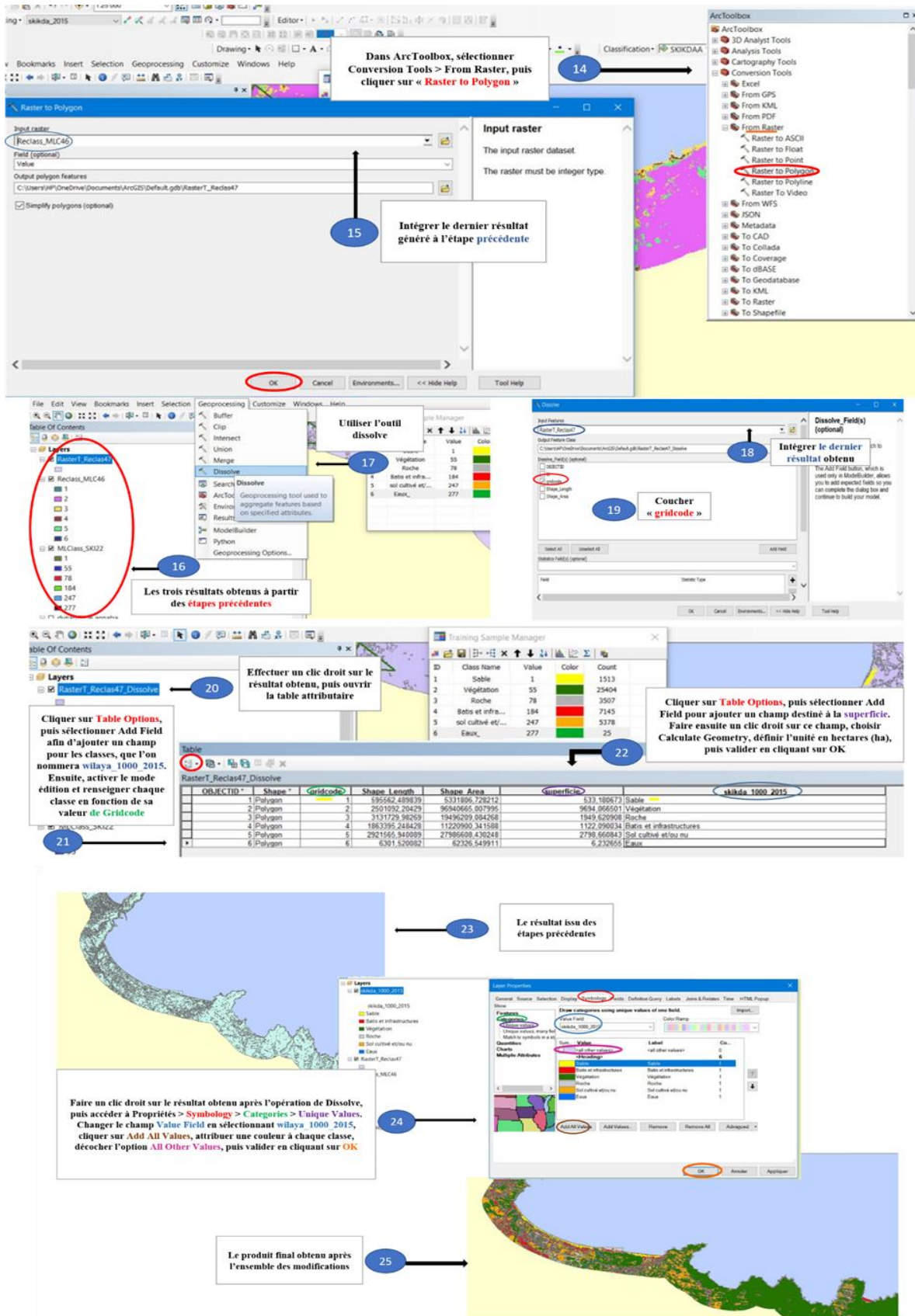


Figure 15 : Les étapes de la classification supervisée _ suite _

4.2.5 Analyse cartographique et synthèse spatio-temporelle

4.2.5.1 Réalisation des cartes thématiques et calcul des superficies

Les cartes thématiques correspondantes ont été produites afin de représenter spatialement les résultats obtenus, facilitant leur interprétation visuelle et leur comparaison.

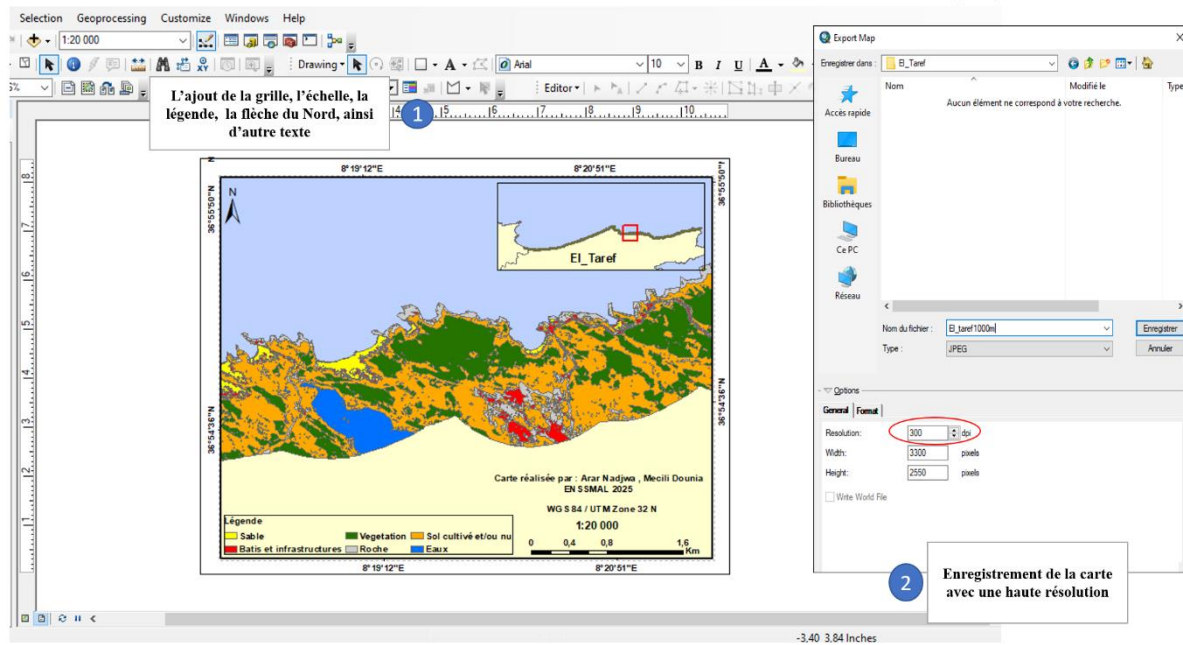


Figure 16 : Réalisation d’une carte thématique

Un calcul des superficies a été réalisé pour chaque classe dans les quatre bandes de chaque wilaya, dans le but d’évaluer leur répartition spatiale et de préparer l’analyse dynamique.

Wilaya	Bande (m)	Classe	Superficie (ha)	Pourcentage (%)
Boumerdes	100	Sable	251,578758	34,52%
Boumerdes	100	Bâti et infrastructures	116,209881	15,95%
Boumerdes	100	Végétation	27,349681	3,75%
Boumerdes	100	Roche	72,592121	9,96%
Boumerdes	100	Sol cultivé et/ou nu	260,833548	35,79%
Boumerdes	100	Eaux	0,155762	0,02%
Boumerdes	100	TOTAL	728,719751	100,00%
Boumerdes	300	Sable	420,805746	19,81%
Boumerdes	300	Bâti et infrastructures	294,880575	13,88%
Boumerdes	300	Végétation	168,891736	7,95%
Boumerdes	300	Roche	125,039189	5,89%
Boumerdes	300	Sol cultivé et/ou nu	1109,844311	52,25%
Boumerdes	300	Eaux	4,522947	0,21%
Boumerdes	300	TOTAL	2123,984504	100,00%
Boumerdes	800	Sable	657,534648	11,92%
Boumerdes	800	Bâti et infrastructures	629,819587	11,42%
Boumerdes	800	Végétation	694,447479	12,59%
Boumerdes	800	Roche	251,291731	4,56%
Boumerdes	800	Sol cultivé et/ou nu	3268,581473	59,26%
Boumerdes	800	Eaux	14,10764	0,26%
Boumerdes	800	TOTAL	5515,782558	100,00%
Boumerdes	1000	Sable	721,887104	10,51%
Boumerdes	1000	Bâti et infrastructures	747,722047	10,89%
Boumerdes	1000	Végétation	921,605875	13,42%
Boumerdes	1000	Roche	305,167514	4,44%
Boumerdes	1000	Sol cultivé et/ou nu	4152,727181	60,47%
Boumerdes	1000	Eaux	138,055793	0,20%
Boumerdes	1000	TOTAL	6867,165514	100,00%

Figure 17 : Calcul des superficies par classe (ex. Boumerdas)

4.2.5.2 La dynamique

Une analyse spatio-temporelle a ensuite permis de mesurer les changements entre 2014 et 2024, dans le but de mettre en évidence les dynamiques d'occupation du sol le long du littoral.

1 Cliquez sur « Add Field », puis importez le fichier issu de l'opération Dissolve correspondant à la wilaya pour l'autre année

2 Dans l'outil Geoprocessing, sélectionnez l'option « Intersect »

3 Dans la boîte "Input Features", ajoutez les deux entités issues de l'opération Dissolve appliquée à la wilaya pour les années 2015 et 2024 et puis cliquez sur 'OK'

4 Faites un clic droit sur le résultat de l'étape précédente « wilaya_Intersect », puis ouvrez sa table attributaire

5 Sélectionnez la colonne correspondant à la superficie (choisissez en une), faites un clic droit, puis choisissez l'option « Calculate Geometry ». Modifiez ensuite l'unité de mesure en hectares (ha)

6 Sélectionnez l'ensemble de la table, puis copiez les données

7 Ouvrez Excel, puis collez les données copiées précédemment

8 Cliquez sur « INSERT », puis sélectionnez « Pivot Table » (Assurez-vous que tout le tableau est bien sélectionné) > OK

9 Dans le panneau « PivotTable Fields », placez le champ wilaya 2015 dans la zone « Colonnes », le champ wilaya 2024 dans la zone « Rows », et ajoutez le champ de la superficie (dont l'unité a été convertie en hectares) dans la zone « Values »

10 Le résultat final du tableau de la dynamique de la wilaya

Figure 18 : Les étapes de la dynamique

4.2.6 Validation

Enfin, une étape de validation a été effectuée afin d'évaluer la fiabilité de la classification supervisée en comparant les classes obtenues à la réalité observée, ce qui a permis de mesurer la précision globale et de calculer l'indice Kappa, reflétant la qualité de l'accord entre les deux.

L'évaluation de la précision des classifications supervisées repose sur le coefficient de Kappa (κ), un indicateur statistique essentiel en analyse spatiale. Il mesure le degré d'accord entre une classification automatique et des données de référence indépendantes, tout en corrigeant les accords dus au hasard (Congalton, 1991). En télédétection, il est largement utilisé pour valider les résultats des classifications d'occupation des sols (annexe 1).

La formule du coefficient de Kappa est la suivante :

$$K = \frac{P_0 - P_e}{1 - P_e}$$

Où :

- P_0 : est la proportion d'accord observé.
- P_e : est la proportion d'accord attendu par hasard.

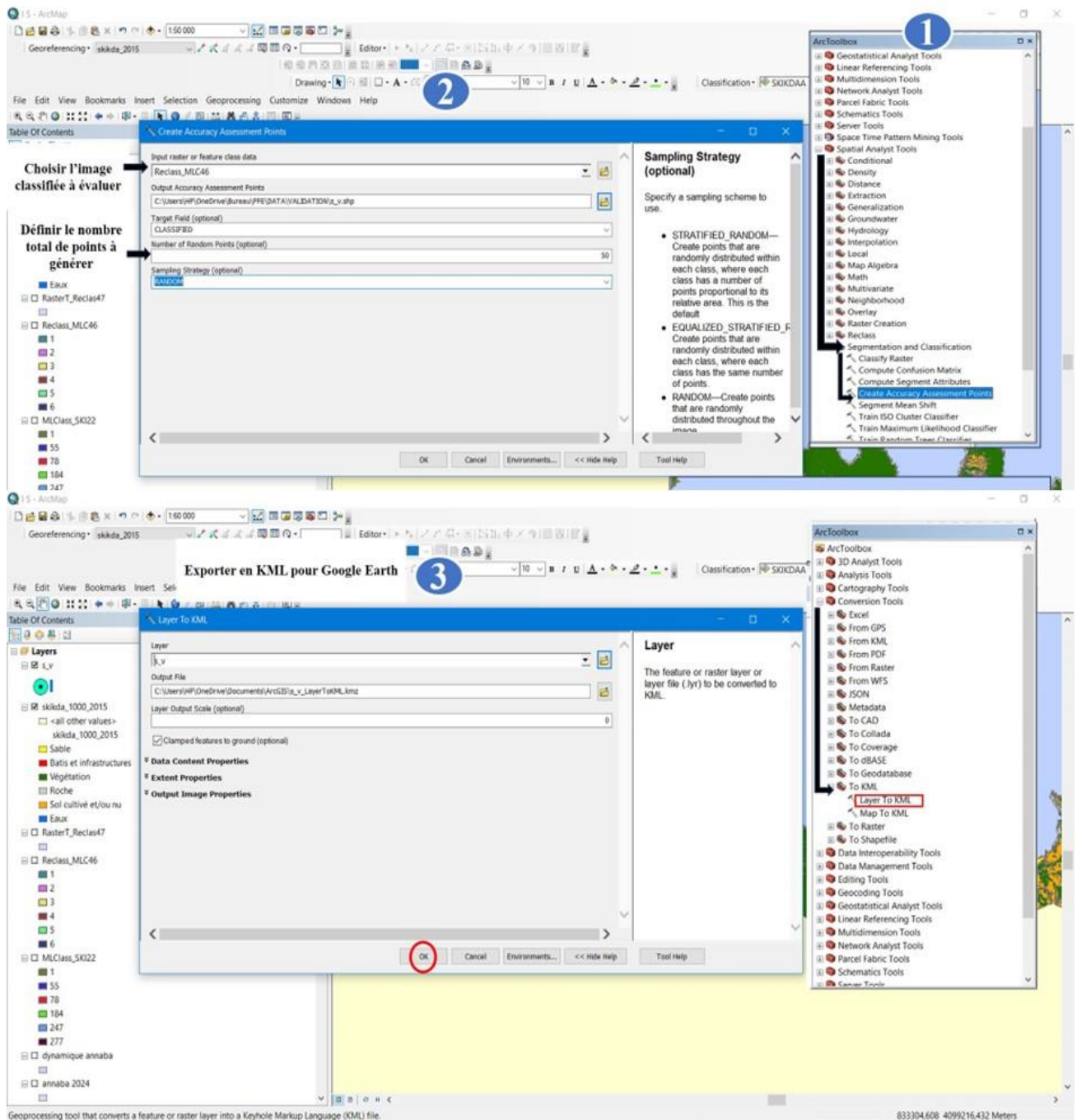


Figure 19 : Les étapes de matrice de confusion de la classification supervisée

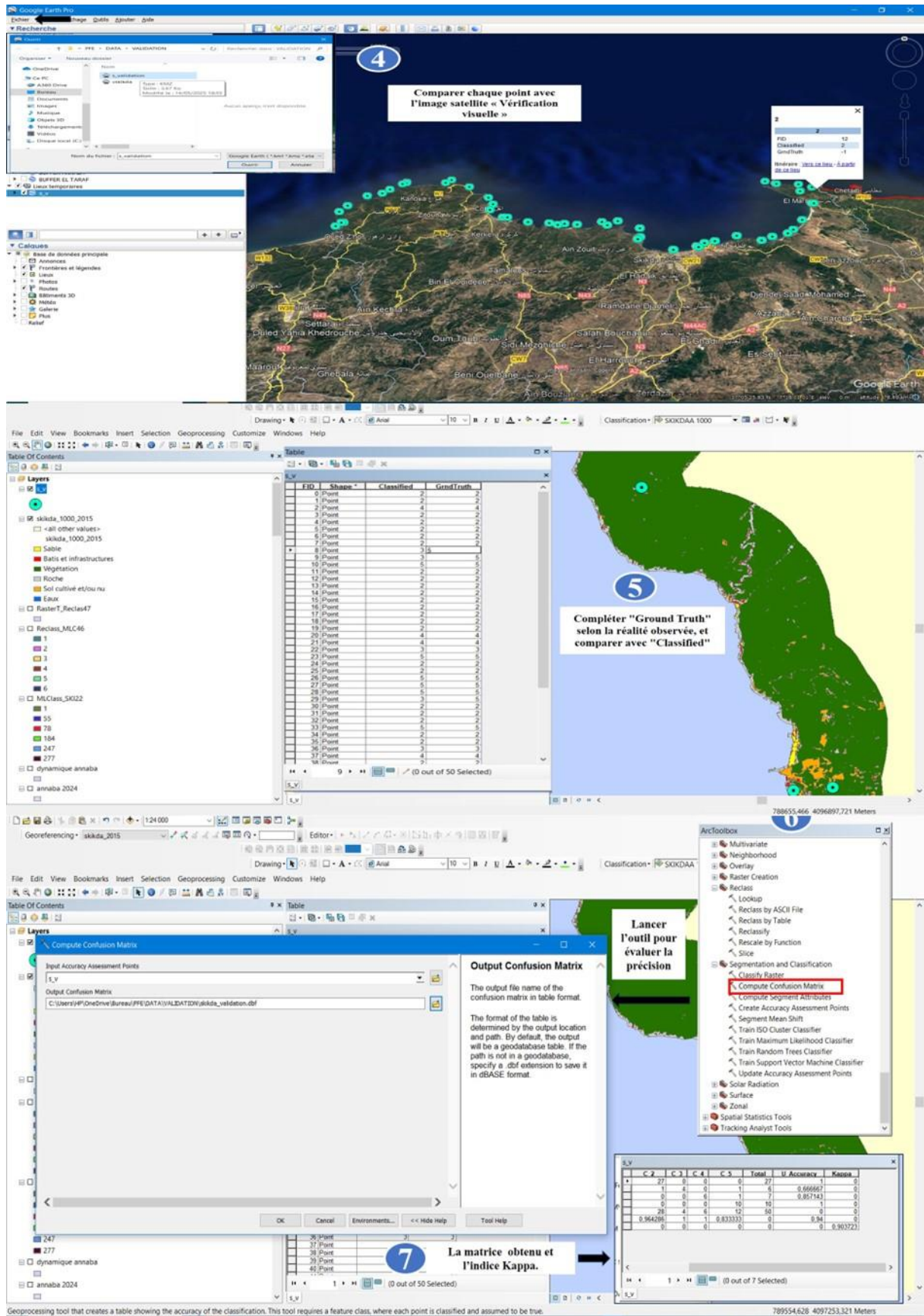


Figure 20 : Les étapes de matrice de confusion de la classification supervisée _suite_

Résultats et discussion

5. Résultats et discussion

Dans le cadre de notre étude, nous avons cartographié l'occupation du sol du littoral Est Algérien. Ce chapitre présente les résultats obtenus pour chaque wilaya (voir les figures du 21 à 27) suivis de leurs interprétations.

5.1 Validation des données de la classification

Tableau 3 : Coefficient de Kappa sur la bande littoral de 1000m de littoral Est algérien

Littoral Est d'Algérie	Coefficient Kappa	
	2014	2024
Boumerdas	0,833333	0,8049
Tizi-Ouzou	0,828611	0,8102
Béjaïa	0,862321	0,8221
Jijel	0,870317	0,9224
Skikda	0,903723	0,8540
Annaba	0,895833	0,9333
El-Taref	0,939868	0,8000

Dans cette étude, les valeurs du coefficient de Kappa obtenues pour les classifications des années 2014 et 2024 sont toutes supérieures au seuil de 0,80, ce qui traduit une très bonne fiabilité selon l'échelle de (Landis & Koch, 1977). Les performances les plus élevées ont été observées à El-Taref et Skikda en 2014, ainsi qu'à Annaba et Jijel en 2024, avec des accords très élevés. D'autres wilayas comme Boumerdas, Tizi-Ouzou et Béjaïa ont également enregistré des valeurs de Kappa élevées, témoignant d'une classification robuste, bien que légèrement inférieures en 2024 par rapport à 2014.

Cette légère baisse observée dans certaines wilayas reste dans la catégorie des très bons accords, mais peut être attribuée à une hétérogénéité spatiale croissante. En effet, l'urbanisation diffuse, la fragmentation des espaces naturels ou encore l'intensification des activités humaines complexifient les paysages, multipliant les interfaces entre classes d'occupation du sol et rendant leur discrimination plus délicate lors du traitement par classification supervisée.

En conclusion, l'utilisation du coefficient de Kappa dans cette étude valide la fiabilité statistique des classifications supervisées appliquées au littoral Est algérien.

Ces résultats fournissent une assise rigoureuse pour l'analyse de la dynamique de l'occupation des sols entre 2014 et 2024, tout en révélant les contrastes spatiaux dans la qualité de la classification selon les contextes territoriaux.

5.2 Occupation du sol du littoral Est Algérien

Afin de mieux illustrer l'évolution de l'occupation des sols dans la région étudiée, une série de figures a été produite pour chaque wilaya, à différentes distances du littoral (100 m, 300 m, 800 m et 1000 m). Ces cartes comparatives entre les années 2014 et 2024 permettent de visualiser les dynamiques spatiales qui ont marqué cette période. Elles constituent une base visuelle essentielle pour comprendre les transformations territoriales survenues au cours de la décennie.

L'étude diachronique de l'occupation du sol entre 2014 et 2024 dans les wilayas littorales de l'Est algérien – El-Taref, Annaba, Skikda, Jijel, Béjaïa, Tizi Ouzou et Boumerdas – révèle des dynamiques spatiales significatives. Trois tendances majeures se dégagent : une régression notable des superficies végétalisées, une progression des zones de sol nu ou cultivé, et une urbanisation croissante à travers l'extension des bâtis et infrastructures.

Boumerdas (Figure 21), quant à elle, illustre une dynamique marquée d'urbanisation. En 2024, la classe « bâtis et infrastructures » connaît une nette progression, surtout en périphérie des villes. Cette croissance du bâti se fait au détriment de terres agricoles ou sableuses, ce qui montre une artificialisation croissante des sols, en lien avec la pression démographique, les projets immobiliers et l'absence de zonage strict du territoire.

La situation est particulièrement alarmante à Béjaïa (Figure 23) et Tizi-Ouzou (Figure 22). En 2014, ces deux wilayas affichaient des taux élevés de couverture végétale, dépassant parfois 60 % selon les zones. En 2024, les chiffres chutent drastiquement : la végétation recule à environ 35 à 40 %. Ce changement s'explique largement par les incendies dévastateurs de l'été 2021, qui ont ravagé des milliers d'hectares de forêts. L'ampleur des dégâts a été telle que certaines zones forestières n'ont pas pu se régénérer naturellement. À leur place, on observe une montée des sols nus ou partiellement cultivés, souvent peu productifs. Cette dynamique reflète non seulement une dégradation écologique, mais aussi un bouleversement des équilibres paysagers et territoriaux.

Dans la wilaya de Jijel (Figure 24), les valeurs indiquent une réorganisation marquée des usages du sol. La végétation reste relativement stable, mais les zones sableuses dans la bande des 100 mètres subissent un net recul, au profit des sols cultivés. Le bâti connaît une légère baisse, tandis que les surfaces agricoles augmentent, traduisant une réaffectation des sols. Ce phénomène peut également être observé à El-Taref et Skikda, où les zones initialement boisées en 2014 subissent une fragmentation en 2024. Cela peut s'expliquer par la pression agricole, mais aussi par une gestion forestière insuffisante et l'exploitation accrue des ressources naturelles. Le recul des zones vertes s'accompagne d'une progression du bâti, surtout dans les zones proches de la mer ou des grands axes.

Dans la wilaya de Skikda (Figure 25), les valeurs indiquent une baisse importante de la végétation, qui laisse place à des sols cultivés ou nus. Cette tendance est aussi perceptible à El-Taref et Jijel, où les zones initialement boisées en 2014 subissent une fragmentation en 2024. Cela peut s'expliquer par la pression agricole, mais aussi par une gestion forestière insuffisante et l'exploitation accrue des ressources naturelles. Le recul des zones vertes s'accompagne d'une progression du bâti, surtout dans les zones proches de la mer ou des grands axes.

À Annaba (Figure 26), la classe « sol cultivé et/ou nu » domine nettement en 2024, représentant 37 % à l'échelle de 100 m et atteignant même 35 % à 300 m. Elle continue de croître dans les zones périphériques, dépassant 30 % à 800 m et 1000 m. En comparaison avec 2014, cette augmentation traduit une intensification de l'exploitation du sol, mais aussi la dégradation de zones autrefois végétalisées. La végétation, qui atteignait des valeurs notables en 2014, régresse à environ 19 % à 100 m, ce qui reflète une perte de couverture verte au profit d'espaces agricoles ou dénudés. Le bâti, quant à lui, gagne en importance : il représente 20 % à 1000 m, contre des valeurs plus faibles en 2014. Cette progression témoigne d'un étalement urbain le long du littoral et en périphérie.

La classe « eaux », bien que stable globalement, subit localement des modifications. À El-Taref (Figure 27), par exemple, des zones humides comme les lacs ont légèrement reculé, ce qui pourrait s'expliquer par l'envasement, une baisse du niveau des nappes phréatiques, ou l'utilisation intensive de l'eau pour l'irrigation. Ces changements, bien que minimes en surface, affectent des écosystèmes fragiles et protégés.

Enfin, les zones sableuses et rocheuses restent relativement stables en proportion, mais leur fragmentation augmente. Le sable, présent surtout le long du littoral à Annaba et Skikda, est grignoté par les constructions balnéaires. Quant aux zones rocheuses, elles restent dominantes

dans les reliefs de Tizi-Ouzou et Béjaïa, bien que leur environnement soit affecté par la régression végétale.

En conclusion, la période 2014–2024 est marquée par une mutation rapide des usages du sol. L'impact des incendies, l'urbanisation anarchique, la pression sur les terres agricoles et l'absence de régulation foncière cohérente participent à une transformation profonde du paysage littoral et montagnard. Ces constats imposent une réflexion urgente sur la gestion durable des espaces, la protection des forêts, la régulation de l'urbanisme et la valorisation raisonnée des terres agricoles dans ces wilayas de l'Est algérien.

Boumerdas

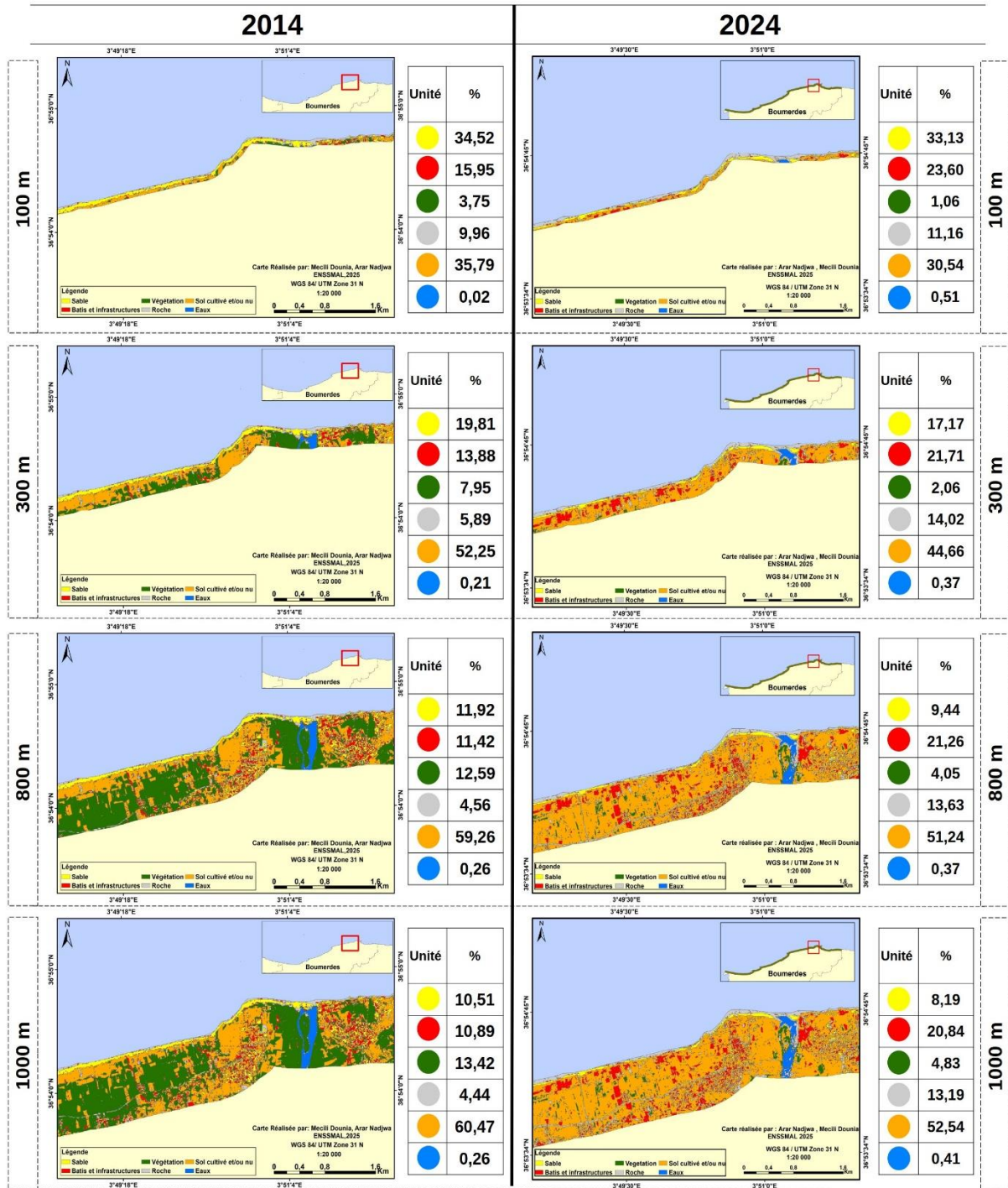


Figure 21 : Cartes d'occupation du sol du littoral de Boumerdas. De haut en bas sont respectivement des petites zones représentatives des découpes littorales de 100m, 300m, 800m et 1000m. À gauche sont les cartes réalisées par les données satellitaires de 2014. À droite sont les cartes réalisées par les données satellitaires de 2024. Le tableau qui est à la droite de chaque carte représente le pourcentage de chaque unité par rapport à la superficie totale de la découpe considérée. Cette figure est générée en utilisant le logiciel ArcGIS (version 10.04.1 (2016-05-31), <https://www.arcgis.com/>)

Tizi-Ouzou

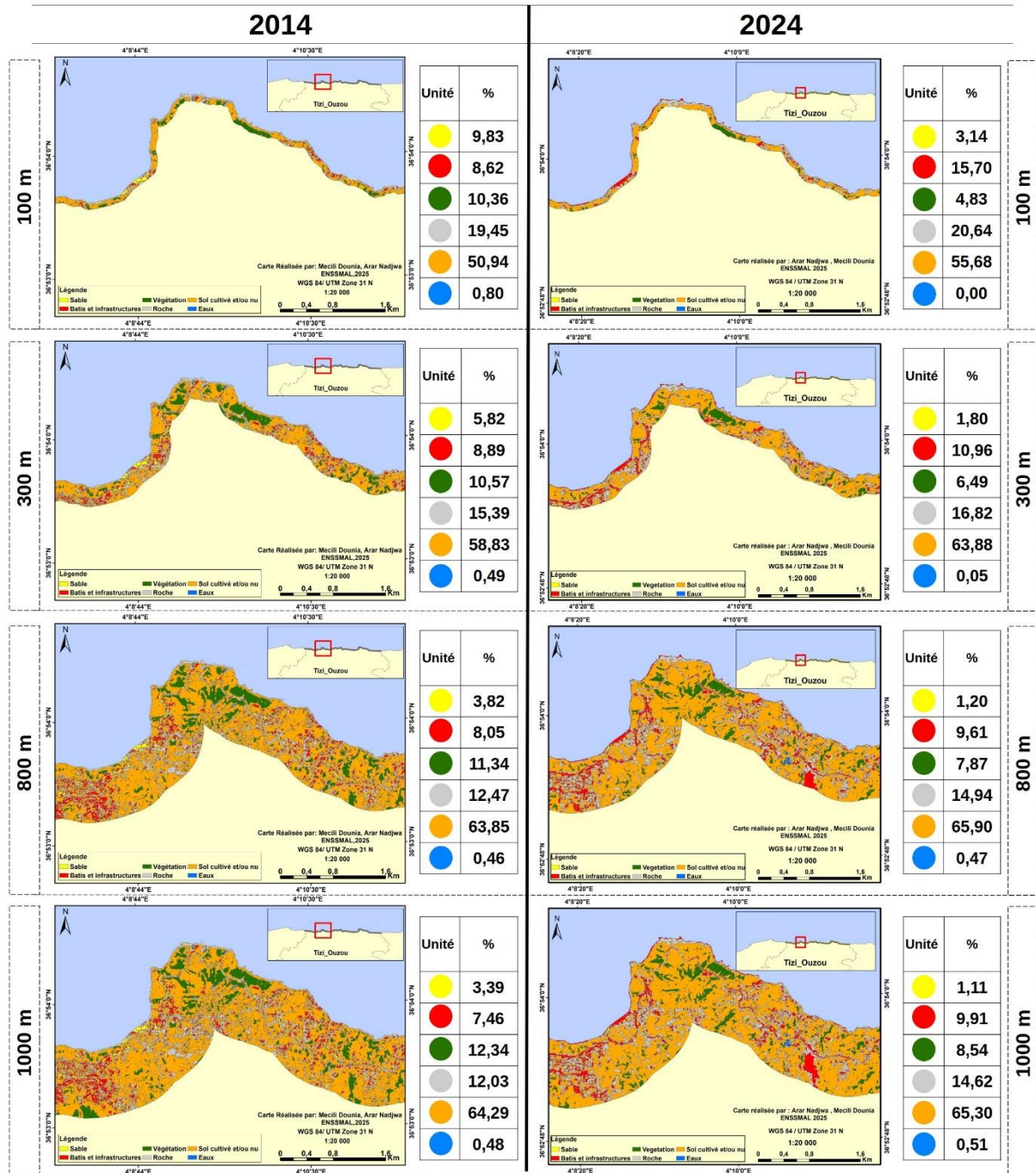


Figure 22 : Cartes d'occupation du sol du littoral de Tizi-Ouzou. De haut en bas sont respectivement des petites zones représentatives des découpes littorales de 100m, 300m, 800m et 1000m. À gauche sont les cartes réalisées par les données satellitaires de 2014. À droite sont les cartes réalisées par les données satellitaires de 2024. Le tableau qui est à la droite de chaque carte représente le pourcentage de chaque unité par rapport à la superficie totale de la découpe considérée. Cette figure est générée en utilisant le logiciel ArcGIS (version 10.04.1 (2016-05-31), <https://www.arcgis.com/>)

Béjaïa

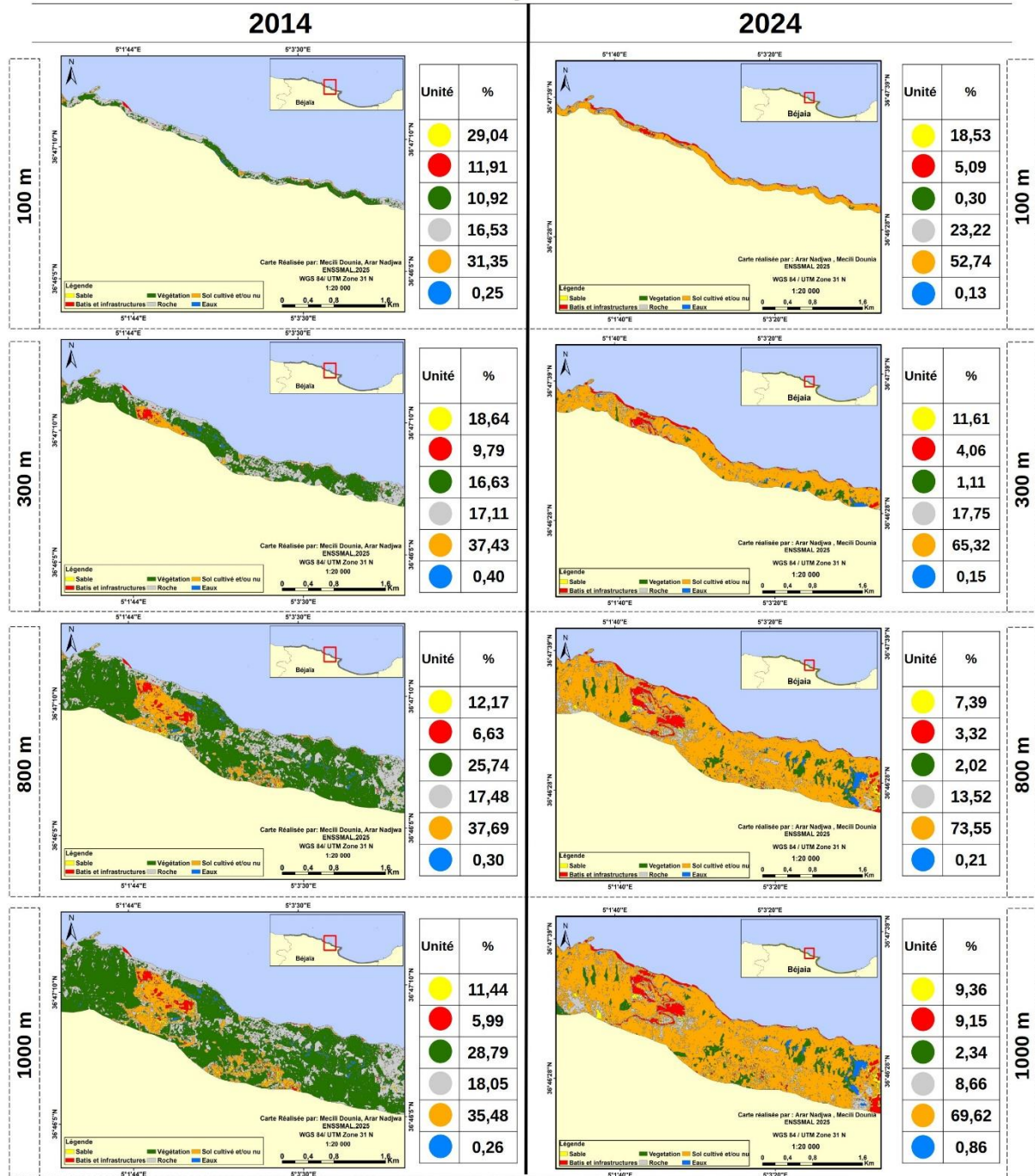


Figure 23 : Cartes d'occupation du sol du littoral de Béjaïa. De haut en bas sont respectivement des petites zones représentatives des découpes littorales de 100m, 300m, 800m et 1000m. À gauche sont les cartes réalisées par les données satellitaires de 2014. À droite sont les cartes réalisées par les données satellitaires de 2024. Le tableau qui est à la droite de chaque carte représente le pourcentage de chaque unité par rapport à la superficie totale de la découpe considérée. Cette figure est générée en utilisant le logiciel ArcGIS (version 10.04.1 (2016-05-31), <https://www.arcgis.com/>)

Jijel

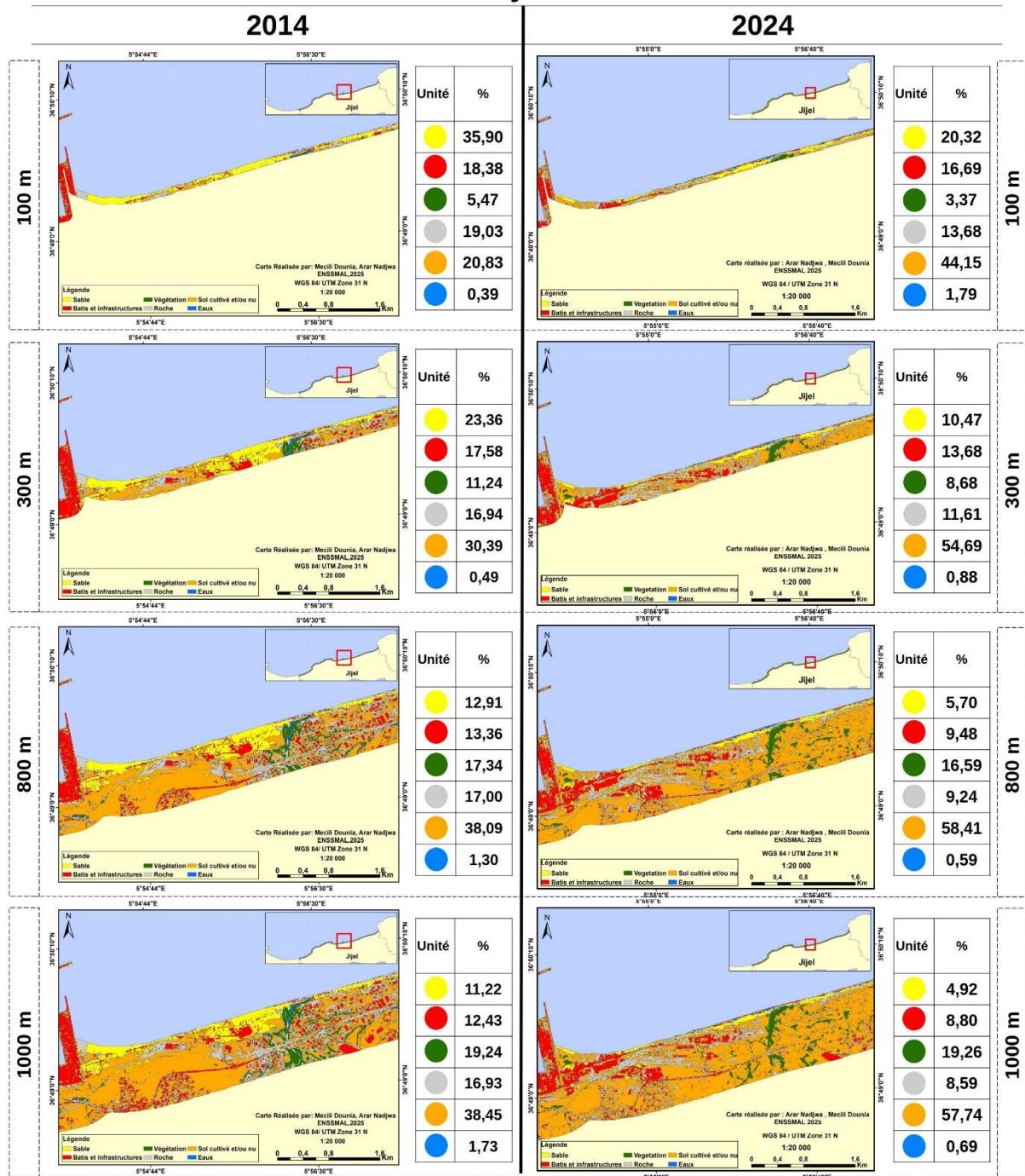


Figure 24 : Cartes d'occupation du sol du littoral de Jijel. De haut en bas sont respectivement des petites zones représentatives des découpes littorales de 100m, 300m, 800m et 1000m. À gauche sont les cartes réalisées par les données satellitaires de 2014. À droite sont les cartes réalisées par les données satellitaires de 2024. Le tableau qui est à la droite de chaque carte représente le pourcentage de chaque unité par rapport à la superficie totale de la découpe considérée. Cette figure est générée en utilisant le logiciel ArcGIS (version 10.04.1 (2016-05-31), <https://www.arcgis.com/>)

Skikda

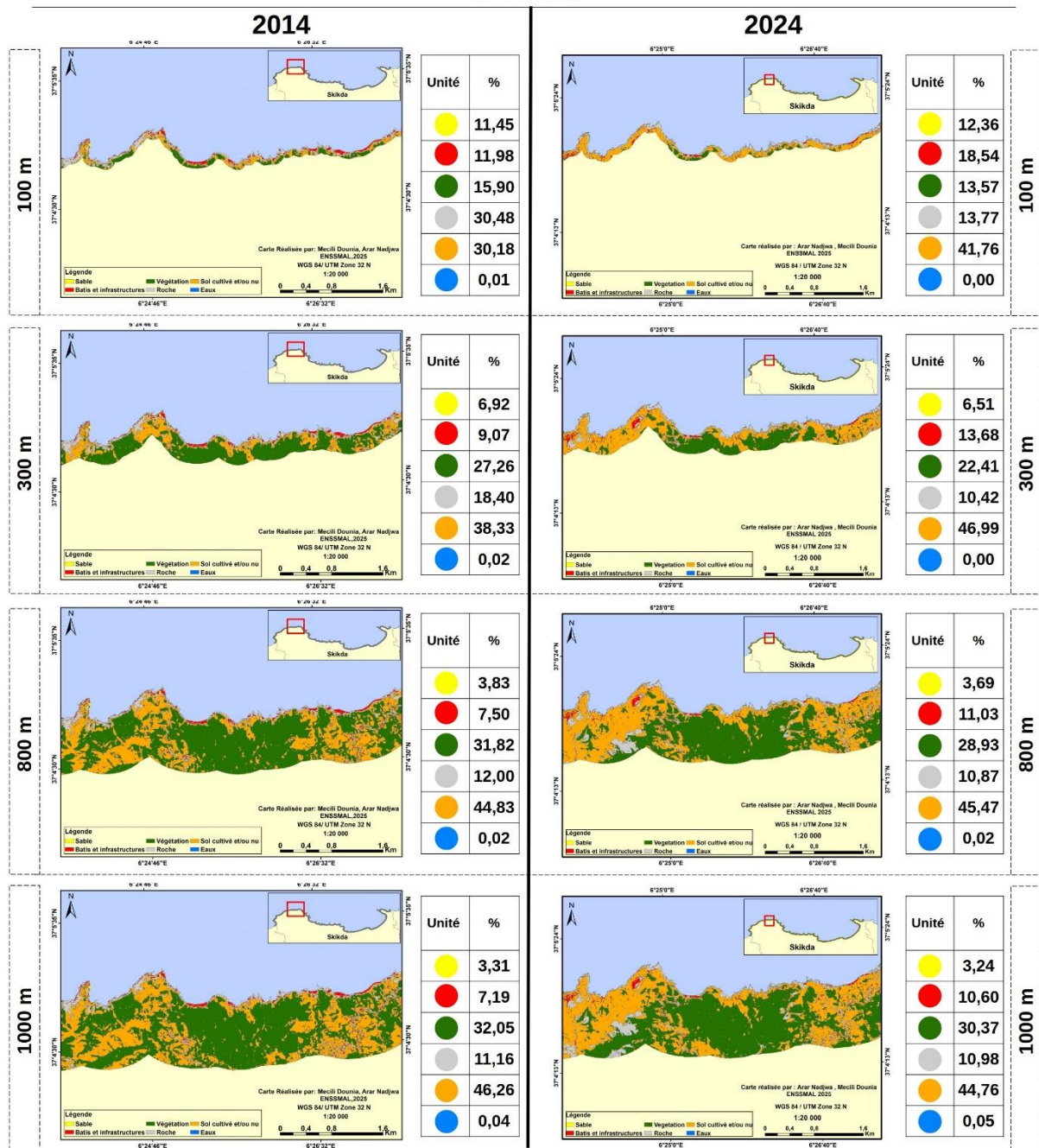


Figure 25 : Cartes d’occupation du sol du littoral de Skikda. De haut en bas sont respectivement des petites zones représentatives des découpes littorales de 100m, 300m, 800m et 1000m. À gauche sont les cartes réalisées par les données satellitaires de 2014. À droite sont les cartes réalisées par les données satellitaires de 2024. Le tableau qui est à la droite de chaque carte représente le pourcentage de chaque unité par rapport à la superficie totale de la découpe considérée. Cette figure est générée en utilisant le logiciel ArcGIS (version 10.04.1 (2016-05-31), <https://www.arcgis.com/>)

Annaba

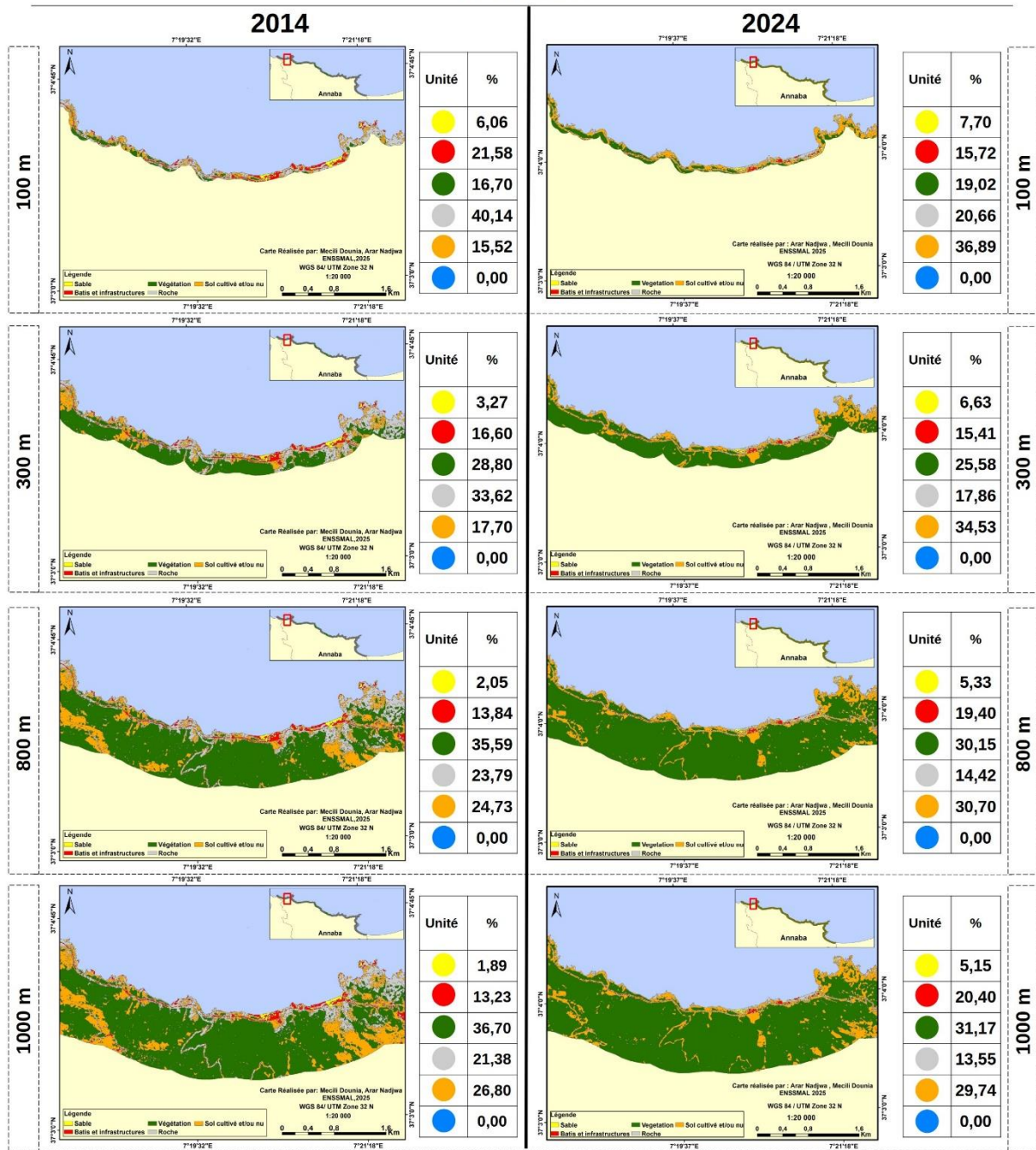


Figure 26 : Cartes d’occupation du sol du littoral de Annaba. De haut en bas sont respectivement des petites zones représentatives des découpes littorales de 100m, 300m, 800m et 1000m. À gauche sont les cartes réalisées par les données satellitaires de 2014. À droite sont les cartes réalisées par les données satellitaires de 2024. Le tableau qui est à la droite de chaque carte représente le pourcentage de chaque unité par rapport à la superficie totale de la découpe considérée. Cette figure est générée en utilisant le logiciel ArcGIS (version 10.04.1 (2016-05-31), <https://www.arcgis.com/>)

El-Taref

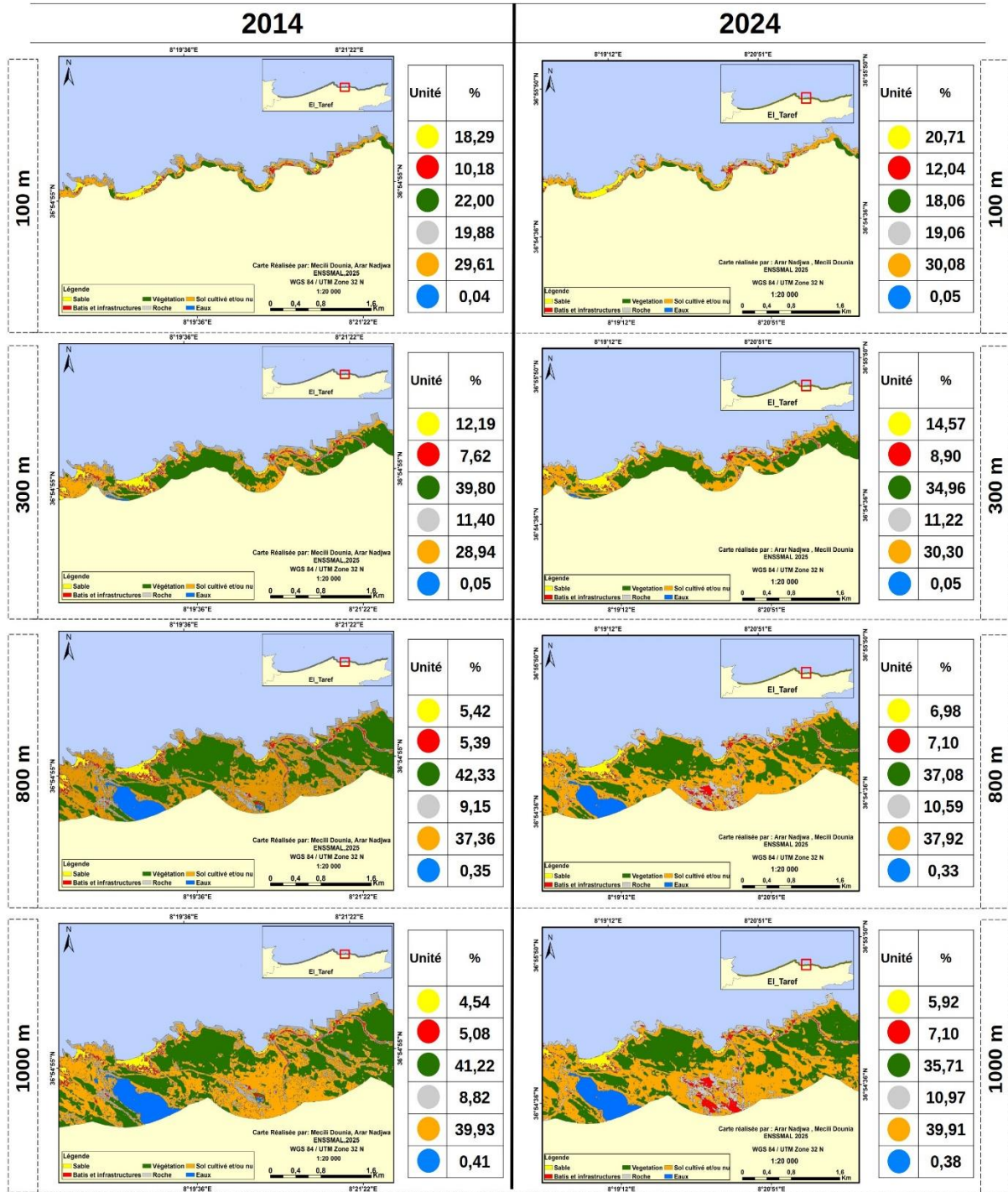


Figure 27 : Cartes d’occupation du sol du littoral d’El-Taref. De haut en bas sont respectivement des petites zones représentatives des découpes littorales de 100m, 300m, 800m et 1000m. À gauche sont les cartes réalisées par les données satellitaires de 2014. À droite sont les cartes réalisées par les données satellitaires de 2024. Le tableau qui est à la droite de chaque carte représente le pourcentage de chaque unité par rapport à la superficie totale de la découpe considérée. Cette figure est générée en utilisant le logiciel ArcGIS (version 10.04.1 (2016-05-31), <https://www.arcgis.com/>)

5.3 Dynamique du littoral Est Algérien

Cette section expose la dynamique de l'occupation des sols entre 2014 et 2024 sur le littoral Est algérien, à travers des tableaux par wilaya. Elle met en évidence les tendances majeures telles que l'urbanisation croissante, la régression des milieux naturels et l'intensification de l'artificialisation.

Tableau 4 : Dynamique de l'occupation du sol à Boumerdas entre 2014 et 2024 (en ha)

Boumerdas (2014 / 2024)		2014						
		Bâties et infrastructures (ha)	Eaux (ha)	Roche (ha)	Sable (ha)	Sol cultivé et /ou nu (ha)	Végétation (ha)	Somme (ha)
2024	Bâties et infrastructures (ha)	213,82	0,55	63,40	180,08	918,07	51,44	1427,36
	Eaux (ha)	0,82	10,79	4,79	0,87	3,45	7,01	27,75
	Roche (ha)	85,24	0,04	11,25	65,80	698,61	43,89	904,83
	Sable (ha)	124,94	0,57	17,79	234,44	174,57	8,40	560,71
	Sol cultivé et/ou nu (ha)	320,09	4,24	157,96	239,48	2292,96	589,87	3604,61
	Végétation (ha)	1,50	1,85	46,82	0,17	61,08	220,04	331,45
	Somme (ha)	746,41	18,05	302,01	720,84	4148,74	920,65	6856,70

- La wilaya de Boumerdas (Tableau 4) a connu une forte progression de l'urbanisation, avec une augmentation des bâties et infrastructures de 746,41 ha (2014) à 1427,36 ha (2024), soit un gain de près de 681 ha, principalement sur les sols cultivés et/ou nus (-544 ha) et la végétation (-589 ha). Les zones végétalisées ont chuté de 920,65 ha à 331,45 ha, signalant une perte importante d'espaces naturels. Les zones sablonneuses et rocheuses diminuent aussi. Seules les eaux progressent légèrement (8 ha), ce qui pourrait s'expliquer par la création de plans d'eau artificiels liés au développement de l'aquaculture ou à des aménagements hydrauliques récents. Cette dynamique illustre une forte pression anthropique et une consommation rapide du littoral.

Tableau 5 : Dynamique de l'occupation du sol à Tizi -Ouzou entre 2014 et 2024 (en ha)

Tizi-Ouzou (2014 / 2024)		2014						
		Bâties et infrastructures (ha)	Eaux (ha)	Roche (ha)	Sable (ha)	Sol cultivé et /ou nu (ha)	Végétation (ha)	Somme (ha)
2024	Bâties et infrastructures (ha)	123,19	1,14	104,21	89,03	220,61	27,20	565,38
	Eaux (ha)	0,22	0,08	1,69	0,03	23,04	4,45	29,50
	Roche (ha)	125,53	1,52	261,05	65,04	360,31	23,82	837,27
	Sable (ha)	15,59	0,03	9,31	25,27	12,51	0,78	63,49
	Sol cultivé et/ou nu (ha)	160,69	17,37	306,17	14,60	2903,74	341,24	3743,81
	Végétation (ha)	2,40	7,48	4,88	0,03	165,13	309,65	489,55
	Somme (ha)	427,63	27,62	687,30	194,00	3685,33	707,14	5729,01

- La wilaya de Tizi-Ouzou (Tableau 5) enregistre une hausse notable des surfaces bâties, passant de 427,63 ha en 2014 à 565,38 ha en 2024, soit un gain d'environ 138 ha, essentiellement au détriment des sols cultivés et de la végétation. Les zones végétalisées reculent fortement (-218 ha), en grande partie à cause des incendies de 2021. Les sols cultivés et/ou nus diminuent aussi fortement (-871 ha), absorbés par les bâties et la roche. Les surfaces rocheuses augmentent (150 ha), probablement en raison de la perte du couvert végétal ayant laissé apparaître les affleurements rocheux. Ce phénomène illustre les impacts des incendies sur l'évolution du paysage. Les autres classes restent relativement stables.

Tableau 6 : Dynamique de l'occupation du sol à Béjaïa entre 2014 et 2024 (en ha)

Béjaïa (2014 / 2024)		2014						
		Bâties et infrastructures (ha)	Eaux (ha)	Roche (ha)	Sable (ha)	Sol cultivé et /ou nu (ha)	Végétation (ha)	Somme (ha)
2024	Bâties et infrastructures (ha)	207,37	0,50	110,69	147,74	270,09	149,78	886,18
	Eaux (ha)	0,37	3,40	13,67	1,29	10,51	54,36	83,59
	Roche (ha)	29,92	2,10	176,59	122,07	344,87	166,38	841,93
	Sable (ha)	143,12	0,27	95,06	399,78	216,22	54,72	909,17
	Sol cultivé et/ou nu (ha)	200,21	18,05	1337,56	438,41	2604,19	2150,85	6749,27
	Végétation (ha)	0,22	0,51	13,44	0,67	2,99	209,12	226,95
	Somme (ha)	581,21	24,84	1747,00	1109,96	3448,87	2785,21	9697,09

- La wilaya de Béjaïa (Tableau 6) enregistre un effondrement dramatique des surfaces végétalisées, passant de 2785 ha à 227 ha entre 2014 et 2024 (-2558 ha), conséquence majeure des incendies de 2021 et des feux estivaux répétés.

Cette régression s'accompagne d'une forte progression des sols cultivés et/ou nus, qui doublent de surface (3300 ha), probablement liée au défrichage post-incendie ou à la reconversion de terrains brûlés. Les surfaces rocheuses diminuer également de 905 ha, ce qui pourrait s'expliquer par l'érosion ou la mise à nu des sols. Les zones sableuses diminuent légèrement, tandis que les bâtis gagnent environ 305 ha, grignotant les milieux naturels.

Tableau 7 : Dynamique de l'occupation du sol à Jijel entre 2014 et 2024 (en ha)

Jijel (2014 / 2024)		2014						
		Bâtis et infrastructures (ha)	Eaux (ha)	Roche (ha)	Sable (ha)	Sol cultivé et /ou nu (ha)	Végétation (ha)	Somme (ha)
2024	Bâtis et infrastructures (ha)	377,88	3,74	47,52	255,73	148,89	4,73	838,49
	Eaux (ha)	0,70	10,41	27,64	3,08	4,70	17,32	63,85
	Roche (ha)	184,60	0,10	134,22	187,31	304,80	7,26	818,28
	Sable (ha)	127,81	0,76	35,85	259,53	42,67	2,38	468,99
	Sol cultivé et/ou nu (ha)	496,39	7,05	1145,67	368,87	2946,77	541,16	5505,92
	Végétation (ha)	4,10	17,86	243,40	1,09	233,87	1337,01	1837,33
	Somme (ha)	1191,47	39,93	1634,29	1075,61	3681,71	1909,87	9532,87

- La wilaya de Jijel (Tableau 7) présente une dynamique contrastée de l'occupation du sol entre 2014 et 2024. Les sols cultivés connaissent une forte progression (1824 ha), probablement au détriment des zones rocheuses (-816 ha) et sableuses (-606 ha), réaffectées à l'agriculture. La baisse des surfaces bâties (-353 ha) pourrait s'expliquer par une reclassification de certaines structures, comme les serres. La végétation reste relativement stable, tandis que les eaux progressent légèrement (24 ha), possiblement liées à des aménagements hydrauliques récents. Cette évolution reflète une pression croissante sur les milieux naturels au profit des usages anthropiques.

Tableau 8 : Dynamique de l'occupation du sol à Skikda entre 2014 et 2024 (en ha)

Skikda (2014 / 2024)		2014						
		Bâties et infrastructures (ha)	Eaux (ha)	Roche (ha)	Sable (ha)	Sol cultivé et /ou nu (ha)	Végétation (ha)	Somme (ha)
2024	Bâties et infrastructures (ha)	542,20	0,00	386,17	223,45	443,64	105,87	1701,34
	Eaux (ha)	0,03	1,34	0,07	0,00	2,87	3,07	7,38
	Roche (ha)	255,88	1,04	396,21	59,95	936,06	113,98	1763,12
	Sable (ha)	142,11	0,00	87,36	229,58	47,60	12,50	519,14
	Sol cultivé et/ou nu (ha)	207,49	2,12	806,14	16,83	4829,35	1337,71	7199,63
	Végétation (ha)	7,85	1,35	105,84	1,94	1181,86	3584,97	4883,81
	Somme (ha)	1155,55	5,85	1781,79	531,75	7441,38	5158,09	16074,42

- La wilaya de Skikda (Tableau 8) connaît des évolutions variées. Les surfaces bâties augmentent fortement, passant de 1155,55 ha à 1701,34 ha, soit un gain de 545,79 ha. Cette expansion se fait principalement au détriment des sols cultivés et/ou nus (-241,75 ha), de la végétation (-274,28 ha) et des zones rocheuses (-282,33 ha). Les surfaces sableuses et aquatiques restent relativement stables, avec des variations minimales. Ces changements reflètent une dynamique marquée par l'urbanisation et l'artificialisation progressive des milieux naturels.

Tableau 9 : Dynamique de l'occupation du sol à Annaba entre 2014 et 2024 (en ha)

Annaba (2014 / 2024)		2014					Somme (ha)
		Bâties et infrastructures (ha)	Roche (ha)	Sable (ha)	Sol cultivé et /ou nu (ha)	Végétation (ha)	
2024	Bâties et infrastructures (ha)	175,94	204,18	15,76	245,77	924,96	1566,61
	Roche (ha)	470,31	187,90	90,47	175,87	116,11	1040,66
	Sable (ha)	103,15	108,67	25,02	148,80	9,61	395,24
	Sol cultivé et/ou nu (ha)	250,80	814,91	13,64	827,44	376,72	2283,51
	Végétation (ha)	12,81	326,73		661,14	1395,43	2396,11
	Somme (ha)	1013,01	1642,39	144,89	2059,02	2822,82	7682,14

- La wilaya d'Annaba (Tableau 9) connaît une nette progression de l'urbanisation, avec une augmentation des Bâties et infrastructures de 1013 ha à 1566 ha entre 2014 et 2024 (553 ha). Cette croissance s'opère notamment sur les zones de Roche (-601 ha) et de Végétation (-426 ha), en forte régression. Les surfaces de Sable progressent (250 ha), ce qui peut indiquer une mise à nu des sols ou des aménagements côtiers. Le Sol cultivé et/ou nu augmente légèrement (224 ha), traduisant un maintien relatif de l'activité

agricole. L'absence de la classe « Eau » s'explique par la confusion spectrale avec la végétation dans les oueds. Ces dynamiques reflètent une pression anthropique croissante sur les milieux naturels.

Tableau 10 : Dynamique de l'occupation du sol à El-Taref entre 2014 et 2024 (en ha)

El-Taref (2014 / 2024)		2014						
		Bâties et infrastructures (ha)	Eaux (ha)	Roche (ha)	Sable (ha)	Sol cultivé et /ou nu (ha)	Végétation (ha)	Somme (ha)
2024	Bâties et infrastructures (ha)	238,42	0,01	85,28	55,64	230,21	9,45	619,02
	Eaux (ha)	0,00	32,55	0,14	0,00	0,86	0,04	33,59
	Roche (ha)	66,01	0,14	265,92	11,51	601,25	9,97	954,80
	Sable (ha)	101,92	0,00	33,48	326,07	53,90	0,74	516,10
	Sol cultivé et/ou nu (ha)	36,68	2,63	379,11	2,31	2471,38	589,59	3481,69
	Végétation (ha)	0,12	0,10	2,69	0,00	126,50	2989,75	3119,14
	Somme (ha)	443,13	35,43	766,61	395,54	3484,10	3599,53	8724,34

- La wilaya d'El-Taref (Tableau 10) enregistre une forte expansion des bâties et infrastructures, avec un gain de 176 ha. Cette urbanisation se fait principalement au détriment de la végétation, qui perd 480 ha, traduisant une dégradation notable des milieux naturels. Les sols cultivés ou nus diminuent légèrement (-2 ha), tandis que les zones rocheuses augmentent de 188 ha, possiblement en lien avec l'érosion ou la mise à nu des sols. Les surfaces sableuses s'étendent de 121 ha, probablement sous l'effet de l'urbanisation. La surface en eau reste stable (2 ha), reflétant la constance du lac El-Maleh..

5.4 La gestion des espaces littoraux en Algérie

La gestion des espaces littoraux en Algérie, en particulier dans la région Est, représente un enjeu majeur tant sur les plans environnemental, social qu'économique. Ces zones, riches en biodiversité et d'une grande attractivité touristique, accueillent également des activités

humaines essentielles telles que la pêche, l'agriculture ou encore l'urbanisation. Cependant, elles sont aujourd'hui confrontées à de nombreuses pressions (Ministère chargé de l'environnement -PAP RAC/, 2015).

Parmi les menaces les plus préoccupantes, on peut citer l'artificialisation accélérée des sols, l'érosion côtière, la dégradation des écosystèmes naturels, la pollution marine ainsi que les conséquences croissantes du changement climatique, comme l'élévation du niveau de la mer ou l'augmentation de la fréquence des événements extrêmes.

Malgré l'existence d'un cadre juridique — notamment la loi n°02-02 du 5 février 2002 relative à la protection et à la mise en valeur du littoral — l'efficacité de la gestion côtière reste limitée. Cela s'explique principalement par une application inégale des textes, la dispersion des responsabilités entre différentes institutions, et le manque de coordination et de contrôle sur le terrain.

Dans ce contexte, la mise en œuvre d'une gestion intégrée des zones côtières (GIZC) apparaît comme une nécessité. Cette approche repose sur la concertation entre tous les acteurs du territoire : administrations, collectivités locales, usagers, chercheurs, et société civile. Elle vise à planifier l'usage du littoral de manière durable, en équilibrant développement et protection (Lakahal, 2019).

Pour soutenir cette gestion intégrée, l'usage d'outils modernes comme les Systèmes d'Information Géographique (SIG) et la télédétection est indispensable. Ces technologies permettent de suivre les dynamiques d'occupation du sol, identifier les zones sensibles, évaluer les risques (comme l'érosion ou la submersion), et orienter les décisions sur la base de données fiables.

En parallèle, des actions concrètes de restauration écologique doivent être entreprises. Cela inclut par exemple :

- Le reboisement des zones littorales touchées par les incendies (notamment à Tizi-Ouzou et Béjaïa)
- La protection des zones humides (comme celles d'El-Tarf) ;
- La reconstitution des dunes littorales et la lutte contre les constructions illicites sur le domaine public maritime.

Enfin, une attention particulière doit être accordée à la sensibilisation des populations locales. L'éducation à l'environnement, intégrée dans les écoles et relayée à travers les initiatives

communautaires, est un levier essentiel pour faire émerger une culture durable de la préservation du littoral.

Ainsi, seule une approche globale, intégrée et participative pourra garantir la valorisation raisonnée des ressources côtières tout en assurant la protection des écosystèmes. C'est à ce prix que les littoraux de l'Est algérien pourront être préservés pour les générations futures.

Conclusion

6. Conclusion

Le littoral Est algérien connaît depuis plusieurs années une pression croissante liée à l'expansion urbaine, aux activités humaines et aux changements environnementaux. Dans ce contexte, il devient essentiel de suivre l'évolution de l'occupation du sol pour mieux orienter les politiques d'aménagement et de protection du littoral.

Les résultats obtenus entre 2014 et 2024 montrent une progression marquée des zones bâties dans la majorité des wilayas étudiées, souvent au détriment des terres agricoles, des zones sableuses et des espaces végétalisés. Ces transformations traduisent une perte progressive des milieux naturels, accentuée par la concentration des activités humaines sur les zones littorales.

L'analyse de la dynamique spatiale a permis de quantifier les principales transitions d'occupation du sol : l'artificialisation est le processus dominant, avec une forte conversion des terres agricoles et naturelles en surfaces construites. À titre d'exemple, la wilaya de Boumerdas a vu sa surface bâtie doubler, tandis que les espaces végétalisés ont connu un recul important dans plusieurs régions.

Face à ces constats, une meilleure gouvernance du littoral s'impose. L'application rigoureuse de la loi 02-02 relative à la protection du littoral, la planification territoriale durable et la mise en œuvre de projets de restauration écologique sont des leviers clés pour limiter la dégradation des écosystèmes côtiers.

Afin de renforcer cette démarche, il serait pertinent d'élargir l'analyse à d'autres périodes temporelles et d'y intégrer des indicateurs environnementaux et socio-économiques. Le recours à une approche interdisciplinaire, alliant modélisation spatiale, scénarios prospectifs et implication citoyenne, permettrait de mieux anticiper les évolutions futures et de soutenir une gestion durable des zones littorales.

Bibliographies

Références bibliographiques

- Boukhiar, F., Boutabba, H., & Medjadj, T. (2018).** L'évolution diachronique des interactions urbanisation / cours d'eau. Cas de la ville de Béjaïa (littoral algérien). *Romanian Journal of Geography*, 68(2), P.P. 231_244. <https://doi.org/10.59277/RRG.2024.2.08>
- Congalton, R. G. (1991).** A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment*, 37(1), P.P. 35_46. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(91\)90048-B](https://doi.org/10.1016/0034-4257(91)90048-B)
- Convention sur les zones humides. (2025).**
- Djakjak, A., Guerfia, S., Zennir, R., & Derradji, S. E. (2022).** Analyse diachronique de la consommation spatiale liée à l'urbanisation par une classification supervisée : Cas de la ville d'Annaba (Nord-Est Algérien). *Revue Algérienne d'Aménagement du Territoire*, 15(1), P.P. 45-60.
- François, G. (2023).** *Atlas de l'Anthropocène 2023 – Cartographier l'Anthropocène : L'occupation des sols* [Rapport institutionnel].
- Ghodbani, T., & Bougherira, A. (2019).** Le littoral algérien entre protection de l'environnement et impératifs du développement touristique : Enjeux et perspectives. *Geo-Eco-Trop*.
- Lakahal, F. (2019).** La gestion intégrée des zones côtières, quelle perspective pour la protection de l'environnement? *Revue Algérienne d'Economie et de gestion*, 13(02), P.P. 71_86.
- Lamani, B., & Mouissi, K. (2016).** *L'évolution de l'occupation du sol de la zone côtière du Parc National de Taza Jijel* [Mémoire de master]. Aménagement de littoral . Dely brahim. ENSSMAL.
- Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977).** *The measurement of observer agreement for categorical data.* *Biometrics*. 33(1), P.P. 159-174. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/843571/>

Loi n° 02-02 du 5 février 2002 relative à la protection et à la valorisation du littoral, Pub. L. No.

Loi n° 02-02, 18_20 (2002).

Malika, K. (2011). *Protection et valorisation du littoral en Algérie : Législation et instruments : Le cas des communes littorales d'Oran.*

Ministère chargé de l'environnement -PAP RAC/. (2015). *Stratégie nationale de gestion intégrée des zones côtières en Algérie 2015-2030.* 94 p.

Narimane, Z. (2022). *Synergie des données satellitaires optiques et radar pour l'étude des zones côtières inondables à l'ouest algérien [THESE DE DOCTORAT].* Hydraulique.France. L'UNIVERSITE DE BRETAGNE OCCIDENTALE.

Office National des Statistiques. (2022). *Résultats du recensement général de la population et de l'habitat 2022.*[en ligne]. [consulté le 20/03/2025]. disponible sur le web : <https://www.ons.dz>

Roumaissa, B., & Khaoula-Nour-El-Houda, M. (2024). *Apport de la télédétection à la cartographie des herbiers de *Posidonia oceanica* le long des côtes algériennes [Mémoire de master].* Aménagement de littoral. Dely brahim. ENSSMAL.

Toubal, O., Boussehaba, A., Toubal, A., & Samraoui, B. (2014). Biodiversité méditerranéenne et changements globaux : Cas du complexe de zones humides de Guerbès-Senhadja (Algérie). *Physio-Géo*, 8, 273-295. <https://doi.org/10.4000/physio-geo.4217>

Zitouni, L., & Taleb, A. (2015). Urbanisation, artificialisation des sols et vulnérabilité des zones côtières en Algérie. *Revue des Sciences Humaines*, 44(4), P.P. 35-48.

Ministère de l'Intérieur. (2025). Monographie de la wilaya de Boumerdas. République Algérienne Démocratique et Populaire.

Direction de l'Environnement de Jijel. (2025). Présentation générale de la wilaya de Jijel.

Annexe

Les Annexes

Annexe 1

Tableau des valeurs du coefficient Kappa selon l'échelle d'interprétation de Landis et Koch (1977).

Valeur de kappa	Niveau d'accord
$K < 0.00$	Nul ou non inexistant
0.00_ 0.20	Faible
0.21_0.40	Passable
0.41_0.60	Modéré
0.61_0.80	Bon
0.81_1.00	Très bon à excellent

Annexe 2

Tableau des caractéristiques du Satellite Sentinel (Roumaïssa & Khaoula-Nour-El-Houda, 2024)

Satellite	Mise en service	Résolution spatiale	Résolution n spectrale	Résolution temporelle	Les bandes spectrales	La fauchée
Sentinel-1	A : 2014 B : 2016	5 m	/	12 jours	Il utilise les données radar	410 km
Sentinel-2	A : 2015 B : 2017	4 bandes à 10 m, 6 bandes à 20 m, 3 bandes à 60 m	/	5 jours	13 bandes (visible, proche infrarouge et infrarouge court)	290 km
Sentinel-3	A : 2016 B : 2018	~300 m	0,6 à 12	1 à 2 jours	9 bandes spectrales OLCI – 1270 km SLSTR – 1420 km	Voir capteurs à droite
Sentinel-5P	2017	Jusqu'à 5,5 km × 3,5 km	/	1 jour	7 bandes spectrales	2600

Annexe 3

- **Sentinel-2**

Sentinel-2 s'inscrit dans une dynamique d'observation continue et à haute résolution de la surface terrestre. Son importance réside dans sa capacité à fournir des données multi spectrales fiables, utilisables dans de nombreux domaines, notamment la cartographie de l'occupation du sol. Le tableau suivant résume les éléments essentiels permettant de comprendre la pertinence de cette mission dans les études environnementales (Narimane, 2022).

Élément	Description
Programme	Copernicus (ESA et UE)
Nom du satellite	Sentinel-2 (constellation composée de Sentinel-2A et Sentinel-2B)
Lancement	- Sentinel-2A : 23 juin 2015 - Sentinel-2B : 7 mars 2017
Type d'orbite	Orbite héliosynchrone, polaire, avec un déphasage de 180° entre les deux satellites
Objectifs principaux	- Surveillance de l'occupation du sol - Suivi du changement climatique - Gestion des catastrophes naturelles
Type de capteur	MSI (Multispectral Instrument)
Nombre de bandes spectrales	13 bandes (visible, proche infrarouge [NIR], infrarouge à ondes courtes [SWIR])
Résolution spatiale	- 10 m : bandes du visible et NIR - 20 m : bandes du NIR/SWIR supplémentaires

	- 60 m : bandes pour la correction atmosphérique
Largeur de fauchée (swath)	290 km
Temps de revisite	- 10 jours avec un seul satellite - 5 jours avec les deux satellites
Accès aux données	Gratuit, en libre-service
Applications principales	- Classification de l'occupation du sol - Calcul d'indices spectraux (ex : NDVI) - Surveillance de la végétation, des zones urbaines, de l'agriculture
Références scientifiques	- Phiri et al. (2020) - Segarra et al. (2020) - Xiao et al. (2020) - Tian et al. (2022) - Mazzia et al. (2019) - Belgiu & Csillik (2018), etc

Annexe 4

Nous avons sélectionné les images satellites les plus proches de l'année 2014 pour représenter l'état initial, en tenant compte de leur disponibilité et de la faible couverture nuageuse.

Tableau des dates d'acquisition des images satellites utilisées pour l'analyse de l'occupation du sol en 2014 et 2024 dans les wilayas de l'Est algérien.

Wilaya	Images de 2014	Images de 2024
Boumerdes	29/08/2015	22/07/2024
Tizi-Ouzou	29/08/2015	22/07/2024
Bejaïa	06/08/2015	21/08/2024
Jijel	06/08/2015	29/07/2024
Skikda	29/08/2015	09/07/2024
Annaba	27/07/2015	11/07/2024
El-Taref	29/08/2015	09/07/2024

Production scientifiques

Ce travail a été valorisé par la soumission d'un article scientifique intitulé :

Remote Sensing and GIS Analysis for Mapping Land Use Changes in El-Taref Coastline.

(Hadjer-Dounia Mecili , Nadjwa Arar , Romaïssa Harid) soumis au journal Turkish of Remote Sensing.

DergiPark AKADEMIK ▲ Romaïssa Harid

Turkish Journal of Remote Sensing Role Panel **MENU**

My Submissions | [Journal Inner Page](#) | [My Submissions](#)

MY ARTICLES (CORRESPONDING AUTHOR) MY ARTICLES (ET AL) **PENDING ARTICLES** MY DRAFT ARTICLES

My Pending Articles + Submit a Manuscript

ID	Status	Article Name
1719733	Submission Pending	Remote sensing and GIS analysis for mapping land use changes in El-Taref coastline [en]

DergiPark AKADEMIK ▲ Romaïssa Harid

Turkish Journal of Remote Sensing Role Panel **MENU**

Submissions | [Journal Inner Page](#) | [My Submissions](#) | [Authors Expected to Register to DergiPark](#)

Your article workflow will start when authors who are not in DergiPark complete their registration.

#	Name	Surname	E-Mail	Registration Date	Actions
1	Hadjer-dounia	Mcilil	hadjerdounia.mcilil@enssmal.edu.dz	Saturday, June 14, 2025 at 9:37:48 PM	
2	Nadjwa	Arar	nadjoua.arar@enssmal.edu.dz		Send E-Mail Edit E-Mail

D DergiPark
no-reply@mail0.dergipark.org.tr

Pour Romaissa Harid <romaissa.harid@enssmal.edu.dz> 15:15

Turkish Journal of Remote Sensing - Verification email sent to authors you added

Dear Romaissa Harid,

A notification email sent to the authors you have added for the article "Remote sensing and GIS analysis for mapping land use changes in El-Taref coastline" uploaded to the journal Turkish Journal of Remote Sensing.

Authors of the article **must be registered to DergiPark**. Until all authors of the article "Remote sensing and GIS analysis for mapping land use changes in El-Taref coastline" are registered to DergiPark, **the article will not reach to editor**.

If authors of the article are already registered to DergiPark, you can ignore this email.

You can follow the registration status of the authors who are expected to be registered from "Submission Pending" status in your author panel. The e-mails of the authors are approved when they match their records in the system. Therefore, check the case sensitivity of the e-mail address.

For your information,
DergiPark

Best regards,
Assoc. Prof. Dr. Osman ORHAN
Editor-in-Chief
Turkish Journal of Remote Sensing (TJRS)

Abstract

This study aims to analyze the dynamics of land use change along the eastern Algerian coastline over a ten-year period (2014–2024), using satellite imagery (Sentinel-2) and Geographic Information Systems (GIS). The focus was placed on the first coastal strip extending 1000 meters inland, in accordance with the provisions of Law 02-02 on coastal protection.

The results revealed a significant expansion of built-up areas, mostly at the expense of vegetation, agricultural lands, and sandy zones. Forest fires, particularly those of 2021, greatly contributed to the degradation of natural cover in provinces such as Béjaïa and Tizi Ouzou.

Conversely, provinces like Boumerdas and Annaba are experiencing rapid urbanization and coastal development projects, reflecting increasing human pressure on coastal spaces. These transformations highlight the urgent need to adopt integrated and sustainable coastal management policies to balance development with the protection of natural resources.

المخلص

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل ديناميكية تغيير استعمالات الأراضي على طول الساحل الشرقي الجزائري خلال الفترة الممتدة من 2014 إلى 2024، بالاعتماد على صور الأقمار الصناعية وتقنيات نظم المعلومات الجغرافية. وقد تم التركيز على الشريط الساحلي الأول بعرض 1000 متر، تماشيًا مع أحكام القانون رقم 02-02 المتعلق بحماية الساحل.

أظهرت النتائج توسعًا ملحوظًا في المناطق المبنية، جاء في الغالب على حساب المساحات النباتية، الأراضي الزراعية، والمناطق الرملية. كما كان لحرائق الغابات، لاسيما تلك التي اندلعت سنة 2021، أثر بالغ في تدهور الغطاء النباتي في ولايات مثل بجاية وتيزي وزو.

في المقابل، تشهد ولايات كـبومرداس وعنابة تسارعًا لافتًا في وتيرة التوسع العمراني والمشاريع الساحلية، مما يعكس ضغطًا بشريًا متزايدًا على الفضاءات الساحلية. وتبرز هذه التحولات الحاجة الملحة إلى اعتماد سياسات إدارة مدمجة ومستدامة تضمن التوازن بين التنمية وحماية الموارد الطبيعية الساحلية.